

MINERALNA OLJA V EMBALAŽNIH MATERIALIH

MINERAL OIL RISK ASSESSMENT OR ASSESSMENT OF RISK DUE TO FALSE RESULTS

Maja FRELIH

IZVLEČEK

Zaradi pomanjkljive definicije, kaj so mineralna olja oziroma katera mineralna olja so lahko nevarna in predstavljajo tveganje za človekovo zdravje, je težko opredeliti, kaj določamo pri analizi mineralnih olj. Dostopne analitske tehnike niso standardizirane in velikokrat različni laboratoriji podajajo rezultate tako, da jih ne moremo primerjati med seboj. Tudi način priprave vzorca vpliva na to, kakšen bo končni rezultat oziroma katere snovi smo določili. Kaj se skriva za rezultatom o vsebnosti mineralnih olj?

Ključne besede: mineralna olja, analitske tehnike, kromatografija, priprava vzorca, ocena tveganja

ABSTRACT

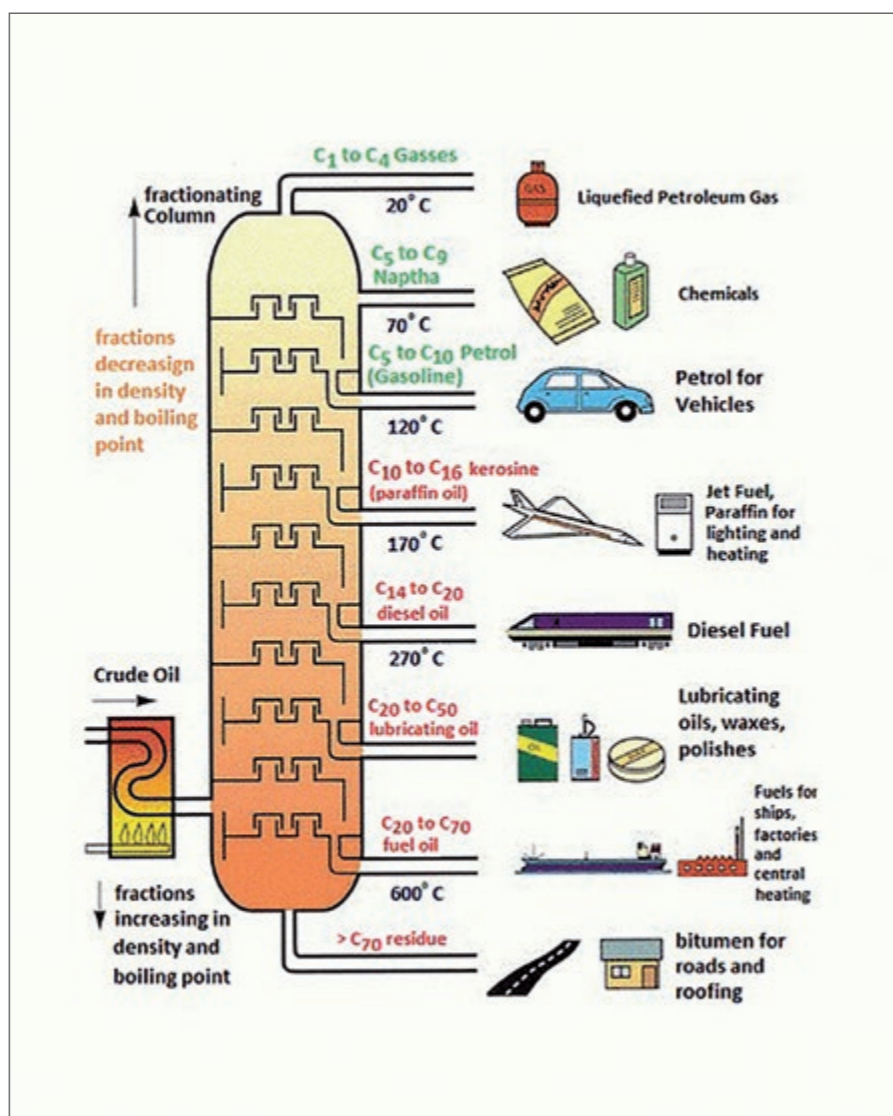
Because of the insufficient definition of mineral oils, and which mineral oils can be dangerous and why they pose a risk to human health, it is difficult to define what to determine with a mineral oil analysis. Available analytical techniques are not standardized, and the results obtained by many different laboratories are provided in a way that prevents their comparison. The way a sample is prepared also influences the final results and the compounds that are determined with the analysis. What lies behind the result of the content of mineral oils?

Keywords: mineral oils, analytical techniques, chromatography, sample preparation, risk assessment

1 DEFINICIJA, DELITEV IN VIRI MINERALNIH OLJ

Mineralna olja so naravne snovi, prisotne povsod okoli nas. Uporabljamo jih vsak dan, a se tega ne zavedamo, saj so nekatera tudi v živilih. So ena od osnovnih surovin v kozmetični industriji. Svoje mesto najdejo tudi v medicinski uporabi. Kljub široki uporabi in pojavnosti se jih bojimo in so nezaželena, kar na splošno ne bi smelo veljati za vse izdelke, ki jim rečemo mineralna olja. Kaj dejansko so mineralna olja in zakaj so ena dobra, druga nezaželena in zakaj se jih vrednoti kot slaba?

Mineralna olja so olja, ki nastanejo kot stranski proizvod v postopku destilacije nafte. Predstavljajo lahke mešanice višjih alkanov in cikloalkanov in so brezbarvna in brez vonja. Lahko jih srečamo tudi pod imenom belo mineralno olje ali parafinsko olje. CONCAWE (European Oil Company Organisation for Environment, Health and Safety) je sprejela definicijo, da so mineralna olja (znana tudi kot bazna olja, mineralna bazna olja ali mazivna mineralna olja) kemične spojine, pripravljene iz surove nafte. Surova nafta se najprej destilira pri atmosferskem pritisku in potem se destilacija nadaljuje pod vakuumom. Pri tem nastanejo vakuumski destilati in frakcije ostankov, ki se naprej rafinirajo do mineralnih olj. Mineralna olja, rafinirana iz surove nafte, so kompleksne in variabilne mešanice linearnih in razvejanih parafinskih, naftenskih in aromatskih ogljikovodikov, ki imajo 15 ali več ogljikovih vrelščic med 300 in 600 °C [1].



Slika 1. Postopek rafiniranja surove nafte [2].
Figure 1: Crude oil refining process [2].

Sklepamo lahko, da so mineralna olja po sestavi ogljikovodiki – MOH (mineral oil hydrocarbons). V tej skupini ogljikovodikov lahko naprej definiramo mineralna olja, ki vsebujejo nasičene ogljikovodike – MOSH (mineral oil saturated hydrocarbons) in mineralna olja, ki vsebujejo aromatske ogljikovodike – MOAH (mineral oil aromatic hydrocarbons). Pri določanju mineralnih olj v embalažnih materialih zelo pogosto srečamo tudi naslednje pojme: POSH (polyolefin oligomeric saturated hydrocarbons), ki označujejo oligomere nasičenih ogljikovodikov iz poliolefinov (polimerni oligomeri, npr. polietilen, polipropilen) in PAO (polyalpha olefine), to so izoparafini s kratko glavno verigo in dolgimi stranskimi verigami.

Mineralna olja se lahko nahajajo, razen v nafti, tudi v rastlinah v obliki n-alkenov z lihim številom ogljikovih atomov v kutikularnem ovoju ali v celicah organizmov v obliki sterina, oz. sterola. V izdelkih, kot so plastika, elastomeri, papir, karton in lepila, se dodajajo v obliki dodatkov in so odobreni za uporabo (voski, parafini, smole, oligomeri PP in PE). V tem primeru rečemo, da gre za mineralna olja, ki so iz nadzorovanega izvora in odobrena za nameravano uporabo. V predpisih, ki definirajo njihovo uporabo, so definirani tudi pogoji uporabe in dovoljene količine. Mineralna olja iz nadzorovanih virov so tudi mineralna olja, ki se uporabljajo v kozmetičnih in farmacevtskih izdelkih v obliki olj in/ali voskov, ki so visoko rafinirani in čisti, tako da ne vsebujejo kancerogenih spojin in ustrezajo Evropski farmakopeji in Uredbi Evropskega parlamenta in sveta št. 1223/2009 o kozmetičnih izdelkih. Mineralna olja lahko prihajajo v živila in embalažo tudi zaradi onesnaženosti okolja (izgorevanje goriva, mazi-va iz strojev, sredstva za zaščito rastlin), napačne uporabe dodatkov, ki vsebujejo mineralna olja ali uporabe neodobrenih sredstev. To so mineralna olja, ki prihajajo iz nenadzorovanih virov in v glavnem vsebujejo strupene snovi.

2 ZDRAVJU ŠKODLJIVE LASTNOSTI MINERALNIH OLJ

Različne študije kažejo, da so mineralna olja rakotvorne snovi. Evropska agencija za varnost hrane (EFSA – European Food Safety Agency) je objavila znanstveno mnenje o izpostavljenosti ljudi vplivom mineralnih olj preko prehrane. Pri tem je bilo ugotovljeno, da imajo različne skupine mineralnih olj različne vplive, kot so: MOAH (mineralna olja, ki vsebujejo aromatske ogljikovodike) rakotvorna in delujejo genotoksično, ker lahko poškodujejo DNK in genski material, MOSH (mineralna olja, ki vsebujejo nasičene ogljikovodike) se kopičijo v

človeškem tkivu in poškodujejo jetra [3]. Vežano na za zdravju škodljive podatke navaja znanstveno mnenje o mineralnih oljih, ki ga je izdala EFSA, tudi pomisleke v zvezi z izpostavljenostjo posameznikov vplivom mineralnih olj, odvisno od prehranske navade. Pri obdelavi podatkov o zdravstveni izpostavljenosti, obstaja veliko negotovosti glede vsebnosti mineralnih olj v različnih živilih. Te se navezujejo na spreminjanje kemične sestave samih mešanic mineralnih olj v določenih živilskih izdelkih v odvisnosti od šarže.

3 MINERALNA OLJA V EMBALAŽNIH MATERIALIH IN IZDELKIH IZ PAPIRJA IN KARTONA

Prve raziskave o onesnaženosti živil z mineralnimi olji so bile objavljene leta 1997 [4]. Okoljska zakonodaja (Direktiva za embalažo 94/62) promovira postopke recikliranja namesto sežiga, in sicer v interesu trajnostne rabe virov, kar pa na področju proizvodnje embalaže iz recikliranega papirja in kartona povzroča situacijo nasprotij, saj se z reciklažo lahko vnašajo problematične spojine, kot so ostanki mineralnih olj iz tiskarskih barv, lepil, voskov in strojnih maziv. Uporaba recikliranih vlaken pri proizvodnji embalaže za živila je bila sprejeta s strani priporočila BfR XXXIV in prav tako je bila vključena tudi v Resoluciji iz leta 2002, ki jo je izdal Svet Evrope. Karton iz recikliranih vlaken je proizveden iz mešanice različnih materialov: časopisi, revije, karton v različnih deležih. V letu 2010 je raziskava, ki so jo izvedli na Uradu za varnost živil v Zürichu, razkrila alarmantne količine ostankov mineralnih olj, ki so prehajala iz kartonske embalaže v živila [5]. Od 34 analiziranih vzorcev jih je bilo 26 pakiranih v aluminijaste laminirane vrečke in nobeden ni bil onesnažen. Preostalih 8 vzorcev je bilo pakiranih v papirnate vrečke in so vsi vsebovali mineralna olja s koncentracijami med 5 in 33 mg/kg. Da bi prepoznali izvor mineralnih olj, so raziskavo izvedli tako, da so izbrali en vzorec, v katerem je bila predhodno ugotovljena in potrjena vsebnost mineralnih olj. V raziskavo so vključili tudi sveže vzorce, ki so jih odvzeli neposredno iz proizvodne linije. Nobeden ni vseboval mineralnih olj. Nato so sveže pakiran vzorec shranili v laboratoriju in poskus ponovili čez dva meseca, pri čemer so analizirali tudi vzorec iz iste šarže, ki je bil kupljen v trgovini. Vzorec, ki je bil shranjen v laboratoriju, je vseboval znatno manj mineralnih olj, kot vzorec kupljen v trgovini. Zaradi tega so sklepali, da vplivajo na vsebnost mineralnih olj pogoji skladiščenja. Poskus so ponovili tako, da so vzorec shranili v laboratoriju in ga zavili v aluminijasto folijo.

Analiza je pokazala, da je koncentracija mineralnih olj v hrani iz škatle, ki je bila zavita v aluminijasto folijo izjemno zrasla in je bila skoraj enaka tisti v hrani, kupljeni v trgovini. Ugotovljeno je bilo, da mineralna olja določena v otroški hrani, izvirajo iz kartonskih škatel in so migrirala v izdelek skozi papirnato vrečko, ki je bila uporabljena kot primarna embalaža. Aluminijasta folija, v katero so zavili škatlo, je imela vlogo bariere, ki je onemogočila, da bi mineralna olja izhlapela v prostor ter so zaradi tega pronicala v izdelek. Tiskarske barve, uporabljene pri ofsetnem tisku papirja in kartona, so disperzije sintetičnih organskih pigmentov v vezivnem mediju, ki je sestavljen predvsem iz smol, rastlinskih olj in mešanic mineralnih olj z visokim vreliščem [4]. Delež mineralnega olja v tiskarski barvi je v razponu med 20 in 30 %. Bolj hlapne komponente mineralnih olj izhlapevajo iz potiskanega kartona in migrirajo v živila.

Drugi primer, ki je pritegnil pozornost javnosti glede vsebnosti mineralnih olj iz embalaže v živilih, je objava nemške organizacije za zaščito potrošnikov Stiftung Warentest, ki se nanaša na rezultate testa 24 čokoladnih adventnih koledarjev, pri katerih je bila ugotovljena prisotnost mineralnih olj v čokoladi. V poročilu Stiftung Warentest navaja kot vir ostankov mineralnih olj recikliran karton, uporabljen za embalažo. Rezultati analize, narejene na Tehniški univerzi v Darmstadtu (Technical University Darmstadt), so nasprotnega mnenja. Oddelek za tehnologijo papirja in strojno procesno tehniko na Tehniški univerzi v Darmstadtu je prejel v analizo vseh 24 spornih adventnih koledarjev, ki jih je testiral Stiftung Warentest na vsebnost mineralnih olj. Z izvedbo analize za karakterizacijo vsebnosti vlaken po znanim in ustaljenem postopku so potrdili, da ima 23 od 24 testiranih koledarjev embalažo iz kartona, proizvedenega iz primarnih celuloznih vlaken in le eden iz sekundarnih (recikliranih) celuloznih vlaken. Iz navedenega so sklepali, da najdena mineralna olja v embalaži izvorno ne izhajajo iz embalaže. Nadaljnje raziskave so pokazale, da izvor tudi niso tiskarske barve, ampak da gre za onesnaženje zaradi prisotnosti procesnih kemikalij (maziva), ki se uporabljajo v živilski industriji in proizvodnji plastičnih embalažnih materialov oziroma je do onesnaženja lahko prišlo med prevozom ali skladiščenjem [6].

Pri analizi izvora mineralnih olj, najdenih v čokoladi, je treba podrobno analizirati zgodovino kakavovega zrnja v prehranski verigi. Kot navaja neodvisna raziskovalka in svetovalka Silke Elwers za spletni magazin Confectionarynews.com, gre prisotnost mineralnih olj v čokoladi prepisati prevozu kakavovih zrn v vrečah iz jute [7]. V postopku prede-

nja jute se uporabljajo industrijska olja na osnovi mineralnih olj. Prav tako v nekaterih državah kakavova zrna po obiranju sušijo na asfaltu, ki tudi vsebuje mineralna olja. Iz teh razlogov je za prevoz živila dovoljeno le, da se uporabljajo vreče iz jute, proizvedene tako, da se v postopku obdelave vlaken uporabljajo jedilna olja [8].

Navedena primera kažeta, da ni vedno embalaža vir mineralnih olj oz. da se lahko zgodi tudi nasprotni primer, da mineralna olja iz živila prehajajo na embalažo. Zaradi tega je zelo pomembno, da je uporabljena analitna tehnika dovolj občutljiva in omogoča identifikacijo mineralnih olj iz različnih virov.

4 ANALIZNE METODE ZA DOLOČEVANJE MINERALNIH OLJ

Današnje metode za analizo mineralnih olj (MOH) večinoma bazirajo na uporabi plinske kromatografije (GC) s plamensko ionizacijskim detektorjem (FID). Druge tehnike, kot je na primer masna spektrometrija (MS), so zahtevnejše, predvsem izvedba kalibracije merilne opreme. Trenutno je tehnika GC-FID edina metoda, ki omogoča kvantitativno določanje mešanice ogljikovodikov, za katere ne obstajajo priporočilni standardi. Po drugi strani pa GC-FID ni dovolj selektivna in občutljiva tehnika, saj imajo kromatogrami običajno veliko nedefiniranih vrhov in neidentificiranih komponent, ki izvirajo iz mineralnih olj.

GC kot ločevalna tehnika omogoča ločitev ogljikovodikov iz mineralnih olj in ogljikovodikov, ki so naravno prisotni v živilih. Prav tako omogoča opredelitev/označitev mineralnih olj na podlagi območja molekularnih mas, na osnovi katere lahko potrdimo/ovržemo prisotnost oz. odsotnost n-alkanov. Kljub temu pa resolucija ne omogoča določitve posameznih spojin, prisotnih v mešanici mineralnih olj. Določimo lahko samo vsoti MOSH in MOAH za podrobno opisano območja molekularnih mas [9, 10]. Pri analizi se uporabljajo kolone s tankim filmom nepolarne faze.

Boljšo resolucijo lahko dosežemo z uporabo naprednejše dvodimenzionalne plinske kromatografije (GCxGC). V primeru dvodimenzionalne kromatografije se uporabljata dve koloni, tj. nepolarna kolona običajne dolžine v kombinaciji z 1–2 m x 0,1–0,2 mm notranjega premera kolone s polarno stacionarno fazo, kot je phenyl methyl polysiloxane. GCxGC se uporablja za karakterizacijo mineralnih olj po izolaciji frakcij MOSH ali MOAH s pomočjo HPLC. GC-MS ali GCxGC-MS se lahko uporabljata za ekstrakcijo in količinsko določanje označevalcev, kot so sterani in hopani, ki se uporabljajo za dokazovanje mineralnih virov. Pri analizi mineralnih olj ni mogoče ločiti POSH, ki prehajajo iz poli-

etilen (PE) od MOSH. V obeh primerih so prisotni vrhovi neidentificiranih sestavin. Običajno vsebuje POSH iz PE tudi nekatere n-alkane, s sodim številom ogljikovodikov (C12, C14 in C16). V primerih, ko so MOSH in POSH prisotni v istem vzorcu, jih je težko kvantitativno ločiti. POSH, ki izvirajo iz polipropilena (PP), imajo značilne skupine vrhov, ki jih je lahko enostavno prepoznati. S pomočjo tekočinske kromatografije lahko MOH ločimo na parafine, naftne in aromatske ogljikovodike. Običajno se tekočinska kromatografija uporablja kot ločevalni postopek pred izvedbo analize GC zaradi:

- ▶ izolacije MOH iz matriksa vzorca, npr. odstranjevanje lipidov iz živil ali ločevanje sestavin iz živil, ki lahko predstavljajo »motnje merjenja« (kot so skvalen in njegovi izomeri, karoteni in estri voskov) ali odstranjevanje »moterij« ogljikovodikov iz rastlinskih virov (n-alkani z lihim številom ogljikovih atomov od C23 do C35);
- ▶ ločevanje MOSH in MOAH;
- ▶ izogibanje postopku esterifikacije v primerih prisotnosti jedilnih masti in olj z uporabo kolone za tekočinsko kromatografijo, ki lahko zadrži lipide in trigliceride.

Današnji proizvajalci analitne opreme za določanje mineralnih olj, ponujajo tudi on-line sklopljene sisteme HPLC-GC-FID. Silicagel v HPLC koloni omogoča celotno ločevanje med MOSH in MOAH. Podroben pregled glede uporabe in izvedbo analitike na on-line sklopljenih sistemih HPLC-GC-FID sta objavila Biedermann in

matskega zbiranja posameznih frakcij. Za doseganje boljše občutljivosti, so potrebni večji odmerki (večje volumske količine) HPLC frakcij za vbrizgavanje v GC (tehniška dela z velikimi volumni).

Obstajajo tudi t. i. ročne tehnike za ločevanje različnih MOH pred analizo na GC-FID. Takšna je uporaba aluminijevega oksida ali aktiviranega silikagela s srebrom nitratom, ki se je pokazal kot bolj učinkovit medij, z večjo zmogljivostjo za zadrževanje lipidov in ločevanje MOSH od drugih olefinov, ki lahko povzročajo motnje.

V veliki meri na sam rezultat vplivajo tudi postopki za pripravo vzorca. Ekstrakcija s toplimi, esterifikacija, ekstrakcija na trdni fazi in kompleksnost matriksa, posebej pri živilih, ki vsebujejo različne snovi.

V raziskovalnem centru Nestle (Nestle Research Centar) so izdelali medlaboratorijsko študijo z namenom raziskati vzroke, zakaj se rezultati analize istega vzorca v različnih laboratorijih razlikujejo [13]. Začelo se je, ko so izsledke raziskav določanja vsebnosti mineralnih olj v mleku v prahu primerjali z rezultati zunanega laboratorija. Uporabili so lastno metodo z mejo določljivosti 0,5 mg/kg in določili, da mineralnih olj v analiziranem vzorcu ni. V istem vzorcu je zunanji laboratorij določil 2 mg/kg MOSH. Enak vzorec so poslali v devet različnih laboratorijev in pri tem zahtevali povratno informacijo, da v poročilih, poleg rezultatov in vrednosti za MOSH in MOAH, laboratoriji navedejo tudi podatke o uporabljeni opremi ter opis uporabljenih postopkov za predpripravo vzorca.

Preglednica 1: Primerjava analitičnih metod, postopkov predpriprave, načina podajanja rezultatov in analiziranih vrednosti na istem vzorcu v različnih laboratorijih.
Table 1: Comparison of the analytical methods, sample preparation procedures, the method for delivering results and analysed values on the same sample in different laboratories.

Laboratorij	MS	FID	Saponifikacija	Alox	Epoksidacija	Obseg ogljikovih atomov	MOSH (mg/kg)	MOAH (mg/kg)
1	+	+	+ (vroča)	-	-	C16 - C35	3,6	<0,1
2	+	+	+ (ni navedeno)	+	+	<C16 - C50	4,3	<1
3	+	+	+ (vroča)	-	-	C16 - C35	<0,5	<0,5
4	-	+	-	-	-	C10 - C35	<0,03	<0,03
5	-	+	-	+	+	C10 - C50	1,1	<0,5
6	-	+	-	+	+	C10 - C62	<0,6	<0,15
7	-	+	-	+	+	C10 - C62	<0,6	<0,15
8	-	+	-	-	+	<C16 - C50	1,4	<0,5
9	-	+	+ (vroča)	-	+	C10 - C35	2,6	0,7
10	-	+	+ (kislota)	-	+	C10 - C50	<1	<1

Grob [11, 12]. Prednost on-line sklopljenih sistemov, kot je HPLC-GC-FID, je, da omogočajo visoko občutljivost, so avtomatizirani in imajo manjše tveganja za onesnaženost vzorca zaradi upravljanja operaterja med analizo. Alternativa temu je predhodno ločevanje s pomočjo off-line sistema HPLC, z možnostjo avto-

Samo dva laboratorija od desetih sta podala enake rezultate. Rezultati so bili večinoma neprimerljivi, saj so bili zajeti različni obsegi ogljikovih atomov. Zaradi razlik v pripravi vzorcev oz. pomanjkljive predpriprave, npr. pri laboratoriju 1, so bili rezultati za MOSH lažno pozitivni. Težko je bilo primerjati tudi frakciji MOSH in

MOAH, ker precej laboratorijev ni imelo potrditve z masno spektroskopijo.

V odsotnosti standardne metode za analizo mineralnih olj različni laboratoriji uporabljajo različne pristope, in sicer odvisno od razpoložljive opreme. Na rezultat vplivajo tudi tehnike predobdelave vzorca in način tolmačenja rezultatov oziroma način izračuna rezultatov za skupine mineralnih olj z različnim številom ogljikovih atomov.

V primeru papirne oziroma kartonske embalaže lahko sklenemo, da gre za zapleten matriks, zaradi česar lahko analitični pristop in način tolmačenja rezultatov vplivata na zaznavno vrednost mineralnih olj. V tem smislu ne gre samo za prisotnost mineralnih olj v reciklaži in tiskarskih črnilih, ampak tudi za prisotnost drugih dodatkov, kot so mikrokristalinični voski in poliolefini iz mineralnih virov ter olefini, terpeni in karotenoidi iz naravnih virov, ki se lahko zaznajo kot MOSH in prispevajo h končni vrednosti ter tako vplivajo na napačno pozitiven rezultat. Tehnične kemikalije, kot so antipenilci, dodatki za vodoodbojnost ali oljeodbojnost, lepila in tesnila so možni viri mineralnih olj in ne glede na to, da je njihova uporaba odobrena, so lahko prepoznani kot mineralna olja in dajejo lažno pozitiven ali lažno negativen rezultat.

5 ZAKLJUČEK

Z ustreznim nadzorom nad vhodnimi surovinami in pravilno uporabo dovoljenih dodatkov v proizvodnji sta lahko papir in karton ustrezna materiala za stik z živilom. Rešitev problema mineralnih olj je lahko alternativna izbira tiskarskih barv, v kate-

rih mineralna olja nadomeščajo rastlinska olja, uporaba različnih barrier ali uporaba primerne primarne embalaže. Po drugi strani je treba razviti standardne analitne metode in definirati tehnike za pripravo vzorcev, ki bodo zagotovile primerljive rezultate ter omogočile izvedbo pravilnih toksikoloških ocen glede izpostavljenosti vplivom mineralnih olj.

6 LITERATURA

- [1]. Chemical agents and related occupations, IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, International Agency for research of cancer, Lyon, France 2012; Vol. 100F, str. 179
- [2]. Dostopno na spletu: <https://www.erl.com.bd/refiningprocess.php>
- [3]. European Food Safety Authority, Scientific Opinion on Mineral Oil Hydrocarbons in Food, EFSA Journal 2012; vol.10 izd. 6, št. 2704.
- [4]. DROZ, C. in GROB, K., Determination of food contamination by mineral oil material from printed cardboard using on-line coupled LC-GC-FID, Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A, 1997, vol. 205, str. 239–241
- [5]. BIEDERMAN, M. in GROB K., Is recycled newspaper suitable for food contact materials? Technical grade mineral oils from printing inks, European Food Research and Technology, 2010, vol. 230, št. 5, str. 785–796.
- [6]. Darmstadt University analysis: Packaging is not responsible for mineral oils found in chocolate from advent calendars, Press release, Brussels, 12. december 2012, dostopno na spletu: <http://www.cepi.org/press-release/darmstadt-university-analysis-packaging-not-responsible-mineral-oils-found-chocolate>
- [7]. NIEBURG, O., Oil spills: How to combat mineral oils in chocolate, dostopno na spletu: <https://www.confectionerynews.com/Article/2016/10/18/Mineral-oils-in-chocolate-A-guide-to-sources-and-prevention>

guide-to-sources-and-prevention.

- [8]. Cocoa Beans: Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements, END, M. J. in DAND, R. (urednik), CAOBISCO/ECA/FCC, September 2015
- [9]. BIEDERMAN, M., KATELL, F. in GROB K., Aromatic Hydrocarbons of Mineral Oil Origin in Foods: Method for Determining the Total Concentration and First Results, Journal of agricultural and food chemistry, 2009, vol. 57, št. 19, str. 8711–8721
- [10]. BIEDERMAN, M. UEMATSU, Y. in GROB, K., Mineral oil contents in paper and board recycled to paperboard for food packaging, Packaging Technology and Science, 2011, vol. 24, št. 2, str. 61–73
- [11]. BIEDERMANN, M. in GROB, K., On-line coupled high performance liquid chromatography-gas chromatography for the analysis of contamination by mineral oil. Part 1: Method of analysis, Journal of Chromatography A, 2012, vol. 1255, str. 56–75
- [12]. BIEDERMANN, M. in GROB, K., On-line coupled high performance liquid chromatography-gas chromatography for the analysis of contamination by mineral oil. Part 2: Migration from paperboard into dry foods: Interpretation of chromatograms, Journal of Chromatography A, 2012, vol. 1255, str. 76–99
- [13]. KOSTER, S. Challenges in the untargeted analysis of mineral oils, Food packaging forum, October 4th 2018, Zurich, dostopno na spletu: https://www.foodpackagingforum.org/ffp-2016/wp-content/uploads/2018/03/07_Sander-Koster_FFPWorkshop2018.pdf

Povzetek iz delavnice: Mineral Oil Risk Assessment, 6.–7. februar 2019, Bruselj, Belgija

Maja FRELIH
Inštitut za celulozo in papir,
Bogišičeva ulica 8, SI-1000 Ljubljana

EM
EUROMONTAŽA d.o.o.
Ljubljana

- Varjenje in izdelava cevovodov
- Montaža sprinkler sistemov
- Varjenje plinovodov
- Varjenje nerjavečih cevovodov
- Visoko zahtevna varilska dela
- Popravila parnih kotlov
- Ostale storitve v energetiki in procesni industriji

031/ 870 204
info@euromontaza.si
www.euromontaza.si