



**Ftaláty v masných výrobcích v závislosti na době
skladování a použitém obalu**

Disertační práce

Vedoucí práce:
prof. Ing. Alžbeta Jarošová, Ph.D.

Vypracovala:
Ing. Soňa Bogdanovičová

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci *Ftaláty v masných výrobcích v závislosti na době skladování a použitém obalu* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat paní prof. Ing. Alžbetě Jarošové, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení a vstřícný přístup během celého studia. Dále děkuji panu prof. MVDr. Ing. Tomášovi Komprdovi, CSc. za pomoc při statistickém zpracování dat. Mé poděkování patří i panu MVDr. Josefu Kameníkovi, CSc., MBA a panu Ing. Josefu Jandáskovi, Ph.D. za spolupráci během řešení IGA projektů.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé rodině, především mým rodičům, sestře a příteli za podporu během celého studia.

Zpracovaná disertační práce byla finančně podpořena z prostředků specifického vysokoškolského výzkumu prostřednictvím projektu *IGA AF IP 10/2014 Ftaláty v masných výrobcích v závislosti na době skladování a použitých obalech* a *IGA AF IP 32/2015 Sledování ftaalátů v obalech a jejich případná migrace do masných výrobků*. Výsledky z těchto individuálních grantových projektů byly předmětem při zpracování disertační práce.

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na stanovení obsahu di-n-butyl ftalátu (DBP) a di-2-ethylhexyl ftalátu (DEHP) v obalech masných výrobků a sledování úrovně migrace ftalátů (PAE) do masných výrobků. Nejvyšší koncentrace DBP a DEHP v analyzovaných obalech byla $89,3 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ a $188,0 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ původního vzorku. U vybraných analyzovaných obalů byla sledována migrace PAE do masného výrobku v závislosti na době skladování a obsahu tuku. Nejvyšší koncentrace DBP a DEHP v masných výrobcích na konci doby skladování byla $11,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $15,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ původního vzorku. Dle naměřených hodnot byla zaznamenána zvyšující se koncentrace DBP a DEHP v masných výrobcích s rostoucí dobou skladování a obsahem tuku v díle. Specifický migrační limit dle v nařízení komise (EU) č. 10/2011 o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami, byl překročen u DBP ($0,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a DEHP ($1,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v 16 vzorcích z 20.

Klíčová slova: estery kyseliny ftalátové, PAE, di-n-butyl ftalát, di-2-ethylhexyl ftalát, masný výrobek, migrace, uvolňování, doba skladování, obsah tuku

ABSTRACT

The work is focused on the determination of the content of di-n-butyl phthalate (DBP) and di-2-ethylhexyl phthalate (DEHP) in packaging meat products and monitoring the level of migration of phthalates (PAE) to meat products. The highest concentration of DBP and DEHP in packaging analyzed was $89.3 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ and $188.0 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ of the original sample. Selected analyzed packages was monitored PAE migration into meat products, depending on the storage period and fat content. The highest concentration of DBP and DEHP in meat products the end of storage period was $11.1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and the $15.4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of the original sample. Based on the measured values was recorded increasing concentrations of DBP and DEHP in meat products with increasing storage time and fat in the work. Specific migration limit in accordance with commission regulation (EU) no. 10/2011 on materials and articles of plastics intended for food contact, was exceeded by DBP ($0.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) and DEHP ($1.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in sixteen samples of twenty.

Keywords: phthalate esters, PAE, di-n-butyl phthalate, di-2-ethylhexyl phthalate, meat product, migration, release, storage period, fat content

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE.....	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1	Estery kyseliny ftalové (PAEs).....	11
3.2	Fyzikální a chemické vlastnosti ftalátů.....	12
3.2.1	Rozdělení ftalátů podle délky postranního řetězce	12
3.3	Charakteristika nejpoužívanějších ftalátů.....	14
3.3.1	Di-n-butyl ftalát (DBP).....	14
3.3.2	Di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP).....	15
3.4	Výroba a použití PAE	16
3.5	Výskyt ftalátů v životním prostředí	17
3.5.1	Vzduch	18
3.5.2	Půda	19
3.5.3	Vodní prostředí	20
3.5.4	Výskyt ftalátů v potravinovém řetězci.....	21
3.5.5	Obaly jako zdroj kontaminace potravin ftaláty.....	22
3.6	Legislativní požadavky	24
3.7	Expozice ftalátů	25
3.8	Toxikokinetika a metabolismus PAE	27
3.8.1	Absorpce	27
3.8.2	Distribuce a kumulace	28
3.8.3	Metabolismus.....	29
3.9	Negativní zdravotní účinky.....	34
3.9.1	Proliferátory peroxizomů.....	35
3.9.2	Endokrinní disruptory	35
3.9.3	Reprodukční toxicita.....	36

3.9.4	Teratogenita a karcinogenita.....	37
3.9.5	Alergie a astma	38
3.9.6	Autismus	38
3.10	Rizikové skupiny	39
3.11	Regulační opatření týkající se využití ftalátů	39
3.12	Metody stanovení ftalátů	40
3.12.1	Plynová chromatografie.....	41
3.12.2	Vysokoučinná kapalinová chromatografie	42
3.12.3	Méně využívané metody.....	42
4	MATERIÁL A METODY	43
4.1	Materiál.....	43
4.1.1	Chemikálie	43
4.1.2	Přístroje a pomůcky	43
4.1.3	Obalový materiál.....	44
4.1.4	Dílo a masné výrobky	44
4.1.4.1	Výroba modelového masného výrobku typu „Gothajský salám“	45
4.2	Metody.....	47
4.2.1	Stanovení PAE v obalových materiálech.....	47
4.2.2	Stanovení PAE v díle a v masných výrobcích.....	48
4.2.3	Statistické zpracování dat	52
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	53
5.1	Výsledky koncentrace PAE v obalových materiálech.....	53
5.1.1	Výsledky koncentrace PAE v potištěných a nepotištěných částech obalů.....	64
5.2	Výsledky koncentrace PAE v díle a v masných výrobcích	73
5.2.1	Výsledky koncentrace PAE ve vybraných obalech a v masných výrobcích v závislosti na době skladování a použitém obalu (pokus 1).....	73
5.2.1.1	Migrace DBP z obalů do masných výrobků po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování	79

5.2.1.2	Migrace DEHP z obalů do masných výrobků po 1., 7., 14., 21. a 28 dni skladování	80
5.2.1.3	Migrace DBP+DEHP z obalů do masných výrobků po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování	81
5.2.1.4	Zhodnocení korelace mezi obsahem DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalových materiálech a masných výrobcích	84
5.2.2	Výsledky koncentrace PAE ve vybraných obalech a v masných výrobcích v závislosti na době skladování, použitém obalu a obsahu tuku (pokus 2)	84
5.2.2.1	Migrace DBP z obalů do masných výrobků (10 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování	96
5.2.2.2	Migrace DBP z obalů do masných výrobků (30 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování	97
5.2.2.3	Migrace DBP z obalů do masných výrobků (50 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování	98
5.2.2.4	Migrace DEHP z obalů do masných výrobků (10 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování	99
5.2.2.5	Migrace DEHP z obalů do masných výrobků (30 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování	100
5.2.2.6	Migrace DEHP z obalů do masných výrobků (50 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování	101
5.2.2.7	Migrace DBP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a obsahu tuku	102
5.2.2.8	Migrace DEHP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a obsahu tuku	104
5.2.2.9	Migrace DBP+DEHP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a obsahu tuku	104
5.2.2.10	Zhodnocení korelace mezi obsahem DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalových materiálech a masných výrobcích	108
5.2.3	Vyhodnocení faktorů migrace DBP+DEHP do masných výrobků	109
6	ZÁVĚR	111

7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	115
8	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	133
9	SEZNAM TABULEK	135
10	SEZNAM ZKRATEK	137
11	SEZNAM PUBLIKACÍ.....	140

1 ÚVOD

Estery kyseliny ftalové (PAEs) jsou organické lipofilní sloučeniny, které se v důsledku všestranné produkce a využití, staly všudypřítomnými a významnými kontaminanty životního prostředí. Jsou používány především jako plastifikátory neboli změkčovadla při výrobě plastových hmot.

Ftalátová změkčovadla nejsou v materiálu pevně vázána kovalentní vazbou, proto se mohou postupně uvolňovat do okolního prostředí těkáním, vyluhováním nebo migrací. Mezi toxické a nejčastěji se vyskytující ftaláty patří di-n-butyl ftalát (DBP) a di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP). Potraviny mohou být kontaminovány buď primárně v průběhu prvovýroby, nebo sekundárně v průběhu následného zpracování a veškeré manipulace s nimi. Hlavním zdrojem kontaminace potravin jsou materiály, se kterými přichází potraviny do styku. Vhodnost obalů pro balení potravin je definována migračním limitem (ML), což je maximální přípustné množství složek obalu, které se mohou uvolnit z obalu na jednotku plochy. Dle nařízení komise (EU) č. 10/2011, o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami, výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmy nesmí uvolňovat do potravin své vlastní složky v množství přesahujícím 10 mg.dm^{-2} nebo 60 mg.kg^{-1} potraviny nebo simulantu potravin. Nařízení definuje rovněž specifický migrační limit (SML), což je nejvyšší povolené množství látky přecházející z obalu do potraviny. SML je pro DEHP $1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pro DBP $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$. Zjištěný obsah PAE v obalu nemusí ještě signalizovat, že je obal nevhodný pro balení potravin. U některých druhů obalů existují bariérové vrstvy, které migraci ftalátů snižují nebo dokonce zastavují. K překročení povoleného limitu by však u obalů, které jsou určeny na balení potravin, nemělo docházet.

K expozici člověka ftaláty může dojít orálně, inhalačně, dermální absorpcí nebo parenterální aplikací. Akutní toxicita PAEs je relativně nízká, ale neustále běžící výroba vystavuje populaci chronickému působení, kdy ftaláty vykazují teratogenní a karcinogenní účinky a mohou ovlivnit i reprodukční schopnost organismu. Vzhledem k negativnímu působení PAEs na lidské zdraví je nezbytné průnik ftalátů do prostředí regulovat a expozici snižovat.

2 CÍL PRÁCE

Balení potravin je důležitý způsob jak uchovávat potraviny, prodloužit jejich životnost a chránit je před vnějšími vlivy. V posledních letech je zaznamenán velký nárůst výroby plastifikátorů, které se používají při výrobě plastových hmot a staly se všudypřítomnými kontaminanty životního prostředí. Nejčastěji používaná změkčovadla jsou estery kyseliny ftalové, které se do PVC (polyvinylchloridu) přidávají za účelem zvýšení měkkosti a flexibility a mohou tvořit až 40 % finálního výrobku. Mezi toxické a nejčastěji se vyskytující ftaláty patří di-n-butyl ftalát (DBP) a di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP), které jsou lipofilního charakteru a kumulují se proto v tukových tkáních.

Ve snaze zajistit bezpečnost a zdravotní nezávadnost potravin je nutný monitoring obsahu toxických esterů kyseliny ftalové v celém potravním řetězci, včetně materiálů, které jsou v přímém styku s potravinou.

Cílem této práce bylo:

- Stanovení koncentrace di-n-butyl ftalátu a di-2-ethylhexyl ftalátu v obalech, které se používají na balení masných výrobků, s úmyslem zjistit, zda jsou v souladu s legislativou.
- Výběr analyzovaných obalů s vyšším obsahem PAEs s následným použitím obalů pro zabalení masných výrobků.
- Výroba modelového masného výrobku typu „Gothajský salám“.
- Stanovení detekovaných ftalátů v díle.
- Sledování migrace ftalátů z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování, použitém obalu a tučnosti díla.

Vzhledem k přítomnosti ftalátů v potiskových barvách bylo dalším cílem této práce stanovení koncentrace esterů kyseliny ftalové v potištěných a nepotištěných částech obalů, ve snaze potvrdit nebo vyvrátit hypotézu, že potištěná část představuje vyšší riziko pro zabalenou potravinu.

Spoluřešitelé projektů byli Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně (MVDr. Josef Kameník, CSc., MBA) a firma Raps GmbH&Co. KG, Kulmbach (Ing. Josef Jandásek, Ph.D.).

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Estery kyseliny ftalové (PAEs)

Ftaláty (phthalic acid esters, PAEs) jsou všudypřítomné chemické látky v životním prostředí a jsou známé jako peroxizomové proliferátory (PPS) a endokrinní disruptory (Craig et al., 2011; Lin et al., 2015). Lidská populace je těmito látkám znečišťující životní prostředí neustále vystavena. Jsou široce používány jako změkčovadla plastových hmot (Berge et al., 2013).

Environmental Protection Agency (EPA) v USA zařadila šest esterů kyseliny ftalové mezi prioritní rizikové polutanty – znečišťující látky:

- di-methyl ftalát (DMP)
- di-ethyl ftalát (DEP)
- di-n-butyl ftalát (DBP)
- di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP)
- di-n-octyl ftalát (DOP)
- benzylbutyl ftalát (BBP) (Jarošová et al., 2008).

Mezi další komerčně používané ftaláty patří:

- di-allyl ftalát (DAP)
- di-propyl ftalát (DPP)
- di-isobutyl ftalát (DiBP)
- di-hexyl ftalát (DHP)
- butyl-2-ethylhexyl ftalát (BOP)
- di-(n-hexyl, n-octyl, n-decyl) ftalát (610P)
- di-isoctyl ftalát (DiOP)
- di-isononyl ftalát (DiNP)
- di-isodecyl ftalát (DiDP)
- di-(heptyl, nonyl, undecyl) ftalát (D711P)
- di-undecyl ftalát (DUP)
- di-tridecyl ftalát (DTDP) (Staples et al., 1997).

Dle Barros et al. (2011) patří mezi nejpoužívanější změkčovadla di-n-butyl ftalát (DBP), di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP) a di-2-ethylhexyl adipát (DEHA). Tyto látky se přidávají do výrobku pro zvýšení jejich flexibility (Ray et al., 2012).

Jejich všestranné využití má za následek neustále zvyšující kontaminaci životního prostředí. Odhaduje se, že v roce 2006 činila celková produkce změkčovadel 5,8 milionů tun, z toho ftaláty tvořily 75 % produkce (Markarian, 2007).

V posledních letech je snaha postupně eliminovat ftalátová změkčovadla v mnoha spotřebních výrobcích, jelikož mají negativní účinky na organismus (Zhang et al., 2014). Obavy z používání ftalátů přiměly výrobce a průmysl nalézt alternativní plastifikátory, které jsou biologicky odbouratelné a vyznačují se všestranností pro více komerčních aplikací (Nardelli et al., 2015).

3.2 Fyzikální a chemické vlastnosti ftalátů

Estery kyseliny ftalové jsou olejovité nehořlavé kapaliny bez zápachu (Li et al., 2014). Název ftalát je odvozený od kyseliny ftalové, která tvoří tři izomery, *orto*-izomer neboli kyselina ftalová (PA), *para*-izomer neboli kyselina tereftalová (TA) a *meta*-izomer neboli izoftalová kyselina (IA) (Liang et al., 2008).

Jejich molekula obsahuje většinou dva nelineární alifatické řetězce v poloze *o*-(*orto*) (Wang et al., 2012). Na základě struktury postranních řetězců molekuly se mění chemické a fyzikální vlastnosti PAEs.

3.2.1 Rozdělení ftalátů podle délky postranního řetězce

Ftaláty s krátkým postranním řetězcem – vznikají esterifikační reakcí anhydridu kyseliny ftalové s alkoholy, jejichž molekula je kratší než tři uhlíkové jednotky. Do této skupiny patří di-methyl a di-ethyl ftalát. Ve vodě jsou podstatně rozpustnější a také mnohem toxičtější než ostatní estery této kyseliny. Jejich toxické účinky působící na savce jsou nižší v porovnání s účinky ftalátů s delšími postranními řetězci. Používají se např. jako solventy u polymerů na bázi acetátu celulózy (Holohan a Smith, 2015).

Ftaláty se středně dlouhým postranním řetězcem – zde patří di-hexyl-, di-heptyl-, di-isoheptyl-, di-isoocetyl-, heptylnonyl- a heptylundecyl ftalát. Jsou využívány vesměs jako solventy nebo změkčovadla pro PVC. Výrazným negativem této skupiny ftalátů je jejich silně toxický účinek na savce včetně negativního působení na proces jejich reprodukce (Holohan a Smith, 2015).

Ftaláty s dlouhým postranním řetězcem – tyto ftaláty se používají hlavně jako změkčovadla plastů. Jsou vysoce nerozpustné ve vodě a mají nízkou tenzi par čehož důsledkem je vyšší bod varu a proto také malá odpařivost. To je příčinou jejich minimálního negativního vlivu na živý organismus až na výjimku, kterou je di-isononyl ftalát, který prokazatelně způsobuje hepatokarcinogenitu u hlodavců (Wagner et al., 2009).

Tab. 1 Fyzikálně-chemické vlastnosti ftalátů (Velíšek a Hajšlová, 2009)

Ftalát	Relativní molekulová hmotnost (Da)	Bod varu (°C)	Bod tání (°C)	Tenze par v MPa (25 °C)	Rozdělovací koeficient ve směsi oktanol/voda
Di-methyl ftalát	194,2	284	2	220	1,53
Di-ethyl ftalát	222,2	294	-41	220	2,35
Di-n-butyl ftalát	278,4	340	-35	1,87	4,57
Benzylbutyl ftalát	312,4	370	-35	1,15	4,91
Di-2-ethylhexyl ftalát	390,6	384	-50	0,86	5,11
Di-oktyl ftalát	390,6	220	-25	-	-

Z Tab. 1 je zřejmé, že s rostoucí relativní molekulovou hmotností, stoupá hodnota rozdělovacího koeficientu oktanol/voda (K_{OW}), který je mírou lipofility sloučenin. Následně se se vzrůstající molekulovou hmotností projevuje klesající tenze par. Ftaláty s vyšší relativní molekulovou hmotností jsou při pokojové teplotě minimálně těkavé, pouze u nižších esterů bylo pozorováno rychlejší odpařování. Hlavním faktorem, který určuje chemické vlastnosti ftalátů je esterifikovaná karboxylová skupina.

3.3 Charakteristika nejpoužívanějších ftalátů

Mezi nejpoužívanější plastifikátory patří di-2-ethylhexylftalát (představuje až 50% podíl světové produkce ftalátů) a di-n-butyl ftalát (Latini, 2005; Ventrice et al., 2013; Yang et al., 2015). Ftaláty mohou být v plastech nahrazovány adipáty, jako je např. di-2-ethylhexyl adipát (DEHA) a di-isononyl adipát (DiNA), které mají rovněž plastifikační vlastnosti (Cao, 2010).

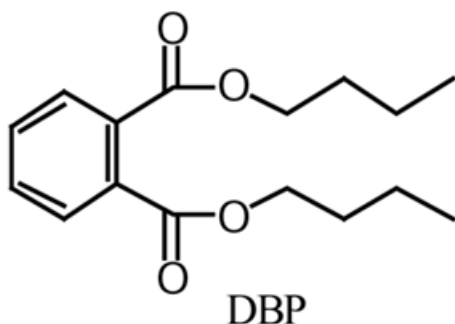
3.3.1 Di-n-butyl ftalát (DBP)

Název podle IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry):

dibutyl ftalát

Molekulový vzorec: $C_{16}H_{22}O_4$

Strukturní vzorec:



Obr. 1 Struktura di-n-butyl ftalátu (Frederiksen et al., 2007)

Skupenství: olejovitá kapalina

Tlak par: $9,7 + 3,3 \cdot 10^{-5}$ hPa při 25 °C

Rozpustnost ve vodě: 10 mg.l⁻¹ při 20 °C (Craig et al., 2013)

Di-n-butyl ftalát má stejnou základní strukturu jako DiDP (di-isodecyl ftalát) a DiNP (di-isononyl ftalát), ale má dva kratší boční řetězce, z nichž každý má 4 atomy uhlíku (Clausen et al., 2004). Jedná se o bezbarvou, případně bledě žlutou olejovitou tekutinu. Je špatně rozpustný ve vodě a naopak dobře rozpustný v acetonu, benzenu, alkoholu a celé řadě dalších organických rozpouštědel (Watkins et al., 2014).

DBP se vyrábí více jak 40 let. V roce 1998 bylo v Evropské unii vyrobeno asi 26 000 tun DBP za rok. Na rozdíl od DiDP a DiNP produkce DBP klesá. DBP

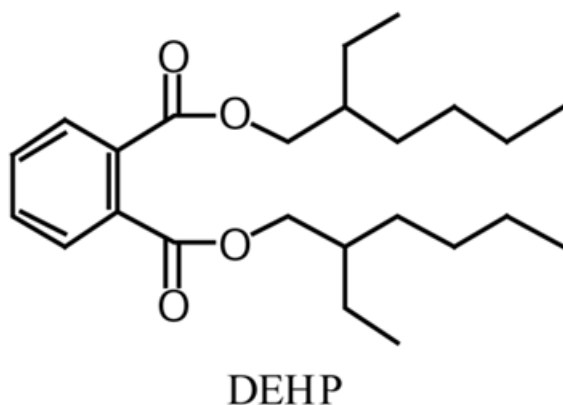
se používá jako změkčovadlo v lacích, elastomerech a výbušninách. Také se uplatňuje jako rozpouštědlo éterických olejů a pryskyřic, může být součástí bezpečnostních skel, tiskárenských inkoustů a adhesiv. DBP je rovněž možné používat jako náhrada pesticidů. Může unikat do prostředí v průběhu průmyslových procesů a může se rovněž uvolňovat z konečných produktů. Patří mezi látky znečišťující ovzduší. Spotřebitelé se mohli s DBP často setkat v lacích na nehty, které byly v prodeji do roku 2005. Na základě rozhodnutí EU byla tato látka v kosmetice zakázána, proto by již laky obsahující DBP neměly být v prodeji (Sun et al., 2016).

3.3.2 Di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP)

Název podle IUPAC: Bis(2-ethylhexyl) ftalát

Molekulární vzorec: $C_{24}H_{38}O_4$

Strukturní vzorec:



Obr. 2 Struktura di-2-ethylhexyl ftalátu (Frederiksen et al., 2007)

Skupenství: olejovitá kapalina

Tlak par: $3,4 \cdot 10^{-5}$ Pa při 20 °C

Rozpustnost ve vodě: 0,0006 – 1,3 $mg \cdot l^{-1}$ při 20 – 25 °C (Herreros et al., 2013)

Di-2-ethylhexyl ftalát je nejčastěji používaným ftalátem pro plastifikaci PVC (Moyer et al., 2012; Ye et al., 2014). Má plastifikační schopnosti, jelikož obsahuje jak polární skupiny, které zajišťují kompatibilitu s polymerem, tak nepolární skupiny, které jsou schopny narušit polární interakce polymerních řetězců. DEHP netvoří kovalentní vazby s PVC, proto se může vyluhovat do okolního prostředí (Wypych, 2012).

Di-2-ethylhexyl ftalát je bezbarvá kapalina, většinou bez zápachu. Rozpouští se snadněji v tucích než ve vodě. DEHP má stejnou základní strukturu jako DBP, DiDP a DiNP, ale má delší, rozvětvené postranní řetězce, z nichž každý má 8 atomů uhlíku (Grossman et al., 2012).

Používá se jako změkčovadlo v plastových výrobcích (např. zdravotnické pomůcky, hadičky, vaky, podlahové krytiny, tapety, obalové materiály včetně potravinových, hračky, ubrusy, koupelňové závěsy, pláštěnky, obuv, drobné součástky v automobilovém průmyslu, spotřební elektronice atd.). V Evropské unii je DEHP z 90 % veškeré spotřeby použit k výrobě měkčeného PVC. V roce 1994 se odhaduje, že bylo vyrobeno 1 – 3 milionů tun DEHP (Pocar et al., 2012).

3.4 Výroba a použití PAE

Ftaláty jsou vyráběny esterifikací kyseliny ftalové a lineárního nebo větveného alkoholu v přítomnosti kyselého prostředí (Hannon et al., 2014). V roce 2005 se nacházely na území EU tři společnosti, které vyráběly DBP (Česká republika, Belgie, Polsko) a 7 společností, které vyráběly DEHP (Česká republika, Francie, Rumunsko, Německo, Švédsko, Itálie, Polsko).

Je obecně známo, že plastifikátory s vyšší molekulovou hmotností mají nižší tendenci migrovat než ty s nižší molekulovou hmotností (Marcilla et al., 2008). Ftaláty s nízkou molekulovou hmotností, jako DMP, DEP a DBP, se používají na výrobu kosmetických přípravků nebo ve farmacii, jako entersolventní povlaky na léčivé tablety. Ftaláty s vysokou molekulární hmotností, jako DEHP, BBP, DOP nachází uplatnění hlavně jako změkčovadla a lepidla. Vzhledem k tomu, že je DEHP vysoce hydrofobní, může se vyluhovat z plastů při kontaktu s krví, krevní plasmou a jinými lipofilními tekutinami. DEHP nachází uplatnění rovněž při výrobě deodorantů, vlasových přípravků, parfémů, dětských plenek a ubrousků (Song et al., 2013). PAE se uplatňují také při výrobě repelentů proti hmyzu, lékařských zařízení a také při výrobě plastových obalových materiálů (Lin et al., 2011). Nevýhodou použití měkčených plastových obalů je, že ftaláty mohou v průběhu skladování migrovat do balených potravin. Jednou z možností snížení expozice člověka ftaláty je eliminace používání těchto obalů (Ejaredar et al., 2015).

Tab. 2 Využití nejčastěji se vyskytujících ftalátů (Heudorf et al., 2007)

Di-ethyl ftalát (DEP)	Produkty pro osobní péči, kosmetika
Benzylbutyl ftalát (BBP)	Vinylové dlaždice, umělá kůže, automobilové čalounění
Di-n-butyl ftalát (DBP)	PVC plasty, latexová lepidla, kosmetika, výrobky pro osobní péči, rozpouštědla
Di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP)	Stavební výrobky, automobilové čalounění, autosedačky, oblečení, obuv, pláštěnky, potravinové obaly, hračky pro děti, zdravotnické prostředky
Di-hexyl ftalát (DHP)	Podlahy, vinylové rukavice
Di-n-octyl ftalát (DOP)	Zahradní hadice, podlahové dlaždice, plachty
Di-isononyl ftalát (DiNP)	Zahradní hadice, podlahové dlaždice, plachty, hračky
Di-isodecyl ftalát (DiDP)	PVC plasty, hračky, umělá kůže

3.5 Výskyt ftalátů v životním prostředí

V důsledku rozsáhlé produkce, vlastností PAE a širokého používání nacházíme různě vysoké koncentrace ftalátů ve všech složkách životního prostředí. Ftalátová změkčovadla nejsou v materiálu pevně vázána kovalentní vazbou, proto se pomalu uvolňují do okolního prostředí těkáním, vyluhováním nebo migrací (Wormuth et al., 2006). Velké množství ftalátů se uvolňuje nejenom během užívání, ale i při nakládání s plastovými odpady – uložení na skládky, spalování (Teuten et al., 2009). Nevhodná likvidace těchto výrobků přispívá k uvolňování PAE do prostředí, kde dochází ke kontaminaci ovzduší, půdního prostředí nebo vodních zdrojů. Dochází tak zhruba k 63% úniku. Hlavní znečišťovanou částí životního prostředí je půda (77 %) a následně voda (21 %) (Hernandez-Diaz et al., 2013).

Další důležité faktory, které rovněž ovlivňují uvolňování látek z plastů, je velikost pórů polymeru a velikost molekuly aditivní látky. Do prostředí přechází snadněji plastifikátory s menší molekulovou hmotností a migraci aditivních látek usnadňují větší póry polymeru (Teuten et al., 2009). Ftaláty jsou silně sorbovány na povrchy, stejně jako jiné semitékavé organické látky. Tyto faktory zvyšují riziko

kontaminace potravinových surovin a potravního řetězce člověka (Weschler a Nazaroff, 2008).

Di-n-butyl ftalát může vznikat v půdách prostřednictvím mikrobiální syntézy. Významnější je však jeho antropogenní původ. V ovzduší ho můžeme zaznamenat buď v plynné fázi, nebo v podobě pevných mikročástic. Plynná fáze v atmosféře rychle reaguje. Doba setrvání plynné fáze v atmosféře je zhruba 1,5 dne (Liu et al., 2016).

Di-2-ethylhexyl ftalát se dostává do životního prostředí prostřednictvím emisí z továren, které vyrábí DEHP nebo jej používají, dále během likvidace odpadu a uvolňováním z plastových výrobků. V nejvyšších koncentracích se proto DEHP nachází v okolí podniků vyrábějící nebo používající DEHP, v okolí podniků nakládajících s plastovými odpady a v okolí skládek (Meruvu et al., 2016).

3.5.1 Vzduch

Ftaláty se mohou v ovzduší vyskytovat buď ve formě par (v případě esterů s nižší relativní molekulovou hmotností), aerosolu nebo vázané na prachové částice. Vzhledem k nízké tenzi par ftalátů je jejich odpařování do ovzduší nepatrné. Větší nebezpečí kontaminace ovzduší hrozí pouze v okolí průmyslových závodů vyrábějící ftaláty nebo plasty a v uzavřených prostorech, kde se nachází výrobky obsahující ftaláty. V těchto závodech nebo v uzavřených prostorech může kontaminace dosáhnout hodnot desítek $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Velíšek a Hajšlová, 2009). Značné riziko kontaminace ovzduší ftaláty představují nemocnice, které používají velké množství plastových infuzních vaků, krevních sáčků, plastových fólií, injekčních stříkaček nebo gumových hadic, které často obsahují ftaláty (Wang et al., 2015).

Při sledování koncentrace esterů kyseliny ftalové v ovzduší čínských nemocnic, byla zjištěna nejvyšší koncentrace PAE ve skladech léčiv ($24,19 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Druhá nejvyšší koncentrace byla naměřena v pokojích s transfuzemi ($21,89 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), na sesternách ($20,66 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), v nemocničních pokojích ($20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a v lékařských kancelářích ($16,92 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Nejnižší koncentrace byly naměřeny na chodbách ($16,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Při porovnání koncentrace ftalátů v porodnicích a v běžných nemocničních pokojích, bylo zjištěno, že koncentrace v porodnicích byly 1,63x vyšší. Z šesti hlavních ftalátů byly zastoupeny zejména DBP, DEHP, DEP, BBP, DMP, a to v množství více než 80 % všech přítomných ftalátů (Wang et al., 2015).

Studie Bornehag et al. (2005) zaměřená na sledování výskytu PAE ve vzorcích prachu 346 švédských domácností zjistila průměrné koncentrace DEP ($0,031 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$

prachu), DBP (0,226 mg.g⁻¹ prachu), DiNP (0,639 mg.g⁻¹ prachu) a DEHP (1,310 mg.g⁻¹ prachu). Při porovnání koncentrací DBP a DEHP v místnostech s podlahovou krytinou z PVC (DBP 0,159 mg.g⁻¹ prachu, DEHP 0,868 mg.g⁻¹ prachu) a bez PVC (DBP 0,133 mg.g⁻¹ prachu, DEHP 0,700 mg.g⁻¹ prachu) byl zjištěn průkazný rozdíl.

Studie Maas et al. (2004) uvádí, že až 14 % celkové hmotnosti modelovacích hmot pro výrobu dekoračních předmětů mohou tvořit ftaláty, zejména pak BBP, DEHP a DOP. Po vypalování modelovacích hmot byly zjištěny koncentrace PAE v ovzduší v rozmezí 32 – 2667 µg.m⁻³ u BBP a 6,05 – 4993 µg.m⁻³ u DEHP.

3.5.2 Půda

Půda obsahuje mnoho perzistentních toxických látek (PTS), včetně polycyklických aromatických uhlovodíků, polychlorovaných bifenyly, esterů ftalátu a dalších. Tyto PTS mají vysokou odolnost vůči degradaci, vysokou bioakumulaci a v neposlední řadě mají toxické vlastnosti (Hongjun et al., 2013).

Mnoho studií se zabývá monitoringem výskytu PAE v půdních složkách. Ve studii Zeng et al. (2009) porovnávali půdní zastoupení 16 PAE (Σ 1,67 – 322 µg.g⁻¹ sušiny) v různých částech městské aglomerace (okraje silnic, nákupní a obytné zóny a parky) na území jižní Číny. Místem nejvyššího výskytu DEHP byly okraje silnic (31,9 µg.g⁻¹ sušiny), dále pak parky (10,4 µg.g⁻¹ sušiny) a obytné plochy (9,22 µg.g⁻¹ sušiny). Zjištěné koncentrace DBP a DMP v půdě v okolí silnic byly 2,56 µg.g⁻¹ sušiny a v parcích 0,92 µg.g⁻¹ sušiny.

Ke kontaminaci zemědělské půdy může docházet prostřednictvím spadu z ovzduší, úniku olejů ze zemědělských strojů nebo častým hnojením organickými hnojivy (Cai et al., 2006). Intenzita organického hnojení významně ovlivňuje koncentraci PAE v zemědělské půdě. Půda, na kterou byla aplikována organická hnojiva po dobu 40 let, obsahovala DBP (1,6 µg.kg⁻¹ sušiny), DEHP (25,0 µg.kg⁻¹ sušiny) a BBP (0,12 µg.kg⁻¹ sušiny), zatímco na zcela nehnojené půdě byla zjištěna koncentrace DBP (2,1 µg.kg⁻¹ sušiny), DEHP (16 µg.kg⁻¹ sušiny) a BBP (0,09 µg.kg⁻¹ sušiny). Nejvyšší hodnoty DBP byly detekovány na plochách po aplikaci hnojiva v dávce 17 tun suché hmoty / ha / rok po dobu 25 let (439 µg.kg⁻¹ sušiny DBP a 1110 µg.kg⁻¹ sušiny DEHP) (Vikelsøe et al., 2002).

Obsah jednotlivých PAE v organickém hnojivu byl monitorován ve studii Cai et al. (2006), kdy koncentrace DMP byla 0,01 mg.kg⁻¹ sušiny, DEP 0,20 mg.kg⁻¹, DBP 0,28 mg.kg⁻¹, BBP 1,05 mg.kg⁻¹ a DEHP 0,53 mg.kg⁻¹.

3.5.3 Vodní prostředí

I přes nízkou rozpustnost ftalátů ve vodě je možný zvýšený výskyt PAE ve vodním prostředí, zejména v případě DEHP, díky schopnosti sorbovat se na organické částice a interagovat s rozpuštěným organickým materiálem, jako jsou huminové kyseliny a fulvokyseliny v půdě. V případě ftalátů dochází spíše k jejich sorpci z vodního prostředí na sediment. Ke kontaminaci vod dochází buď odpadními vodami, pevnými odpady – přímá kontaminace, nebo srážkami – nepřímá kontaminace, a to v rozmezí od desetin až do tisíců $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Předpokládaná environmentální koncentrace (PEC) pro DBP je $0,4 \mu\text{g.l}^{-1}$ a $0,231 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny pro vodu a sedimenty (European Union Risk Assessment Report for DBP, 2004). PEC pro DEHP je Evropskou unií odhadována na $2,2 \mu\text{g.l}^{-1}$ u vod a 34 mg.kg^{-1} sušiny pro sedimenty (European Union Risk Assessment Report for DEHP, 2008). Do vodního prostředí se PAE dostávají zejména vypouštěním vody z čistíček odpadních vod, spadem z ovzduší, průsaky ze skládek, případně haváriemi lodí a tankerů na vodních tocích.

Studie Fromme et al. (2002) zaměřená na kvantifikaci PAE v povrchových vodách několika německých řek a jezer ($n = 115$) detekovala množství DBP v rozmezí $0,12 - 8,80 \mu\text{g.l}^{-1}$ a DEHP $0,33 - 97,8 \mu\text{g.l}^{-1}$ z hloubky $0,2 - 0,5 \text{ m}$ pod hladinou řeky. Hodnoty DEHP naměřené v sedimentu těchto řek byly zaznamenány v rozmezí $0,21 - 8,44 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny a $0,06 - 2,08 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny DBP.

Do povrchové vody se ftaláty dostávají odpadní vodou nebo deštěm (Gasperi et al., 2009). Dargnat et al. (2009) zjišťovali koncentraci ftalátů v řece Seině. Nejvíce zastoupený byl DEHP ($0,160 - 0,314 \mu\text{g.l}^{-1}$). Rozmezí koncentrací $0,067 - 0,319 \mu\text{g.l}^{-1}$ a $0,071 - 0,181 \mu\text{g.l}^{-1}$ zjistili u DBP a di-ethyl ftalátu (DEP).

Zhang et al. (2009) sledovali povrchovou vodu ze 17 oblastí Číny. Celková koncentrace ftalátů se ve vzorcích pohybovala v rozmezí $0,08 - 1,88 \mu\text{g.l}^{-1}$. Nejhojněji zastoupené ftaláty byly di-isobutyl ftalát (DiBP), DBP a DEHP. Adeniyi et al. (2011) ve vzorcích povrchové vody v Nigérii naměřili hodnoty DEP, DBP a DEHP značně převyšující povolené koncentrace pro pitnou vodu předepsané Agenturou pro ochranu životního prostředí (Environmental protection agency – EPA). Zeng et al. (2008) analyzovali vodu a sedimenty čínských jezer na obsah 16 ftalátů. DMP, DEP, DBP, DiBP a DEHP stanovili ve všech vzorcích vody a sedimentu. DBP byl v hojně míře

zastoupen ve vodě (53 – 81 %), zatímco u sedimentu nezjistili významné množství detekovaných ftalátů.

Během sledování výskytu PAE v mořské vodě Severního moře, byl zaznamenán nejvyšší obsah DBP v rozmezí 0,45 – 6,6 ng.l⁻¹ a DEHP 0,52 – 5,3 ng.l⁻¹, dále pak DEP a DMP 0,02 – 4,0 ng.l⁻¹ a BBP <0,01 – 0,26 ng.l⁻¹ (Xie et al., 2005).

V Taiwanské studii Lin et al. (2009) naměřili v říčním sedimentu vysoké koncentrace DEHP (3,81 ± 6,36 mg.kg⁻¹ sušiny) a nejvyšší koncentraci zjistili 20,22 mg.kg⁻¹ sušiny. Z jejich měření vyplynulo, že koncentrace DEHP v sedimentu roste s hustotou populace a průmyslovou aktivitou v dané oblasti.

3.5.4 Výskyt ftalátů v potravinovém řetězci

Potraviny jsou obecně považovány za hlavní zdroj expozice ftalátů. Potraviny mohou být kontaminovány buď primárně v průběhu prvovýroby, v důsledku kontaminace vody, půdy a ovzduší nebo sekundárně v průběhu zpracování a veškeré manipulace s nimi (Du et al., 2016).

Ve studii Wittassek et al. (2011) byly zjištěny vysoké hladiny ftalátů u potravin s vysokým obsahem tuku v důsledku přímého kontaktu se závitovými víčky. Byla potvrzena značná souvislost mezi stupněm kontaminace potravin ftaláty v závislosti na obalech a procentuálním zastoupením tuku zabalené potraviny. S rostoucím obsahem tuku zabalené potraviny rostla migrace PAE.

Zorníková et al. (2010) se zabývali sledováním vlivu mrazírenského skladování kuřecího masa na obsah ftalátů. Migraci ftalátů (DEHP a DBP) z plastového obalu do tkání kuřat během mrazírenského skladování však neprokázali. V této studii byla ve vzorcích svaloviny a vnitřního tuku prokázána zvyšující se koncentrace DEHP v závislosti na době skladování.

Hayashi et al. (2010) zjistili vyšší koncentraci DEHP u rýže z konvenční zemědělské produkce ve srovnání s rýží z organického zemědělství. Příčinu viděli v rozšířeném používání plastových zemědělských fólií v Číně.

Ve studii Sorensen (2006), která se zabývala sledováním syrového kravského mléka na obsah DEHP, byla zjištěna koncentrace DEHP v množství 7 – 30 µg.kg⁻¹ původní hmotnosti. Velmi podobné hodnoty DEHP byly v pasterizovaném a homogenizovaném mléce v množství 13 – 27 µg.kg⁻¹ původní hmotnosti.

Dle výše uvedených studií byly hlavním zdrojem kontaminace potravin ftaláty materiály, se kterými přichází potraviny do přímého styku (Wagner a Oehlmann, 2009).

3.5.5 Obaly jako zdroj kontaminace potravin ftaláty

V průmyslu zaměřeném na výrobu plastových materiálů je v posledních letech kladen důraz na zlepšení kvality a zvýšení odolnosti materiálů proti vyluhování a migraci látek z obalů do potravin (Wagner a Oehlmann, 2009). Existují různé druhy plastových obalů (polykarbonátové, polyethylenové, styrenové, polypropylenové (PP) a další). Ftaláty zlepšují jejich elasticitu, flexibilitu, barvu a odolnost. Nevýhodou je, že může docházet k uvolňování ftalátů do potravin nebo nápojů a mohou negativně ovlivňovat zdraví konzumentů (Fasano et al., 2012).

Materiály, které jsou v přímém styku s potravinou, musí splňovat požadavky dané nařízením komise (EU) č. 10/2011, o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami, které definuje migrační a specifický limit.

Migrační limit (ML) je maximální přípustné množství složek obalu, které se při vyluhovací zkoušce uvolní do potravin, nebo do simulantu potravin vztážené na jednotku plochy plastového obalu nebo jednotku hmotnosti potravin nebo simulantu potravin. Plasty a plastové výrobky nesmějí do potravin uvolňovat svoje složky v množství větším než 60 mg.kg^{-1} potravin nebo potravinového simulantu. Limit celkové migrace na jednotku plochy byl stanoven na 10 mg.dm^{-2} povrchu materiálu nebo výrobku (Nařízení komise (EU) č. 10/2011).

Specifický migrační limit (SML) je nejvyšší povolené množství látky přecházející z obalu do potravin nebo do simulantu. SML je stanoven pro BBP (30 mg.kg^{-1}), DEHP ($1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) a DBP ($0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Nařízení komise (EU) č. 10/2011). Jako potravinový simulant se používá destilovaná voda pro nápoje, 3% roztok kyseliny octové pro kyselé potraviny, 15% roztok etanolu pro alkoholické potraviny a olivový olej pro potraviny bohaté na tuk (Fasano et al., 2012). K překročení povoleného limitu by u obalů, které jsou používány pro balení potravin, nemělo docházet.

Ežerskis et al. (2007) analyzovali 14 PVC těsnících kroužků, 15 vzorků těstovin, vzorky rajčatových omáček, olivového oleje na přítomnost plastifikátorů. DEHP byl přítomen v šesti vzorcích potravin a jeho obsah se pohyboval v rozmezí 2,5 – 8,7 mg.kg^{-1} . Koncentrace DEHP překročila specifický migrační limit ($1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) v pěti případech. Olivový olej skladovaný ve skle a zavíčkovaný skleněným uzávěrem obsahoval $3,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ DEHP, použitý těsnící kroužek přitom žádný DEHP neobsahoval. Kontaminace oleje DEHP pocházela z jiného zdroje.

Podle Chen et al. (2008) roste významně přechod DEHP z PVC obalové fólie do potravin po 3minutovém záhřevu v mikrovlnné troubě.

Migrace ftalátů závisí na mnoha faktorech, jako je například teplota, doba skladování, typ obalů, chemické složení zabalené potravin a jiné (Xue et al. 2010, Muczynski et al., 2012). Na základě chemických a fyzikálních vlastností PAE dochází k jejich uvolňování z obalových materiálů snadněji přes plynnou fázi než pevnou či kapalnou (Fatima et al., 2011).

Cirillo et al. (2013) analyzovali hotová jídla zabalená v plastovém obalu a v hliníkovém nádobí, které se dodávají pacientům v nemocnicích v Itálii. Tyto obaly byly zkoumány z důvodu pravděpodobné migraci DBP a DEHP z obalu do potravin. Byl sledován vliv teploty, doby skladování a typu obalu na migrační proces. Hladiny ftalátů v hliníkovém nádobí byly velmi nízké. Výrazně vyšší množství kontaminujících látek byl zaznamenán v potravinách balených v plastovém obalu, což potvrzuje migraci esterů kyseliny ftalové do potravin. Bylo pozorováno, že v časovém intervalu, kdy se pokrmy uchovávaly horké, byly zaznamenány nejvyšší hodnoty PAE.

Al-Saleh et al. (2011) provedl studii s cílem určit přítomnost ftalátů v 10 různých značek balené vody, které jsou k dispozici na trhu v Saudské Arábii a jsou skladovány v různých podmínkách. Di-methyl ftalát (DMP), di-ethyl ftalát (DEP), di-n-butyl ftalát (DBP), benzylbutyl ftalát (BBP) a di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP) byly detekovány ve všech vzorcích vody. Vzorky mohly být kontaminovány buď z plastových obalových materiálů, nebo během procesu plnění do lahví. Vody v lahvích skladovány při teplotě 4 °C obsahovaly vyšší koncentrace DMP, DEP, BBP a DEHP než ty, které byly skladovány při pokojové a venkovní teplotě. Na druhé straně, koncentrace DMP, DEP a BBP byly významně nižší u balených vod skladovaných při teplotě místnosti, než ty, které byly skladovány při venkovních podmínkách. V této studii bylo potvrzeno, že teplota a sluneční světlo hrají roli v degradaci ftalátů v závislosti na čase. Hladiny BBP byly nejvyšší při skladovací teplotě 4 °C ($4,592 \pm 3,081 \text{ g.l}^{-1}$; rozsah: 1,194 až 21,128 g.l^{-1}). Bez ohledu na podmínky skladování, monitorované vzorky nepřekročily maximální stanovený limit pro DEHP.

3.6 Legislativní požadavky

Legislativní limity na výskyt DBP a DEHP v potravinách a alkoholických nápojích původně stanovené vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 298/1997 Sb., byly zrušeny v roce 2004. V současné době Evropská unie nestanovuje limitní hodnoty na výskyt jednotlivých PAE v potravinách.

Nařízení komise (EU) č. 10/2011, o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami definuje migrační a specifický limit, který musí dodržovat materiály, které jsou v přímém styku s potravinou (3.5.5 Obaly jako zdroj kontaminace potravin ftaláty).

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 38/2001 Sb., ve znění vyhlášky č. 127/2009 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmy povoluje použití DEHP pouze jako změkčovač v materiálech přicházejících do opakovaného styku s beztukovými potravinami nebo jako změkčovač pro technický pomocný materiál v koncentraci 0,1 % v konečném výrobku. Stejně podmínky platí také pro DBP. Pouze u pomocného materiálu smí být použito 0,05 % DBP v konečném výrobku. BBP lze používat jako změkčovač u materiálů pro opakované použití. Dále jako změkčovač v materiálech a výrobcích jednorázového použití přicházející do styku s beztukovými potravinami kromě počáteční a pokračovací kojenecké výživy a jako technický pomocný materiál v koncentracích do 0,1 % v konečném výrobku.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., je prováděcím předpisem zákona č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci v pracovněprávních vztazích. Nařízení zavádí pojem přípustný expoziční limit (PEL) chemické látky v pracovním ovzduší, jimž může být vystaven zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti. NPK-P, tedy nejvyšší přípustné koncentrace chemických látek v pracovním ovzduší jsou koncentrace látek, kterým nesmí být zaměstnanec v žádném časovém úseku pracovní doby vystaven. Toto nařízení stanovuje pro DBP i pro DEHP hodnotu PEL 5 mg.m^{-3} a NPK-P 10 mg.m^{-3} a pro DiNP hodnotu PEL 3 mg.m^{-3} a NPK-P 10 mg.m^{-3} .

3.7 Expozice ftalátů

K expozici člověka ftaláty může dojít orálně (z potravin nebo vody), inhalačně (z ovzduší), dermální absorpcí nebo parenterální aplikací (Wittassek et al., 2011). Díky lipofilnímu charakteru ftalátů může také docházet k akumulaci PAE z krmiva a z prostředí do živočišných tkání, svaloviny a tuku, což vede k dalšímu potenciálnímu ohrožení potravního řetězce a tím i člověka (Bhattacharya et al., 2012; Rhind et al., 2007).

Nejvýznamnější zdroj ftalátů pro průměrného člověka (tělesná hmotnost 70 kg) jsou potraviny, a to zejména ty, které mají vysoký obsah tuku (mléčné výrobky, ryby, maso, oleje), v nichž se ftaláty kumulují. Dalším významným zdrojem PAE je vzduch, kde jsou vázány na aerosol (Picone a Paolillo, 2012). Perorální expozice převažuje u DEHP, a to prostřednictvím potravin, do kterých ftaláty migrovaly z obalů (Jarošová, 2006). Odhaduje se, že se expozice u průměrného člověka pohybuje v rozmezí 3 – 30 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti a den (Latini, 2005).

Akutní toxicita PAE je relativně nízká, ale neustále běžící výroba ftalátů vystavuje populaci chronickému působení (Jarošová et al., 1999). Dlouhodobé účinky na živý organismus jsou předmětem výzkumu v mnoha laboratořích. Při chronickém příjmu vykazují ftaláty teratogenní a karcinogenní účinky a mohou ovlivnit i reprodukční schopnost organismu (Borchers et al., 2010). V krátkodobých nebo dlouhodobých studiích hlodavců byly zjištěny v závislosti na dávce nežádoucí účinky na játra, ledviny a pro vybrané ftaláty také nežádoucí účinky na štítnou žlázu a varlata (Kelley et al., 2012). Významné rozdíly byly detekovány u různých druhů a mezi samci a samicemi. Všechny ftaláty byly negativně testovány na mutagenitu a genotoxicitu. DBP je dle studie Wittassek et al. (2011) nádorpodporující látka a expozice DEHP způsobuje hepatocelulární karcinom u hlodavců spolu s různými hepatocelulárními efekty jako je proliferace peroxizomů a mitochondrií, proliferace jaterní tkáně a suprese apoptózy.

Vzhledem k negativnímu působení PAE na lidské zdraví je nezbytné průnik ftalátů do prostředí regulovat a expozici snižovat (Wittassek et al., 2011).

Ve studii Martine et al. (2013) byla hodnocena expozice člověka ftaláty díky orálnímu a inhalačnímu příjmu. Šest ftalátů (DMP, DEP, DBP, BBP, DEHP, DOP) bylo sledováno v pitné vodě, v potravinách a v ovzduší. Orální příjem ftalátů, díky příjmu potravin, které obsahovaly ftaláty, byl převažující (92 %). Příjem ftalátů z vody

byl způsoben především balenou vodou. Celkový příjem ftalátů byl pro DEHP: 1458 ng.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den, DBP: 191,8 ng.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den, BBP: 164,3 ng.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den, DEP: 107,7 ng.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den a pro DMP: 79,1 ng.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den.

Dle studie Craig et al. (2013) je di-n-butyl ftalát přítomný především v kosmetických a zdravotních výrobcích. Expozice člověka DBP se odhaduje na 1 – 233 μg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den u osob užívající léky potažené DBP a 0,1 – 76 μg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den v pracovně exponovaných skupinách.

V posledních letech došlo k výrazné pozornosti veřejnosti na možné zdravotní rizika spojené s expozicí ftalátů. Tyto obavy vedly k zákonu US Consumer product safety improvement (CPSIA) 2008, který zakázal používání BBP, DEHP a DBP v dětských hračkách a předmětech pro péči o děti. I přes tato opatření, expozice ftalátů u dětí přetrvává, pravděpodobně kvůli všudypřítomnému použití těchto chemických látek v mnoha spotřebních výrobcích (Braun et al., 2013).

Expozice se liší v závislosti na stravovacích návycích, věku, používání produktů pro osobní péči, složení komerčních prostředků, geografické oblasti a koncentraci ftalátů ve vnějším i vnitřním prostředí. Jsou patrné i intra-individuální rozdíly, mezi ženami a muži a mezi dětmi a dospělými jedinci (Starling et al., 2015).

Kojenci mají vyšší denní expozici vůči ftalátům než dospělí, což je dáno jejich nižší tělesnou hmotností. Studie Ejaredar et al. (2015) odhadla, že mezi hlavní zdroje expozice patří potravinářské obaly a plastové hračky. Expozice u kojenců činí 9 μg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den, u batolat 19 μg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den, u dětí 14 μg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den a u dospělých 6 μg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den. Při vysoké expozici ftalátů na vyvíjející se plod a na děti může docházet k nepříznivému ovlivnění jejich vývoje a chování.

Lidé jsou expozici vystaveni během celého života, včetně nitroděložního vývoje (Marie et al., 2015). Příčinou vysoké koncentrace PAE u dětí, zejména DEHP, je kontakt s plastovými hračkami, podlahou a neustálé vkládání rukou do úst. Bylo zjištěno, že koncentrace DEHP je vyšší u žen v reprodukčním věku, než u osob starších. Z hlediska dermální expozice je rozhodující četnost používání kosmetických přípravků, které obsahují DEHP. U žen používající častěji kosmetické přípravky byla detekována vyšší koncentrace PAE. Při srovnání koncentrace PAE u chlapců a dívek, bylo zjištěno, že chlapci mají vyšší hladiny metabolitů DEHP než dívky. Vliv oblasti je rovněž významný: u Jihokorejských chlapců byla detekována vyšší koncentrace DEHP

než u chlapců z Dánska (Song et al., 2013). Při zkoumání moči novorozenců, ihned po narození, byla zjištěna přítomnost ftalátů. Příčinou je transplacentární přechod těchto látek, jelikož placenta netvoří dostatečnou bariéru (Enkea et al., 2013).

Novorozenci mohou být vystaveni expozici PAE prostřednictvím mateřského mléka. Obsah ftalátů v mateřském mléce potvrdila i italská studie, která se zabývala stanovením koncentrace DEHP. Guerranti et al. (2013) zjistili, že průměrná koncentrace DEHP ve zkoumaných vzorcích mateřského mléka byla $10 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Korejská studie Kim et al. (2015) stanovila průměrnou koncentraci DEHP ve vzorcích mateřského mléka v rozmezí $35,4 - 37,7 \mu\text{g.l}^{-1}$. MEP byl rovněž detekován ve všech vzorcích mateřského mléka s průměrnou koncentrací $0,37 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Z důvodu potencionálního rizika na lidské zdraví a životní prostředí byly některé ftaláty zařazeny na seznam prioritních polutantů Evropské unie. Ačkoliv ftaláty nejsou perzistentní látky, v důsledku převahy příjmu nad jejich metabolickou přeměnou, dochází ke kumulaci parentálních sloučenin a metabolitů v těle zvířat i lidí. Tyto látky sice nezůstávají v organismu dlouho, ale mají za dobu přítomnosti v organismu na svědomí závažné zdravotní následky (Heudorf et al., 2007).

3.8 Toxikokinetika a metabolismus PAE

Hlavními vstupy PAE do lidského organismu je perorální, dýchací a dermální cesta. Člověk může být vystaven účinkům ftalátů v důsledku přímého kontaktu nebo prostřednictvím média, do kterého byly ftaláty vyluhovány, a to jak do potravin, nebo například z lékařského vybavení (Bui et al., 2016).

3.8.1 Absorpce

Nejvýznamnější cestou, jak se tyto látky dostávají do organismu je požití, a to zejména prostřednictvím potravin nebo tekutin, ale také prostřednictvím enterální výživy, léčiv nebo doplňků stravy (Fasano et al., 2012).

Studie zabývající se dermální a inhalační absorpcí PAE lidským organismem nejsou z etických důvodů prováděny. V pokusech na potkanech bylo prokázáno, že k absorpci ftalátů kůží dochází rychleji u potkanů než u lidí (Scott et al., 1987).

Jak již bylo uvedeno, lidská kůže přichází do přímého styku s významným množstvím ftalátů prostřednictvím kosmetiky, oděvů, pesticidů, hraček, vosků nebo čisticích prostředků. Absorpce PAE pokožkou závisí na koncentraci, chemické

strukturu, chemických vlastnostech jednotlivých PAE a také na anatomické oblasti. Například schopnost pokožky obličeje absorbovat PAE může být až desetkrát vyšší než schopnost pokožky paže. Studie prokázaly, že rychlost absorpce PAE pokožkou je relativně malá a na rozdíl od kůže hlodavců je lidská pokožka pro PAE mnohem méně propustná. Průměrná rychlost absorpce DBP pokožkou byla u člověka $3,5 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ za hodinu (Hagedorn-Leweke a Lippold, 1995).

Další významnou cestou vstupu PAE do organismu je přímá inhalace kontaminovaného vzduchu. V tomto směru hrají významnou úlohu prachové částice, které mají na svém povrchu adsorbované velké množství toxických látek, včetně ftalátů (Bui et al., 2016).

Becker et al. (2004) uvádí koncentrace DEHP naměřené v prachových částicích v 254 domácnostech. Průměrná hodnota DEHP byla zjištěna v množství $508 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ prachu. Současně byla také měřena koncentrace metabolitů DEHP v moči u dětí z těchto domácností. Korelace mezi úrovní DEHP v ovzduší a metabolitu MEHP v dětské moči nebyla prokázána. Nicméně významná korelace byla prokázána v případě DEP, DBP a BBP, což naznačuje, že inhalace může být významným vstupem do organismu pro ftaláty s nižší molekulovou hmotností (Adibi et al., 2003)

K intoxikaci organismu může docházet také prostřednictvím různých zdravotních pomůcek a vybavení z měkčeného plastu ve zdravotnictví (transfuzní vaky, vaky na nitrožilní tekutinu, kapiláry, dýchací hadičky, a další). Uvolňováním ftalátů z těchto materiálů do prostředí či přímo do nitrožilně aplikovaných tekutin dochází k významné expozici u lidí, kteří jsou odkázáni na pobyt ve zdravotních zařízeních (Bui et al., 2016).

3.8.2 Distribuce a kumulace

V lidském organismu dochází k distribuci metabolitů PAE do většiny orgánů, nejvíce do jater a ledvin. Kůží absorbované ftaláty jsou v organismu distribuovány stejným způsobem jako po perorálním příjmu, tedy z gastrointestinálního traktu (Bu et al., 2016).

Po vstupu do organismu je většina molekuly diesteru ihned hydrolyzována na monoestery, které nevykazují významný lipofilní charakter. Rychlost vstřebávání hydrolyzovaných monoesterů z tenkého střeva je poměrně velká, a to v závislosti na koncentraci přijímaných PAE a aktivitě střevní lipázy. Vzhledem k lipofilnímu charakteru molekuly diesteru jsou ftaláty ukládány do tkání s vyšším obsahem tuku.

Ve studii Daniel a Bratt (1974), kteří prováděli pokus na potkanech, kterým byl podáván perorálně DEHP v denní dávce 1000 a 5000 ppm, zjistili nejvyšší koncentraci DEHP v játrech a abdominálním tuku. Kavlock et al. (2002) pozorovali, že se původní molekula DEHP vyskytovala pouze ve stolici pokusných zvířat (nikoli v moči), což poukazuje na velmi nízkou vstřebatelnost původní molekuly diesteru DEHP z gastrointestinálního traktu.

Některé studie poukazují na výraznou druhovou rozdílnost v absorpci PAE a jejich metabolitů ze zažívacího traktu. Studie Ito et al. (2005) prokázala, že absorpce DEHP ze zažívacího traktu kosmanů a makaků jávských je 10 – 100x nižší než u potkanů.

V tělních tekutinách se metabolity PAE nejvíce nachází v mateřském mléce, plodové vodě, slinách a testikulární tekutině. Transplacentární přenos PAE je v přímé korelaci s jejich koncentrací v těle matky (Mortensen et al., 2005; Sathyanarayana, 2008). Mateřské mléko je nejlepším zdrojem všech důležitých živin pro kojence. Kromě výživové hodnoty plní významné imunologické a vývojové funkce. Mateřské mléko však může být i zdrojem chemických látek, a to zejména těch, které jsou rozpustné v tucích. Nejčastěji se jedná o parabeny, bisfenoly, dioxiny, furany, chlorované cyklodieny, těžké kovy, pesticidy a další organické sloučeniny včetně ftalátů. Obsah chemických látek je ovlivněn globálními faktory, stravou, věkem matky a délkou trvání kojení (Picone a Paolillo, 2012).

V plodové vodě 54 sledovaných žen byla zjištěna maximální koncentrace MBP ($263,9 \text{ ng.ml}^{-1}$), dále pak MEP ($9,0 \text{ ng.ml}^{-1}$) a MEHP ($2,8 \text{ ng.ml}^{-1}$) (Silva et al., 2004). V mateřském mléce odebraném v období 1 – 3 měsíce po porodu byly nalezeny průměrné koncentrace metabolitů PAE: $0,10 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ MMP, $0,95 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ MEP, $9,6 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ MBP, $11,0 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ MEHP a $95,0 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ mono-isononyl ftalát (MiNP) (Main et al., 2006).

3.8.3 Metabolismus

Ftaláty s nízkou molekulovou hmotností podléhají hydrolýze a mění se na potenciálně více bioaktivní monoestery, které jsou vylučovány převážně močí. Tento proces je katalyzován pankreatickými lipasami a esterasami (Johns et al., 2015). U kojenců do věku 6 – 12 měsíců nejsou pankreatické lipasy dostatečně aktivní, jejich aktivitu však mohou zcela nahradit lipasy slinné, žaludeční a lipasy obsažené v mateřském mléce (Picone a Paolillo, 2012).

V případě ftalátů s vysokou molekulovou hmotností je proces degradace složitější, protože podléhají několika biotransformacím, včetně dalších hydroxylací a oxidací. Výslednými produkty mohou být alkoholy, ketony a karboxylové kyseliny. K jejich vyloučení z organismu dochází nejčastěji močí v podobě konjugátů. Druhá fáze je katalyzována enzymem UDP-glukuronyltransferásou (Marie et al., 2015).

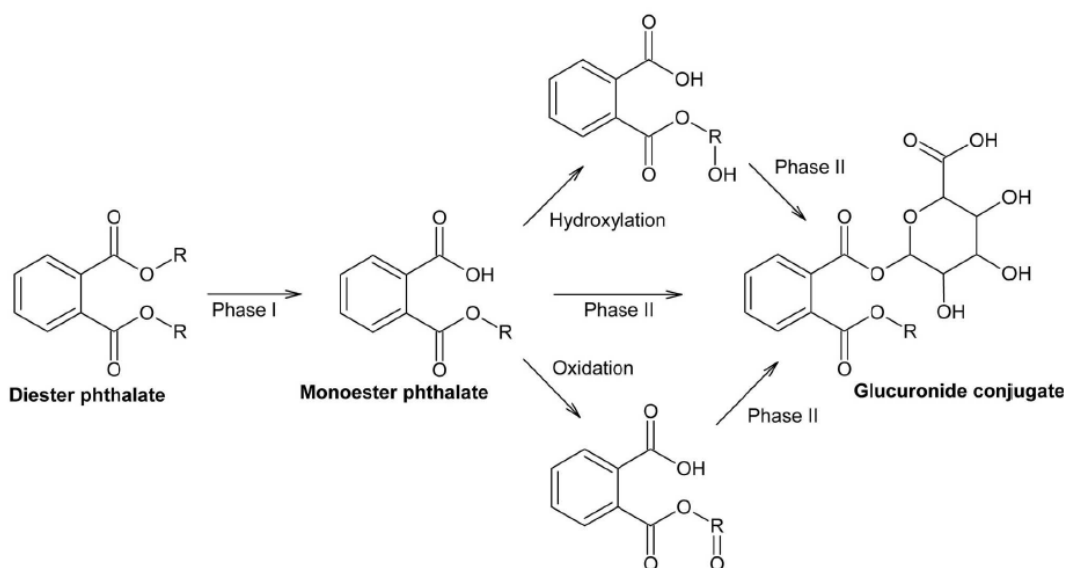
Poločas eliminace PAE u dospělého člověka je 8 – 10 hodin (Picone a Paolillo, 2012). Při sledování rychlosti eliminace DEHP bylo zjištěno, že za 24 hodin se vyloučí 67 % DEHP ledvinami ve formě 5 hlavních metabolitů, 3,8 % DEHP se eliminuje druhý den ve formě čtyř hlavních metabolitů (Tab. 3) (Ventrice et al., 2013).

Tab. 3 Eliminace DEHP ledvinou (Ventrice et al., 2013)

67 % DEHP je vyloučeno ve formě 5 metabolitů za 24 hodin	3,8 % DEHP je vyloučeno druhý den ve formě 4 metabolitů
2-ethyl-5-hydroxy-hexyl ftalát (23,3 %)	2-karboxy-methyl-hexyl ftalát (1,6 %)
2-ethyl-5-karboxy-pentyl ftalát (18,5 %)	2-ethyl-5-karboxy-pentyl ftalát (1,2 %)
2-ethyl-5oxy-hexyl ftalát (15 %)	2-ethyl-5-hydroxy-hexyl ftalát (0,6 %)
Mono-2-ethyl-hexyl ftalát (5,9 %)	2-ethyl-5-oxy-hexyl ftalát (0,4 %)
2-karboxy-methyl-hexyl ftalát (4,2 %)	

Biotransformace ftalátů v organismu probíhá ve dvou fázích: hydrolyza, oxidoredukční reakce, hydroxylace (fáze I) a konjugace (fáze II). Ve fázi I probíhají nejprve hydrolytické reakce, ve které jsou výsledným produktem štěpení primární monoestery kyseliny ftalové (Obr. 3) (Frederiksen et al., 2007).

Následnými oxidoredukčními reakcemi jsou monoestery přeměněny na alkoholy a karboxylové kyseliny. Ve fázi II je část monoesterů a metabolitů fáze I konjugováno přes esterovou vazbu s kyselinou glukuronovou, čímž dochází ke zvýšení rozpustnosti metabolitů a konjugát je tak snáze vyloučen z organismu. PAE s krátkým řetězcem (např. DEP, DMP, DBP, BBP) jsou přednostně vylučovány z organismu močí v podobě monoesterů (Frederiksen et al., 2007).



Obr. 3 Biotransformace ftalátů v organismu (Frederiksen et al., 2007)

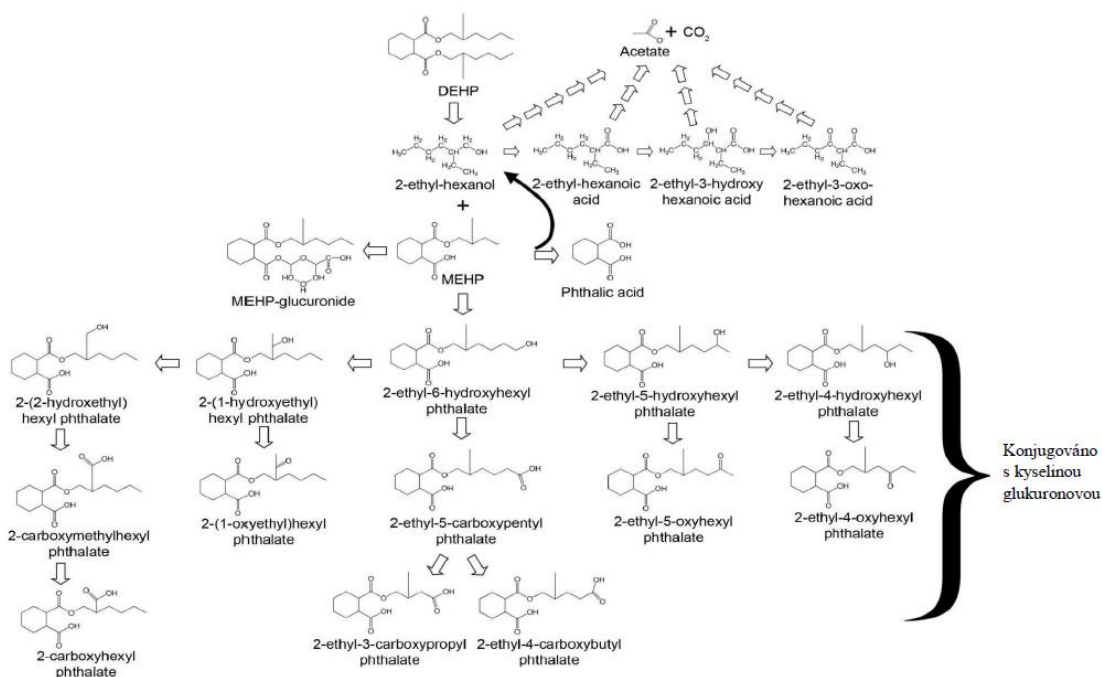
Ve studii Silva et al. (2003) bylo v lidské moči vyloučeno asi 70 % primárního metabolitu MEP v nekonjugované formě. Po jednorázovém podání dávky DBP bylo močí vyloučeno během 48 hodin 80 – 90 % monoesterů (88 % tvořil mono-butyl ftalát (MBP), 8,2 % mono(3-hydroxy-butyl) ftalát a 2 % mono(4-hydroxybutyl) ftalát (Williams a Blanchfield, 1975). PAE s dlouhým řetězcem (např. DEHP, DiNP) prochází také další fází biotransformace jako je hydroxylace, oxidace a konjugace (fáze II). Nejvíce prozkoumaným PAE byl v tomto směru DEHP (Li et al., 2016).

DEHP je po absorpci hydrolyzován na mono(2-ethylhexyl) ftalát (MEHP) a 2-ethylhexanol (2-EH) za katalýzy nescifické střevní lipazy. Část MEHP dále v procesu konjugace reaguje s kyselinou glukuronovou (ve formě uridin 5'-difosfoglukuronidu) za katalýzy enzymu uridin 5'-difosfoglukuronyl transferáza (UGT) a v konjugované formě je vyloučen močí z organismu. Druhá část MEHP je ve fázi I oxidována cytochromem P450, dále alkoholdehydrogenázou (ADH) nebo aldehyddehydrogenázou (ALDH) na dikarboxylovou kyselinu nebo ketony. 2-EH je metabolizován na karboxylovou kyselinu (zejména 2-ethylhexanovou kyselinu, 2-EHA) přes 2-ethylhexanal za katalýzy ADH a ALDH a dále až na dikarboxylovou kyselinu (Ito et al., 2005) (Obr. 4).

Tab. 4 Nejčastěji se vyskytující ftaláty a jejich metabolity v moči (Ejaredar et al., 2015)

Nízkomolekulární – Vysokomolekulární ftaláty	Název ftalátu		Metabolit ftalátu	
	Nízkomolekulární ftaláty	Di-methyl ftalát	DMP	Mono-methyl ftalát
Di-ethyl ftalát		DEP	Mono-ethyl ftalát	MEP
Di-n-butyl ftalát		DBP	Mono-n-butyl ftalát	MBP
	Mono-isobutyl ftalát		MiBP	
Vysokomolekulární ftaláty	Benzylbutyl ftalát	BBP	Mono-benzyl ftalát	MBP
	Di-2- ethylhexyl ftalát	DEHP	Mono-2-ethylhexyl ftalát	MEHP
			Mono-(2-ethyl-5- hydroxyhexyl) ftalát	MEHHP
			Mono-(2-ethyl-5- oxohexyl) ftalát	MEOHP
			Mono-(2-ethyl-5- carboxypentyl) ftalát	MECP
	Di-n-oktyl ftalát	DOP	Mono-(3- carboxypropyl) ftalát	MCPP
			Mono-n-octyl ftalát	MOP
	Di-isononyl ftalát	DiNP	Mono-isononyl ftalát	MiNP
Di-isodecyl ftalát	DiDP	Mono-(carboxynonyl) ftalát	MCNP	

Mezi významné metabolity DEHP patří mono-2-ethylhexyl ftalát (MEHP), mono(2-ethyl-5-hydroxyhexyl) ftalát (MEHHP), mono(2-ethyl-5-oxohexyl) ftalát (MEOHP), mono(2-ethyl-5-karboxypentyl) ftalát (5cx-MEPP) a mono(2-karboxymethylhexyl) ftalát (2cx-MMHP). Koncentrace výše uvedených pěti významných metabolitů DEHP v krevním séru a moči byla sledována v německé studii na lidských dobrovolnících, kterým byla prostřednictvím másla aplikována dávka DEHP v množství: 4,7 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ na den, 28,7 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ na den a 650 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ na den (Koch et al., 2006).



Obr. 4 Schéma metabolismu DEHP v organismu (Rusyn et al., 2006)

Koncentrace hlavního metabolitu MEHP v krevním séru 2 hodiny po podání dávky byla $3,6 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, zatímco koncentrace ostatních metabolitů se pohybovala v rozmezí $0,05 - 0,6 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace ($10 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) byla dosažena po 4 hodinách po podání dávky ftalátů u MEHHP (Koch et al., 2005).

Ve studii Ito et al. (2005) byla sledována rozdílná lipázová aktivita mezi sledovanými druhy pokusných zvířat (myš, potkan, kosman) a mezi jednotlivými orgány každého druhu. Nejvyšší lipázová aktivita byla prokázána u myši, a to v tenkém střevě, dále pak v játrech a ledvinách. Aktivita jaterních enzymů podílejících se na metabolismu ftalátů (alkoholdehydrogenáza, acetaldehyddehydrogenáza) byla naopak nejnižší u myši, zatímco tyto enzymy produkované ledvinami a tenkým střevem vykazovaly vyšší aktivitu u potkanů. Druhou rozdílností stvrzuje i studie Klaunig et al. (2003), ve které byla zjištěna nižší aktivita střevní lipázy a rychlost absorpce DEHP u člověka a ostatních primátů než u hlodavců. Po perorálním podání jednorázové dávky DEHP mužským dobrovolníkům byla měřena koncentrace metabolitů v moči. Po 24 hodinách došlo k vyloučení 67 % metabolitů celkové dávky a dalších 3,8 % bylo vyloučeno následující den. Tato studie poukazuje na rychlou eliminaci DEHP (Koch et al., 2006).

3.9 Negativní zdravotní účinky

Akutní toxicita esterů kyseliny ftalové je nízká. Projevem této toxicity je podráždění gastrointestinálního traktu, nevolnost, spavost, snížení krevního tlaku, závratě, halucinace a poruchy vidění. Z hlediska chronického působení jsou nebezpečnější ftaláty s rozvětveným postranním řetězcem. Při chronickém příjmu vykazují teratogenní a karcinogenní účinky a mohou ovlivnit i reprodukční schopnost organismu (Velíšek a Hajšlová, 2009). Krátkodobé i dlouhodobé studie na hlodavcích prokázaly toxický účinek na játra, štítnou žlázu a varlata. Významné rozdíly v toxických účincích jsou nejen mezi živočišnými druhy a jedinci, ale také mezi samci a samicemi. Žádný z ftalátů není mutagenní nebo genotoxický, ovšem vývojová a reprodukční toxicita je u těchto látek pravděpodobná už při koncentracích vyskytujících se v přírodním prostředí (Heudorf et al., 2007).

Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA) byl stanoven tolerovatelný denní příjem (TDI) pro DBP 0,01, pro BBP 0,5, pro DEHP 0,05, pro DiNP 0,15 a pro DiDP rovněž 0,15 mg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a den (Cao, 2010).

DBP a jeho negativní účinky – hlavní expoziční cestou pro DBP je vdechování nebo požití. DBP může dráždit oční sliznice a horní cesty dýchací. Dlouhodobé testy na zvířatech odhalily celkový pokles tělesné hmotnosti (Sathyanarayana et al., 2014). Oproti tomu došlo k nárůstu hmotnosti plic. Pozorováno bylo i negativní působení na játra. Studie na zvířatech dále prokázala, že zvýšený příjem DBP může negativně ovlivnit vývoj plodu a mužský reprodukční systém. DBP je výrazně toxický pro vodní organismy (Hart et al., 2014).

DEHP a jeho negativní účinky – DEHP je podle studií prováděných na zvířatech známý jako toxická látka poškozující reprodukční schopnosti, způsobující vrozené vady (např. kosterní vady, oční vady, vady nervového seskupení tvořícího základ nervové soustavy staršího embrya), kardiovaskulární problémy a neplodnost (Li et al., 2012). DEHP rovněž poškozuje ledviny a játra (Meeker et al., 2014). K expozici DEHP nejčastěji dochází prostřednictvím potravin, vody, okolního vzduchu a zdravotnických pomůcek vyrobených z PVC (polyvinylchloridu) a měkčených DEHP. Potraviny s vyšším obsahem tuku (olej, mléko, sýry, maso a ryby) obvykle představují výrazně vyšší obsah DEHP než ostatní potraviny, jelikož se DEHP snadno váže na tuk (Liu et al., 2014).

3.9.1 Proliferátory peroxizomů

Ftaláty, které mají rozvětvený postranní řetězec, působí jako proliferátory peroxizomů. Nejvíce poškozeným orgánem bývají játra – dochází k jejich zvětšení (hyperplazii), zvýšení pigmentace, usazování tuku a nárůstu enzymatické aktivity (Lin et al., 2011). Ftaláty interferují s receptory proliferátorů peroxizomů (PPAR) a ovlivňují tak metabolismus lipidů a sacharidů, což vede k metabolickým poruchám (ateroskleróza nebo obezita) (Singh a Li, 2011).

Pomocí buněčných modelů in vivo bylo u MEHP zjištěno, že podporuje oxidaci mastných kyselin, což potvrzuje, že DEHP podporuje vznik obezity. Totéž bylo zjištěno i při testování in vitro (Ventrice et al., 2013).

V roce 1990 Vědecký výbor pro potraviny (SCF – Scientific Committee for Food) sledoval ftaláty, které se používají jako změkčovadla do plastů. Sledované látky byly BBP, DBP, DEHP, DiNP a DiDP. Při sledování těchto látek u zkoumaného organismu (hlodavci), byla nejcitlivější změna peroxizomová proliferace v játrech. Peroxizomová proliferace byla spojena při relativně nízkých dávkách ftalátů s vývojem nádorů jater (EFSA, 2005).

3.9.2 Endokrinní disruptory

Estery kyseliny ftalové patří mezi endokrinní disruptory – interference s metabolismem nebo působením endogenních hormonů, čímž se podílí na porušení homeostázy (Holohan a Smith, 2015). Endokrinní systém je nezbytný pro vývoj pohlavních orgánů a reprodukční funkce (Vélez et al., 2015).

Studie prokázaly, že ftaláty mohou ovlivňovat pubertální vývoj, lipogenezi a homeostázu v energetickém metabolismu. U dívek byl vlivem expozice zaznamenán dřívější nástup puberty. U chlapců bylo zjištěno, že působí jako antiandrogeny a jsou příčinou opožděného nástupu puberty (Zhang et al., 2015).

U vyvíjejícího se mužského reprodukčního systému dochází působením ftalátů k poškození produkce fetálního testosteronu a proteinu podílejícího se na sestupu varlat. U dětí ženského pohlaví mohou způsobovat předčasný vývoj prsní žlázy. Jiné ftaláty (např. DEP) neřadíme mezi endokrinními disruptory (Cao, 2010; Rodgers et al., 2014).

Studie Lee a Koo (2007) potvrdila antiandrogenní účinky u šesti ftalátů: DEHP (a jeho metabolit MEHP), DBP, BBP, DiNP, DiDP. Tyto antiandrogenní účinky se projeví u samců potkanů zejména zkrácením anogenitální vzdálenosti.

Souvislost mezi koncentrací monoesterů MEP, MBP, MEHP v moči a hladinou tyroidních hormonů (tyreotropin (TSH), trijodtyronin (T3), tyroxin (T4) a volný tyroxin (fT4) byla pozorována u skupiny gravidních žen v druhém trimestru. Mírná negativní korelace byla pozorována mezi koncentrací fT4 a T4 a koncentrací MBP v moči (Huang et al., 2007).

K podobným závěrům dospěli také ve studii Wang et al. (2013), kde u 408 mužů měřili koncentraci metabolitů PAE v moči a úroveň hormonů T3, T4 a TSH v krvi. Byla pozorována nepřímá souvislost mezi koncentrací MEHP v moči a koncentrací T3 a T4 v krvi.

3.9.3 Reprodukční toxicita

Expozice vůči některým ftalátům může vyvolat narušení reprodukčního vývoje (Romani et al., 2014; Zhu et al., 2016). Nedávné studie toxicity ukázaly, že zvýšené množství DBP, DEHP a BBP způsobují při vývoji plodu reprodukční poruchy (Sathyanarayana, 2008). Četné studie na laboratorních zvířatech prokazují, že estery kyseliny ftalové, zejména DEHP a DBP, narušují normální vývoj plodu (Marie et al., 2015).

Během testování toxicity na hlodavcích bylo prokázáno, že DEHP u mužů způsobuje atrofii semenotvorných kanálků, malformace nadvarlat, varlat, chámovodu a prostaty, snižuje hmotnost varlat a může být příčinou neplodnosti. Dále indukují abnormální funkci Leydigových buněk, což vede k výraznému snížení syntézy testosteronu (Ventrice et al., 2013). Estery kyseliny ftalové snižují pohyblivost spermií a zvyšují riziko předčasného porodu (Fromme et al., 2011). U žen bylo také prokázáno, že DEHP snižuje produkci estradiolu a progesteronu (Holohan a Smith, 2015).

Ve studii Latini (2005) bylo prokázáno, že metabolit MEHP má až 100x vyšší toxické účinky na embryo než DEHP.

Studie zaměřená na sledování hladiny vybraných hormonů (FSH – folikulostimulující hormon, LH – luteinizační hormon, estradiol, testosteron) u pracovníků profesně vystavených účinkům PAE nebyl zjištěn průkazný rozdíl v produkci FSH, LH a estradiolu v porovnání s kontrolní skupinou pracovníků. V případě testosteronu byla zjištěna průkazně nižší hladina u pracovníků vystavených účinkům PAE ($8,4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu) než u pracovníků neexponovaných ($9,7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu) (Pan et al., 2006).

Studie Hauser et al. (2006) popisuje možné negativní účinky významných metabolitů DEHP na DNA spermií. Ve své studii u 463 dobrovolníků popisuje pozitivní

korelaci mezi koncentrací metabolitů (MEHP, MEHHP, MEOHP) v moči a stupněm poškození DNA spermií. Nebyly však pozorovány průkazné negativní účinky MEHP, MEP, MMP na pohyblivost spermií, koncentraci nebo morfológickou strukturu spermií (Hauser a Calafat, 2005).

Ve studii Cobellis et al. (2003) byla průkazně vyšší hodnota DEHP v plazmě naměřena u gravidních žen s endometriozou ($0,57 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) oproti skupině zdravých těhotných žen ($0,18 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$). Zjištěné hodnoty DEHP a MEHP v plazmě a plodové vodě nebyly průkazně odlišné ($0,37 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$).

Výše uvedené výsledky potvrdili také Reddy et al. (2006), kteří zjistili prokazatelně vyšší hodnoty BBP, DBP, DOP, DEHP v krvi ($0,66 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, $0,44 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, $3,32 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, $2,44 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) ve srovnání s kontrolní skupinou žen bez endometriozy ($0,08 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, $0,12 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, nedetekovaný, $0,50 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$).

I studie Hannon et al. (2015) klasifikuje ftaláty na základě jejich schopnosti narušovat normální reprodukční funkce a hormonální signalizace, jako látky toxické pro reprodukci a endokrinní disruptory.

3.9.4 Teratogenita a karcinogenita

Ftaláty mohou podporovat vznik rakovinotvorného bujení u lidí (Gardner et al., 2016). Při perorální expozici bývá nejčastější nádor pankreatu, hepatocelulární adenom (nezhoubný nádor jater) nebo hepatocelulární karcinom (zhoubný nádor jater). Nedávná epidemiologická studie zjistila pozitivní korelaci mezi koncentrací DEHP v moči a rizikem vzniku rakoviny prsu. Karcinogeneze spočívá ve schopnosti ftalátů ovlivnit aryl hydrokarbon receptor (AhR), po jehož aktivaci a translokaci do jádra je regulována exprese genů. AhR má důležitou funkci při proliferaci a diferenciaci, tedy i při vzniku nádorů (Ventrice et al., 2013).

I studie na zvířecích modelech prokázaly, že DEHP způsobuje rakovinu jater u hlodavců, DEHP, DBP, BBP a několik dalších metabolitů, např. mono-butyl ftalát (MBP), mono-benzyl ftalát (MBeP) a mono-(2-ethylhexyl) ftalát (MEHP) vykazují u zvířat teratogenní účinky (Cao, 2010).

Teratogenní účinky měl BBP v pokusu na potkanech, kterým byla podávána gastrickou sondou denní dávka $0,75 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ po dobu 7 – 9 dní gravidity. Vysoce průkazně se projevíly malformace skeletu plodu, rozštěp páteře a deformity páteře (Ema et al., 1993). Studie Yagi et al. (1980) a Ruddick et al. (1981) rovněž potvrdily negativní zdravotní účinky MEHP na plod myši. Stejně negativní účinky vykazoval také

MBP po podávání denní dávky 500 a 625 mg.kg⁻¹ v pokusu na krysách (Ema et al., 1995).

Ftaláty jsou dle Abdul-Ghani et al. (2012) považovány za neurobehaviorální teratogeny. Teratogenní aktivita DEHP je spojena s oxidačním stresem a poškozením DNA. Bylo prokázáno, že ftaláty způsobují kongenitální malformace a poškozují hlavní biochemické markery, což vede ke vzniku poruch životně důležitých orgánů. Vrozené malformace, rozštěpy a další defekty břišní stěny vznikají především při expozici DBP v počátečních fázích embryonálního vývoje. Vliv na vznik těchto defektů má pokročilý věk matky a genetické predispozice. Je prokázána korelace mezi expozicí ftaláty a vývojovými poruchami pozornosti a chování.

3.9.5 Alergie a astma

Epidemiologické studie potvrzují, že ftaláty mohou způsobit astma a alergie (Gong et al., 2015). Zvýšené riziko alergických projevů a snížená odolnost vůči infekcím může být způsobena vlivem prenatální expozice ftaláty, a to zejména DEHP. K alergickým a dýchacím potížím (bronchitidy, plicní infekce, astma) jsou náchylnější dívky než chlapci. Mechanismus, kterým ftaláty ovlivňují imunitní systém, však není zcela známý. Předpokládá se, že spočívá v produkci povrchově aktivních proteinů v plicích (Gascon et al., 2014).

Ve studii Sathyanarayana (2008) bylo prokázáno, že i nízké dávky ftalátů zvyšují výskyt alergií, astmatu a atopických ekzémů. Dle Ventrice et al. (2013) bývá příčinou postižení dýchacích cest většinou inhalační expozice.

V domácnostech s dětmi, které vykazují symptomy dušnosti, astmatu a dýchacích potíží byl zaznamenán prokazatelně vyšší výskyt DEHP v ovzduší (1,24 mg.g⁻¹ prachu) oproti ostatním domácnostem (0,86 mg.g⁻¹ prachu) (Kolarik et al., 2008).

Studie Braun et al. (2013) prováděna v Asii, Evropě a Spojených státech prokázala, že expozice di-2-ethylhexyl ftalátu a benzylbutyl ftalátu může zvýšit riziko vzniku alergických onemocnění, včetně astma a ekzému u dětí.

3.9.6 Autismus

Autismus patří mezi poruchy nervového vývoje, na kterých se kromě genetických vlivů podílí i vlivy vnější. Všudypřítomné ftaláty patří mezi rizikové faktory pro vznik tohoto onemocnění. Za účelem zjištění vztahu mezi autismem a ftaláty byla provedena studie,

zaměřená na koncentraci primárních a sekundárních metabolitů DEHP. U pacientů trpících autismem byly zaznamenány vyšší koncentrace MEHP ve srovnání s kontrolní skupinou (Ventrice et al., 2013).

3.10 Rizikové skupiny

Dopady neustálé expozice, obzvláště v kombinaci s látkami podobného účinku, by se neměly, obzvláště během citlivých období vývoje, podceňovat (Kim et al., 2009).

Vedle rozsáhlé expozice ftaláty v obecné populaci, existují další specifické skupiny obyvatelstva, které jsou expozici daleko více vystaveny. Dlouhodobá léčba tablety obsahující ftaláty může mít za následek velmi vysoké a stabilní vystavení DEP a DBP. Lékařské procedury používající zdravotnické prostředky z PVC mohou vést k expozici DEHP. Rozsah expozice do značné míry závisí na druhu a trvání léčby. U dospělých mohou být vysoké dávky DEHP (dosahující až do několik $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti a den) způsobeny transfuzí krevních složek. Bylo také prokázáno, že předčasně narození novorozenci v intenzivní péči mohou být vystaveni vyšším koncentracím DEHP ve vztahu k jejich tělesné hmotnosti. Nejvíce ohroženou skupinou jsou tedy novorozenci (Wittassek et al., 2011).

Na základě komplexních poznatků o negativních účincích ftalátů na živé organismy a výsledků o výskytu ftalátů v prostředí a potravním řetězci je nutné pokračovat v monitorování surovin a potravin na rezidua DEHP a DBP. Vhodným indikátorem kontaminace DEHP a DBP jsou tukové tkáně (podkožní tuk prasat, ledvinový tuk skotu) a svalovina. Je rovněž nutné sledovat hladiny DEHP a DBP v krmivech a krmných směsích určené pro výživu zvířat (Api, 2001).

V důsledku toho, že se ftaláty neustále uvolňují do životního prostředí pomocí migrace, odpařování, vyluhování a otěru, je obyvatelstvo široce a nepřetržitě vystaveno těmto toxickým látkám (Krotz et al., 2012).

3.11 Regulační opatření týkající se využití ftalátů

Vzhledem k obavám z toxicity ftalátů, byla přijata regulační opatření na omezení jejich používání v některých spotřebních výrobcích (kosmetika, dětské hračky) a zdravotnických prostředcích. Ftaláty mohou být nahrazovány alternativními látkami, které nemají negativní vliv na zdraví člověka, např. silikon, polyetylen nebo polypropylen, a vyznačují se nízkou úrovní migrace a s nízkou volatilitou (Zhang et al.,

2013). Široká paleta molekul platformy pochází z obnovitelných zdrojů a jejich odpadů, které nabízejí mnoho různých struktur, a to z hlediska funkcí (di-, tri-, tetra-, a penta-funkční molekuly) a molekulové hmotnosti (molekulární, oligomer a polymer). Výzva týkající se úplného nebo částečného nahrazení ftalátů alternativními změkčovadly je velmi atraktivní. V současné době je mnoho publikací, které se věnují možnosti použití změkčovadel odvozených z rostlinných olejů (epoxidované oleje, glycerol a cardanol), cukerných alkoholů, esterů (sorbitol, xylitol) a citrátů. Jak z těchto přírodních látek vyrobit účinné změkčovadla je nyní dobře známo, nicméně, náklady na výrobu alternativních změkčovadel jsou vyšší (Johns et al., 2015). Tato změkčovadla zatím ještě nedosáhly požadovaných cílů z hlediska přínosů, jelikož jejich schopnost plastifikace je ve srovnání se syntetickými změkčovadly o něco nižší (Bocqué et al., 2016).

Podle studie provedené v Německu a ve Spojených státech je v posledních letech patrný pokles koncentrace ftalátů v lidském organismu. V případě DEP byl zaznamenán pokles o 42 % od roku 2001 do roku 2010. Větší pokles byl zaznamenán u dospělých a dospívajících osob ve srovnání s dětmi. Koncentrace BBP rovněž poklesla. Naopak je tomu v případě DiBP, u kterého je trend expozice vzrůstající. Příčina vyšší koncentrace DiBP může být způsobena používáním v některých výrobcích jako náhrada DBP. Koncentrace DEHP ve vzduchu vzrostla, a to zejména v průmyslových oblastech vyrábějící plasty (Johns et al. 2015).

V neposlední řadě je nutno zmínit, že, i když se poptávka po alternativních produktech neustále zvyšuje, je potřeba objasnit hlubší charakteristiku jejich toxicity, jelikož přírodní alternativní změkčovadla nemusí být vždy netoxické (Bocqué et al., 2016).

3.12 Metody stanovení ftalátů

Analýza ftalátů v potravinových matricích bývá často obtížná. Příčinou je jejich velmi nízká koncentrace v potravinách, někdy i nižší než je mez detekce, složitost potravinové matrice a v neposlední řadě jejich ztráta v průběhu přípravy nebo skladování vzorků (Yang et al., 2015).

Značným problémem při detekci esterů kyseliny ftalové v biologických vzorcích je možnost sekundární kontaminace, protože jejich výskyt v prostředí je ubikvitární. Vzhledem k jejich všudypřítomnosti je nezbytná předběžná úprava použitých chemikálií

a materiálů, které by mohly být zdrojem kontaminace. Úprava se provádí pomocí detergentu a vody s následným propláchnutím hexanem. Pro snížení obsahu ftalátů v použitých rozpouštědlech je vhodná destilace. Dalšími zdroji kontaminace mohou být latexové a vinylové rukavice, které by během analýzy neměly být používány (Fromme et al., 2011). Je tedy potřeba vyvarovat se používání plastového materiálu a výrobků osobní hygieny, které obsahují ftaláty (Yang et al., 2015).

Pro detekci PAE je nutné použití vysoce citlivých a přesných analytických metod. Pro analýzu se používají různé typy biologických vzorků. Ftaláty nebo jejich metabolity se nejčastěji detekují v moči, dále v krvi, ve slinách, v potu, ve spermatu, v plodové vodě nebo v mateřském mléku. Naměřené koncentrace jsou v těchto vzorcích ve srovnání s močí mnohem nižší (Johns et al., 2015).

Pro detekci ftalátů jsou využívány chromatografické metody, a to plynová (GC: gas chromatography) a vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC: high performance liquid chromatography). Nejpoužívanější metoda pro detekci ftalátů ze vzorků tukových maticí potravin je plynová chromatografie s hmotnostní detekcí (GC-MS). Plynová chromatografie se vyznačuje vyšší citlivostí oproti HPLC. Také v případě detekce jednotlivých PAE ve vzorcích vody a sedimentu lze použít GC. PAE absorbují UV záření, proto lze detekci provádět pomocí UV (Wang et al., 2007) nebo DAD detektoru (diode array detector) (Shen et al., 2007). Vlnová délka, při které ftaláty absorbují elektromagnetické záření, se pohybuje v rozmezí 202 – 280 nm.

3.12.1 Plynová chromatografie

Plynová chromatografie je nejrozšířenější analytická metoda pro stanovení ftalátů. Tato metoda se uplatňuje u látek, které mají dostatečný tlak syté páry, jsou tepelně stálé a jejich molekulová hmotnost je menší než 1000. Mezi nejčastěji stanovované látky patří plyny, většina nedisociovaných kapalin, pevných organických molekul a organokovových látek. Není však vhodná pro separaci organických a anorganických solí a makromolekul (Klouda, 2003).

Mobilní fází je nosný plyn – nejčastěji helium o čistotě 99,999 % a průtokové rychlosti 1 ml.min⁻¹ (Du et al., 2016). Vzorek se do kolony vstříkuje při nízké teplotě takovým způsobem, aby bylo zabráněno kontaminaci. Následuje rychlý ohřev na 250 – 300 °C, čímž dojde k odpaření vzorku (Stanley et al., 2003). S rozvojem plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií a zejména s příchodem křemenných kapilárních kolon, se zvýšila jejich účinnost. Vzhledem k nízké molekulové hmotnosti,

relativně nízké polaritě a nízké tepelné stabilitě ftalátů je využití plynové chromatografie, pro identifikaci a kvantifikaci PAE ze vzorků potravin velmi vhodné. Plynová chromatografie pro detekci PAE se také hojně využívá, vzhledem k velmi citlivým detektorům umožňují detekovat i ultrastopové koncentrace (Yang et al., 2015).

3.12.2 Vysokoučinná kapalinová chromatografie

Mezi další metody stanovení ftalátů patří vysokoučinná kapalinová chromatografie, která byla od roku 1990 hojně využívána, a to zejména díky její schopnosti analyzovat tepelně nestabilní a netěkavé organické sloučeniny. Pro zajištění maximální účinnosti je nezbytné zvolit vhodnou mobilní fázi – nejčastěji metanol s malým množstvím kyseliny mravenčí nebo octové. Pro analýzu ftalátů se většinou využívá gradientová eluce – během analýzy lze měnit složení mobilní fáze. Pro detekci se dříve využívaly UV-VIS nebo diodové detektory, ale pro jejich nedostatečné výsledky, byly nahrazeny hmotnostními spektrometry – HPLC-MS (Yang et al., 2015).

Princip hmotnostního spektrometru spočívá v analýze iontů kvadrupólovým analyzátozem nebo iontovou pastí. Uplatňuje se při identifikaci neznámých složek – pro každou složku lze získat její hmotnostní spektrum na základě porovnání těchto informací s knihovnou spekter sloučenin uloženou v počítači. Aby separace byla účinná, je nutné použít optimální množství malých zrníček sorbentu, které postupující kapalině kladou dostatečný odpor. Je nutné pracovat při vysokém tlaku až 35 MPa (Klouda, 2003).

Ve srovnání s GC-MS má HPLC-MS menší účinnost, zřejmě kvůli možným zdrojům kontaminace, jako jsou filtry nebo mobilní fáze. Její další nevýhodou jsou vysoké náklady a složité ovládání (Yang et al., 2015).

3.12.3 Méně využívané metody

Elektrokinetická chromatografie je velmi vhodná pro detekci DBP a DEHP v nealkoholických nápojích. Vzorky se ředí roztokem dodecylsulfátu sodného a jsou přímo analyzovány bez předčištění.

Chemiluminiscence se využívá pro stanovení DBP ve víně (Yang et al., 2015).

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Materiál

4.1.1 Chemikálie

Standardy di-n-butyl ftalátu a di-2-ethylhexyl ftalátu byly dodány firmou Supelco (USA). Všechna použitá organická rozpouštědla dosahovala čistoty p.a. ($\geq 99,9$ %). Acetonitril určený pro HPLC analýzu dosahoval čistoty HPLC gradient grade. Aceton, n-hexan byl zakoupen od firmy Penta (Praha, Česká republika) a acetonitril od firmy Sigma-Aldrich, s.r.o. (Praha, Česká republika). Organická rozpouštědla dichlormethan, cyklohexan byla dodána firmou LachNer (Neratovice, Česká republika). Koncentrovaná kyselina sírová, která dosahovala čistoty min. 95 %, byla dodána firmou Lach-Ner s.r.o. (Česká republika). Deionizovaná voda byla vyrobena na přístroji Demiwa ros (Vatek, s.r.o.) na Ústavu technologie potravin. Dusík byl dodán firmou SIAD (Rajhradice, Česká republika).

4.1.2 Přístroje a pomůcky

Analytické váhy (ABJ 220-4M, Kern&Sohn GmbH, Německo)

Centrifuga (Hettich-Zentrifugen D-78532 Tuttlingen-universal 32R, Německo)

Filtrační materiál (Papírna Perštejn s.r.o., Česká republika)

Lyofilizátor (Pragolab Alpha 1-2 LD plus, Christ, Německo)

Mixér (Catler Food procesor 8010, Austrálie)

Rotační vakuová odparka (RVO 05-ST, IKA Werke GmbH&Co KG, Německo)

Suchý termostat pro odpařování rozpouštědel ze vzorků – Evaterm (Labicom s.r.o., Česká republika)

Třepačka (GFL 3005, GFL Gesellschaft für Labortechnik mbH, Německo)

Ultrazvuková lázeň PS 10000 (Notus-Powersonic s.r.o., Slovensko)

Vortex (MS2, IKA Werke GmbH& Co KG, Německo)

Zařízení pro GPC: gel permeation chromatography (ECOM spol. s.r.o., ČR):

Pumpa: izokratická LCP 400

Detektor: spektrofotometrický LCD 2083

Kolona: MAG 3 10 x 500 mm 45

Náplň: Bio-Beads S-X3, 200-400 mesh

Mobilní fáze: dichlormetan : cyklohexan (1 : 1)

Zařízení pro HPLC (Agilent Technologies 1100 Series, Německo):

Pumpa: izokratická

Kolona: Zorbax Eclipse XDB-C8, rozměry 150 x 4,6 mm, velikost částic 5 μm (Agilent Technologies, USA)

Detektor: UV-detektor

Vlnová délka: 224 nm

Autosamplér: injekčně odebírá z vialek v definovaném čase 10 μl

Celková doba jedné analýzy: 16 minut

Mobilní fáze: acetonitril (100%)

Průtok: 0,8 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$

Program: AgilentChemstationfor LC and LC/MS systems

4.1.3 Obalový materiál

Pro analýzu di-n-butyl ftalátu a di-2-ethylhexyl ftalátu byly použity vzorky obalů, které se používají na balení masných výrobků.

V *pokus 1* (IGA 2014) bylo sledováno 80 vzorků obalů, které byly analyzovány duplicitně (160 analýz). V *pokus 2* (IGA 2015) bylo rovněž analyzováno 80 vzorků obalů a provedeno 160 analýz (vzorky analyzovány duplicitně). Celkem bylo analyzováno 160 vzorků obalů a provedeno 320 analýz (vzorky analyzovány duplicitně).

Vzhledem k výskytu PAE v potiskových barvách byly sledovány potištěné a nepotištěné části obalů, s cílem zjistit, zda potištěná část obsahuje vyšší množství ftalátů. Bylo sledováno 52 obalů, které byly analyzovány duplicitně (104 analýz).

Všechny obaly masných výrobků byly analyzovány v chemické laboratoři na Ústavu technologie potravin, Mendelovy univerzity v Brně.

4.1.4 Dílo a masné výrobky

Pro sledování migrace di-n-butyl ftalátu a di-2-ethylhexyl ftalátu z obalů do masných výrobků byl v poloprovozních podmínkách na Ústavu technologie potravin vyroben modelový masný výrobek typu „Gothajský salám“. V *pokus 1* byl vyroben modelový

masný výrobek s 30% tučností a v pokusu 2 masný výrobek s 10%, 30% a 50% tučností.

4.1.4.1 Výroba modelového masného výrobku typu „Gothajský salám“

Dílo masných výrobků bylo vyrobeno a následně plněno do obalů (Obr. 5 – 6) v poloprovozních podmínkách na Ústavu technologie potravin, Mendelovy univerzity v Brně. Pro sledování migrace ftalátů z obalů do masných výrobků byly vybrány obaly, které dle předchozí analýzy obsahovaly vyšší koncentrace detekovaných ftalátů.



Obr. 5 Výroba modelového masného výrobku typu „Gothajský salám“

V *pokusu 1* bylo analyzováno 80 vzorků obalů masných výrobků. Pro sledování migrace ftalátů z obalů do masných výrobků bylo z této skupiny vzorků vybráno 5 obalů. Jednalo se o textilní barevné obaly s potiskem, které byly určeny pro balení vařených masných výrobků. Do těchto obalů bylo plněno dílo, které obsahovalo 30 % tuku. Byla provedena analýza díla ($n = 6$) před balením výrobku a analýza masného výrobku po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování, vždy v šesti opakováních. Pro každý obal bylo vyrobeno 30 vzorků masných výrobků. Celkem bylo vyrobeno a zabaleno 150 vzorků. Masné výrobky byly skladovány při teplotě 4 °C.

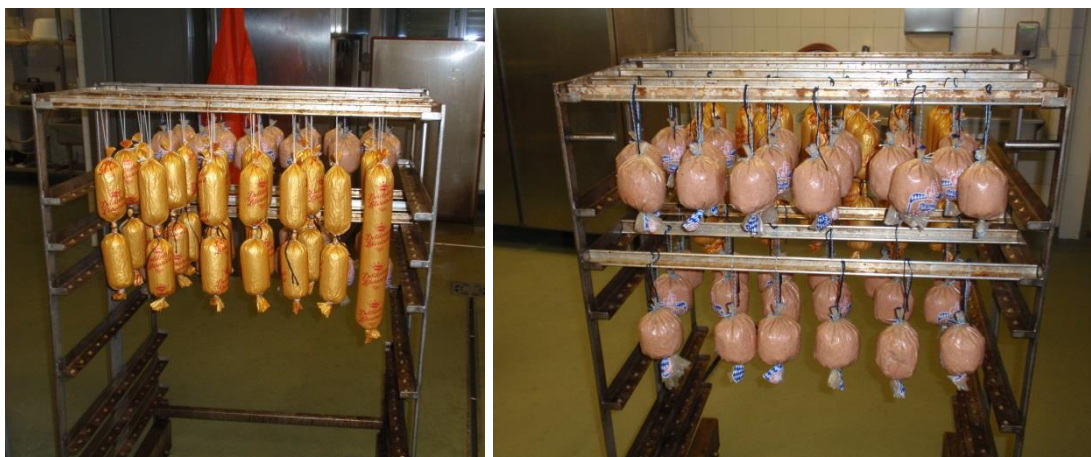


Obr. 6 Výroba a skladování modelového masného výrobku typu „Gothajský salám“



Obr. 7 Kontrola teploty a následné šokové chlazení modelového masného výrobku

V pokusu 2 bylo analyzováno 80 vzorků obalů masných výrobků. Pro sledování migrace ftalátů z obalů do masných výrobků bylo z této skupiny vzorků vybráno 5 obalů. Jednalo se o 4 plastové obaly s potiskem a 1 celulósový obal s potiskem. Do těchto obalů bylo plněno dílo, které obsahovalo 10 %, 30 % a 50 % tuku. Byla provedena analýza díla ($n = 18$, tj. $n_{10\% \text{ tuku}} = 6$ vzorků, $n_{30\% \text{ tuku}} = 6$ vzorků, $n_{50\% \text{ tuku}} = 6$ vzorků) před balením výrobku a analýza masného výrobku po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování, vždy v šesti opakováních. Pro každý obal bylo vyrobeno 30 vzorků salámů s danou tučností (30 vzorků s 10 % tuku, 30 vzorků s 30 % tuku a 30 vzorků s 50 % tuku; celkem 90 vzorků). Celkem bylo vyrobeno a zabaleno 450 vzorků (150 vzorků s 10% tučností, 150 vzorků s 30% tučností a 150 vzorků s 50% tučností). Vzorky byly skladovány při teplotě 4 °C.



Obr. 8 Vzorky modelových masných výrobků typu „Gothajský salám“

Analýza masných výrobků probíhala v chemické laboratoři na Ústavu technologie potravin, Mendelovy univerzity v Brně.

4.2 Metody

4.2.1 Stanovení PAE v obalových materiálech

Stanovení DBP a DEHP v obalových materiálech bylo provedeno dle metody Gajdůšková et al. (1996). Laboratorní sklo a pomůcky byly po umytí a vypláchnutí destilovanou vodou 3x vymývány hexanem. Dekontaminace filtračních papírů byla provedena luhováním 3x po 24 hodinách v acetonu.

Příprava vzorků před extrakcí – z každého obalu byl odebrán reprezentativní vzorek o velikosti 1 dm², který byl následně analyzován duplicitně. Odebraný vzorek byl nastříhán na malé kousky a převeden do Erlenmayerových baněk.

Extrakce organickými rozpouštědly – vzorky byly louhovány ve směsi rozpouštědel n-hexan : dichlormethan (1 : 1) po dobu 72 hodin a následně třikrát extrahovány pomocí směsi rozpouštědel n-hexan : dichlormethan (1 : 1). První extrakce probíhala 60 minut, druhá a třetí po 30 minutách. Spojené extrakční podíly byly přefiltrovány, odpařeny na rotační vakuové odparce při teplotě 40 °C a dosušeny dusíkem. Poté byl extrakt převeden pomocí hexanu (2 + 2 + 1 ml) do vialek a uchován v chladničce pro další zpracování.

Odstředování vzorků pomocí centrifugy – získaný extrakt byl v závislosti na barevnosti analyzovaných vzorků různě zbarvený. Pokud byl získaný extrakt mírný zakalený, byl odstředěn pomocí centrifugy po dobu 10 minut při 1000 otáčkách za minutu při 4 °C. Poté se odebrala horní část extraktu (1,5 ml) do vialky a dosušila se do sucha. Extrakt se znovu odstředil při stejných podmínkách, opět se odebralo 1,5 ml horní vrstvy extraktu, která se dosušila do sucha a následně se vialka doplnila acetonitrem na objem 1 ml. Extrakty, které byly zakalené nebo zbarvené, byly odpařeny pomocí dusíku na objem 1 ml a přečištěny koncentrovanou kyselinou sírovou. Pokud byl extrakt čirý, tak se celý extrakt postupně převedl do vialky, dusušil se do sucha a přidal se acetonitril pro konečné měření.

Čištění koncentrovanou kyselinou sírovou – hexan byl z vialky odpařen dusíkem na objem 1 ml a byl přidán 1 ml koncentrované kyseliny sírové. Vialka byla ponechána 10 minut na třepače a poté došlo k odstředění na centrifuze po dobu 10 minut při 1000 otáčkách za minutu při 4 °C. Horní frakce hexanu byla odebrána Hamiltonovou stříkačkou a odstraněna. Do vialky byly následně přidány 2 ml 65% kyseliny sírové a 1 ml hexanu. Následovalo 10 minut třepání na třepače a 10 minut odstředění na centrifuze při stejném programu, následně byla oddělená horní hexanová fáze převedena do vialky. Celý tento postup byl opakován ještě dvakrát, a to se stejným objemem hexanu. Třikrát odebraná hexanová fáze byla odpařena pomocí dusíku. Do vialky byl následně přidán acetonitril a vzorek byl připraven na HPLC analýzu.

4.2.2 Stanovení PAE v díle a v masných výrobcích

Analýza DBP a DEHP v díle a masných výrobcích byla provedena dle metody Jarošová et al. (1999). Laboratorní sklo a pomůcky byly po umytí a vypláchnutí destilovanou vodou 3x vymývány hexanem. Dekontaminace filtračních papírů byla provedena luhováním 3x po 24 hodinách v acetonu.

Příprava vzorků před extrakcí – celé vzorky Gothajského salámu (350 – 400 g) byly homogenizovány, byl odebrán reprezentativní vzorek a následně byly vzorky naváženy dle obsahu tuku do aluminiových misek (20 – 30 g) a v mikroténových sáčcích uchovávány v mrazničce při teplotě -18 °C. Postupně byly zmrazené vzorky lyofilizovány přístrojem PradolabAlpha 1-2 LD plus při vakuu 0,080 mBar, po dobu 36 hodin.

Extrakce organickými rozpouštědly – lyofilizované vzorky byly převedeny do Erlenmayerových baněk a třikrát extrahovány směsí n-hexanu a acetonu v poměru 1 : 1. První extrakce trvala 60 minut, druhá a třetí po 30 minutách. Spojené přefiltrované extrakty byly zakonzentrovány vakuovou rotační odparkou při teplotě 40 °C a poslední zbytky rozpouštědel byly odstraněny proudem dusíku.

Separace ko-extraktů od ftalátů s využitím GPC (Obr. 9) – kolona byla před a po separaci promývána alespoň 30 minut mobilní fází při průtoku 0,2 ml.min⁻¹. Promývání kolony následovalo také po průchodu každého vzorku. Standardy DEHP a DBP byly rozpuštěny v acetonitrilu. Po promývání kolony bylo odebráno 1 ml z každého standardu o požadované koncentraci a přeneseno do vialky. Acetonitril byl odpařen proudem dusíku a doplněn na 2 ml mobilní fází dichlormetan : cyklohexan (1 : 1). Nástřík standardů probíhal při průtoku 1 ml.min⁻¹ a odezvou detektoru byla zjištěna doba, ve které je nutno odebírat požadovanou frakci s ftaláty.

Do vialek o objemu 5 ml bylo naváženo 0,5 g extrahovaného tuku a doplněno do 2 ml roztokem mobilní fáze. Směs byla promíchána vortexem a plynotěsnou injekční stříkačkou byl proveden nástřík 1 ml vzorku na kolonu při průtoku 1 ml.min⁻¹. Do srdcové baňky byla zachycena frakce obsahující DEHP a DBP (zjištěno z nástříku standardů). Zachycená frakce obsahující ftaláty byla zkoncentrována na vakuové rotační odparce při 40 °C a zbytky mobilní fáze byly odstraněny proudem dusíku. Trojnásobným promytím baňky hexanem bylo zajištěno kvantitativní převedení vzorku do vialek.



Obr. 9 Separace ko-extraktů od ftalátů pomocí gelové permeační chromatografie

Čištění koncentrovanou kyselinou sírovou – hexan byl z vialky odpařen dusíkem na objem 1 ml a byl přidán 1 ml koncentrované kyseliny sírové. Vialka byla ponechána 10 minut na třepačce a poté došlo k odstředění na centrifuze po dobu 10 minut při 1000 otáčkách za minutu při 4 °C. Horní frakce hexanu byla odebrána Hamiltonovou stříkačkou a odstraněna. Do vialky byly následně přidány 2 ml 65% kyseliny sírové a navíc 1 ml hexanu. Následovalo 10 minut třepání na třepačce a 10 minut odstředění na centrifuze při stejném programu, kdy oddělená horní hexanová fáze byla převedena do vialky. Celý tento krok byl opakován ještě dvakrát, a to se stejným objemem hexanu. Třikrát odebraná hexanová fáze byla odpařena proudem dusíku. Ftaláty zbylé ve vialce byly rozpuštěny v acetonitrilu a připraveny na HPLC analýzu.

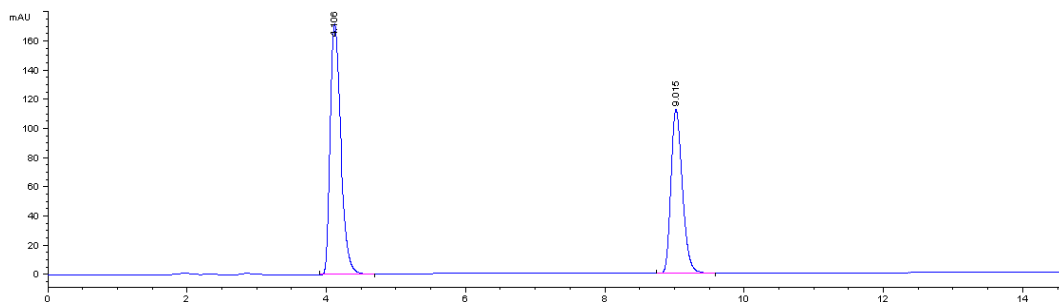


Obr. 10 Přechišťování vzorku pomocí koncentrované kyseliny sírové

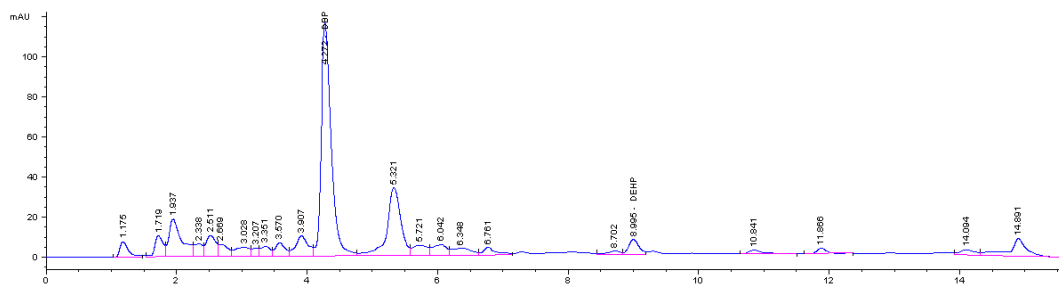
Stanovení PAE pomocí HPLC – ftaláty se stanovily metodou HPLC (reverzní fáze) s UV detekcí při vlnové délce 224 nm, kolonou Zorbax Eclipse XDB-C8, 150 x 4,6 mm, 5 μm (Agilent Technologies, USA). Promývání kolony bylo prováděno před i po každé analýze do nulové odezvy detektoru. Jako mobilní fáze byl použit 100% acetonitril s průtokem 0,8 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$. Kvantitativní vyhodnocení koncentrace DEHP a DBP bylo provedeno na základě kalibrační křivky softwarem AgilentChemstation for LC and LC/MS systems. Pro výpočet výsledků došlo k měření plochy píků a koncentrace DBP a DEHP se odečetly z kalibrační přímky, která obsahovala 5 bodů a byla sestavena v rozsahu koncentrací 0,2; 0,5; 1; 5 a 10 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Identifikace obou ftalátů probíhala na základě časů eluce a specifického spektra. Nástřik vzorků na kolonu byl v množství 10 μl a probíhal ve dvou opakováních. Detekční limit pro ftaláty

v tukové matrici byl $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku a v obalových materiálech $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku.

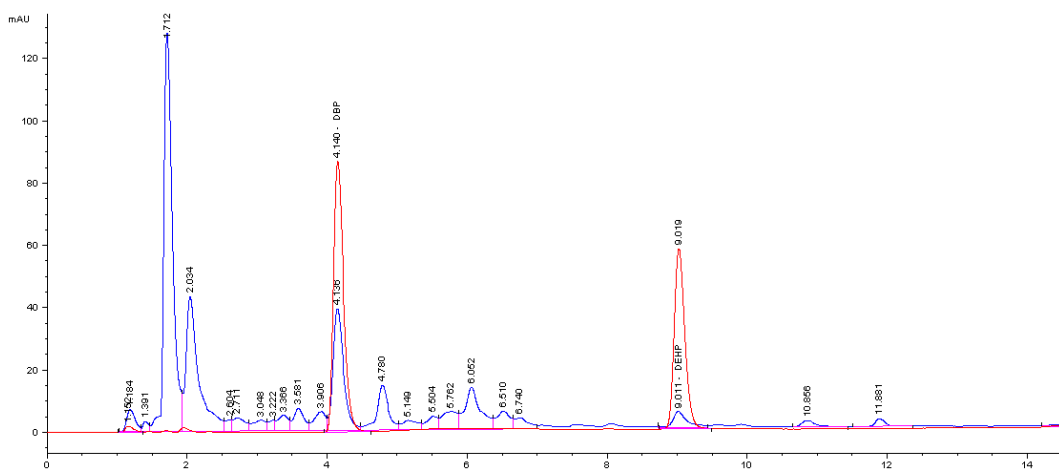
Chromatografický záznam standardů DBP a DEHP, reálného vzorku obalového materiálu a masných výrobků uvádí Obr. 11, 12, 13 a 14.



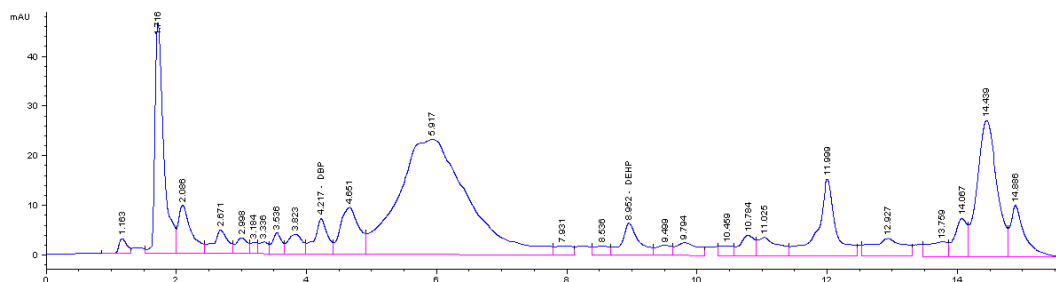
Obr. 11 Chromatografický záznam standardů DBP a DEHP



Obr. 12 Chromatografický záznam detekce PAE ve vzorku obalového materiálu



Obr. 13 Chromatografický záznam detekce PAE ve vzorku obalového materiálu proložený záznamem standardů DBP a DEHP



Obr. 14 Chromatografický záznam detekce PAE ve vzorku masných výrobků

4.2.3 Statistické zpracování dat

Statistické zpracování dat bylo provedeno v programu Statistica 12. Byly použity metody výpočtu základních statistických parametrů (průměr, směrodatná odchylka, rozptyl), t-test, regresní analýza a anova hlavních efektů. Tabulky a grafy byly zpracovány v programu Microsoft Office Excel 2007.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Výsledky koncentrace PAE v obalových materiálech

Celkem bylo analyzováno 160 obalů masných výrobků. Analýza obalů probíhala vždy paralelně. Celkem bylo provedeno 320 analýz. Tab. 5 uvádí koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP ve sledovaných obalech ($n = 160$) v $\mu\text{g.dm}^{-2}$ a mg.kg^{-1} , směrodatnou odchylku, rozptyl, MIN a MAX u každého vzorku pro DBP a DEHP.

Koncentrace DBP v analyzovaných obalech se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $94,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($89,3 \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku. Nejvyšší koncentrace DBP byla naměřena u obalu číslo 123. Koncentrace DEHP se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $214,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($188,0 \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku. Nejvyšší obsah DEHP byl detekován u obalu číslo 91. Nejvyšší koncentrace DBP+DEHP v analyzovaných obalech byla $234,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($205,5 \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku a byla detekována u obalu číslo 91. Nejvyšší koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP jsou pro lepší přehlednost zvýrazněny v Tab. 5 červenou barvou.

Dle statistického zpracování dat (t-test), byl zjištěn statisticky vysoce významný rozdíl ($p < 0,001$) v obsahu DBP a DEHP v obalech masných výrobků ($n = 160$). Průměrný obsah DBP v analyzovaných obalech masných výrobků byl $5 \mu\text{g.dm}^{-2}$ a DEHP $19,2 \mu\text{g.dm}^{-2}$. Průměrné koncentrace ($\mu\text{g.dm}^{-2}$) analyzovaných ftalátů jsou zobrazeny na Obr. 15.

Dle procentuálního vyjádření obsahu DBP a DEHP v obalech masných výrobků byl DBP zastoupen z 20 % a DEHP z 80 % (Obr. 16).

Stanovené koncentrace PAE v analyzovaných obalech masných výrobků byly v souladu s limitem uvedeným v nařízení komise (EU) č. 10/2011, který definuje, že výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmy nesmí uvolňovat do potravin své vlastní složky v množství přesahující 10 mg.dm^{-2} nebo 60 mg.kg^{-1} potravin nebo simulantu potravin. Tento limit však zahrnuje i jiné ftaláty a mnoho jiných látek, které jsou schopny uvolnit se z materiálu a migrovat tak do potravin.

Tab. 5 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalech masných výrobků ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ a $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl; ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Vzorek č.	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$				$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$			
							MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
1	1,3	2,0	5,8	8,6	7,1	10,6	1,2	1,4	0,1	0,0	4,5	7,1	1,3	1,6
2	3,2	5,2	5,8	9,6	9,0	14,8	2,9	3,4	0,3	0,1	4,2	7,4	1,6	2,5
3	4,3	4,7	25,1	27,7	29,4	32,4	1,0	7,6	3,3	10,9	22,0	28,3	3,1	9,8
4	2,4	2,6	1,5	1,6	3,9	4,2	0,6	4,2	1,8	3,4	0,2	2,8	1,3	1,6
5	7,4	10,3	12,4	17,2	19,7	27,4	7,2	7,5	0,2	0,0	11,1	13,6	1,3	1,6
6	6,3	6,6	12,1	12,6	18,4	19,2	5,4	7,2	0,9	0,8	11,9	12,2	0,2	0,0
7	3,5	4,7	14,7	19,8	18,2	24,5	1,7	5,3	1,8	3,2	12,2	17,2	2,5	6,3
8	0,9	0,9	6,8	7,2	7,7	8,1	0,8	0,9	0,1	0,0	5,9	7,7	0,9	0,8
9	1,0	1,6	12,5	20,2	13,5	21,8	0,9	1,1	0,1	0,0	11,1	13,9	1,4	1,9
10	0,6	0,7	10,4	12,1	11,0	12,8	0,4	0,8	0,2	0,0	9,1	11,8	1,4	1,9
11	1,0	1,1	6,0	6,5	6,9	7,6	1,0	1,0	0,0	0,0	4,7	7,2	1,3	1,7
12	2,7	3,8	3,4	4,8	6,1	8,6	2,5	2,8	0,2	0,0	2,9	3,8	0,4	0,2
13	3,2	4,8	2,2	3,2	5,4	8,0	2,9	3,5	0,3	0,1	1,1	3,3	1,1	1,2
14	0,5	0,8	5,4	8,5	5,9	9,2	0,5	0,5	0,0	0,0	5,3	5,4	0,1	0,0
15	12,6	14,4	8,7	10,0	21,3	24,4	12,0	13,2	0,6	0,3	8,1	9,4	0,6	0,4
16	17,8	27,2	2,1	3,3	19,9	30,5	16,3	19,2	1,4	2,0	2,0	2,3	0,1	0,0
17	25,1	29,2	5,4	6,3	30,6	35,5	24,9	25,4	0,3	0,1	5,0	5,8	0,4	0,2
18	0,7	1,0	2,0	2,7	2,7	3,6	0,7	0,7	0,0	0,0	1,1	2,9	0,9	0,8
19	0,7	1,1	1,5	2,4	2,2	3,6	0,5	0,9	0,2	0,0	1,4	1,6	0,1	0,0
20	0,8	0,9	1,5	1,8	2,3	2,6	0,7	0,9	0,1	0,0	1,5	1,6	0,1	0,0

Tab. 5 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalech masných výrobků ($\mu\text{g.dm}^{-2}$ a mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl; ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pokračování)

Vzorek č.	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$				$\mu\text{g.dm}^{-2}$			
							MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
21	2,7	2,9	12,4	13,3	15,1	16,1	2,5	2,8	0,1	0,0	11,4	13,5	1,1	1,1
22	3,2	5,1	10,3	16,4	13,5	21,5	3,1	3,3	0,1	0,0	9,6	11,1	0,7	0,5
23	0,6	0,9	4,3	5,9	4,9	6,8	0,3	1,0	0,4	0,2	4,2	4,4	0,1	0,0
24	0,8	0,9	5,1	5,2	5,9	6,1	0,6	1,1	0,2	0,1	5,0	5,3	0,1	0,0
25	1,8	1,9	3,7	3,9	5,5	5,9	1,0	2,6	0,8	0,6	3,5	3,9	0,2	0,0
26	0,4	0,5	5,6	6,9	6,0	7,5	0,2	0,7	0,2	0,1	5,1	6,1	0,5	0,2
27	1,8	1,9	21,4	22,1	23,2	24,0	1,8	1,9	0,0	0,0	20,2	22,6	1,2	1,4
28	1,1	1,4	13,6	17,9	14,7	19,4	0,9	1,3	0,2	0,0	11,2	16,0	2,4	5,7
29	1,4	1,6	16,2	17,7	17,6	19,2	1,2	1,7	0,2	0,0	15,9	16,5	0,3	0,1
30	1,1	1,2	22,7	23,5	23,8	24,6	1,1	1,1	0,0	0,0	22,0	23,3	0,6	0,4
31	1,4	1,7	0,3	0,3	1,7	2,0	1,2	1,6	0,2	0,0	0,2	0,4	0,1	0,0
32	1,5	1,8	0,1	0,1	1,6	1,9	1,4	1,5	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
33	2,6	2,6	ND	ND	2,6	2,7	2,4	2,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	1,9	2,1	1,0	1,2	2,9	3,2	1,8	2,0	0,1	0,0	1,0	1,1	0,1	0,0
35	1,3	1,5	1,0	1,2	2,3	2,7	1,2	1,3	0,0	0,0	0,9	1,2	0,1	0,0
36	2,0	2,1	11,6	12,5	13,5	14,6	1,8	2,1	0,1	0,0	10,5	12,7	1,1	1,3
37	0,5	0,6	4,9	5,9	5,3	6,4	0,3	0,6	0,1	0,0	4,7	5,0	0,1	0,0
38	0,6	0,7	5,5	6,5	6,1	7,2	0,4	0,8	0,2	0,0	5,0	5,9	0,4	0,2
39	2,5	3,4	24,5	33,5	27,0	37,0	2,4	2,6	0,1	0,0	23,5	25,5	1,0	1,0
40	2,9	3,1	13,7	14,9	16,6	18,0	2,8	2,9	0,1	0,0	11,4	16,1	2,4	5,5

Tab. 5 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalech masných výrobků ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ a $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl; ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (pokračování)

Vzorek č.	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$				$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$			
							MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
41	39,5	60,8	8,9	13,7	48,4	74,5	35,7	43,4	3,9	15,0	7,5	10,3	1,4	2,0
42	0,3	0,3	11,5	13,2	11,8	13,5	0,1	0,5	0,2	0,0	10,3	12,7	1,2	1,4
43	22,7	27,4	6,2	7,5	29,0	35,0	19,3	26,1	3,4	11,6	5,8	6,7	0,5	0,2
44	1,5	1,9	9,8	11,9	11,3	13,8	1,2	1,9	0,3	0,1	9,0	10,5	0,8	0,6
45	1,2	1,9	14,2	22,5	15,3	24,4	1,1	1,2	0,1	0,0	13,7	14,6	0,4	0,2
46	3,1	4,0	3,6	4,6	6,7	8,6	3,0	3,2	0,1	0,0	3,3	3,9	0,3	0,1
47	1,1	1,7	14,1	21,6	15,2	23,4	1,0	1,3	0,1	0,0	13,7	14,4	0,4	0,1
48	3,7	3,9	2,2	2,3	5,8	6,2	3,4	3,9	0,3	0,1	1,0	3,3	1,1	1,3
49	0,6	0,6	3,8	3,9	4,4	4,6	0,3	0,9	0,3	0,1	2,9	4,7	0,9	0,8
50	6,9	10,2	2,3	3,4	9,2	13,5	6,1	7,7	0,8	0,6	2,1	2,4	0,2	0,0
51	20,6	23,1	6,4	7,1	27,0	30,2	18,6	22,6	2,0	4,0	6,0	6,7	0,3	0,1
52	0,9	1,0	1,8	1,9	2,8	2,9	0,7	1,1	0,2	0,0	1,0	2,7	0,9	0,7
53	0,4	0,4	3,1	3,5	3,5	3,9	0,2	0,5	0,1	0,0	1,5	4,8	1,7	2,8
54	2,6	3,5	3,0	4,1	5,5	7,6	2,5	2,6	0,1	0,0	2,5	3,5	0,5	0,3
55	0,7	1,0	10,5	14,2	11,2	15,1	0,7	0,7	0,0	0,0	10,4	10,7	0,2	0,0
56	0,2	0,3	2,9	4,3	3,1	4,7	0,2	0,2	0,0	0,0	2,8	3,0	0,1	0,0
57	2,4	2,5	7,0	7,3	9,3	9,8	2,2	2,5	0,1	0,0	5,9	8,0	1,0	1,1
58	0,4	0,6	0,8	1,4	1,2	1,9	0,3	0,4	0,1	0,0	0,8	0,9	0,1	0,0
59	0,2	0,3	2,1	3,2	2,3	3,5	0,1	0,2	0,1	0,0	2,0	2,2	0,1	0,0
60	11,5	11,7	4,1	4,2	15,6	15,9	10,1	12,8	1,4	1,8	3,5	4,8	0,7	0,4

Tab. 5 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalech masných výrobků ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ a $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl; ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (pokračování))

Vzorek č.	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$				$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$			
							MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
61	0,8	1,2	3,4	5,1	4,2	6,3	0,8	0,8	0,0	0,0	3,3	3,4	0,0	0,0
62	1,8	2,0	9,5	10,2	11,3	12,2	1,5	2,2	0,4	0,1	8,3	10,7	1,2	1,5
63	0,6	0,6	2,2	2,3	2,8	2,9	0,6	0,6	0,0	0,0	2,1	2,3	0,1	0,0
64	0,8	1,0	3,8	4,4	4,6	5,3	0,8	0,9	0,1	0,0	2,9	4,7	0,9	0,8
65	1,4	1,9	2,6	3,6	4,0	5,5	1,3	1,4	0,1	0,0	2,5	2,7	0,1	0,0
66	0,3	0,4	2,5	4,1	2,8	4,5	0,1	0,4	0,1	0,0	2,1	2,9	0,4	0,2
67	0,3	0,3	2,7	2,9	3,0	3,3	0,3	0,3	0,0	0,0	2,2	3,3	0,5	0,3
68	4,4	4,4	19,1	19,1	23,5	23,5	4,2	4,5	0,1	0,0	18,4	19,8	0,7	0,5
69	8,3	8,5	16,8	17,4	25,1	25,9	8,1	8,4	0,2	0,0	15,9	17,6	0,9	0,7
70	24,0	24,6	103,3	106,2	127,3	130,8	19,4	28,5	4,6	21,1	98,6	108,1	4,8	22,8
71	15,1	18,6	26,5	32,7	41,6	51,3	14,3	15,9	0,8	0,6	22,7	30,3	3,8	14,4
72	5,3	6,6	0,3	0,4	5,6	7,0	5,0	5,5	0,3	0,1	0,1	0,5	0,2	0,0
73	0,3	0,4	2,4	2,8	2,7	3,2	0,3	0,4	0,0	0,0	2,0	2,7	0,3	0,1
74	0,3	0,4	4,2	4,6	4,5	5,0	0,3	0,4	0,0	0,0	3,8	4,6	0,4	0,2
75	15,8	22,7	2,1	3,0	17,8	25,6	15,0	16,5	0,7	0,5	1,9	2,2	0,2	0,0
76	19,7	23,5	0,2	0,2	19,9	23,7	19,0	20,4	0,7	0,5	0,2	0,2	0,0	0,0
77	0,9	1,1	0,3	0,4	1,3	1,5	0,9	0,9	0,0	0,0	0,2	0,4	0,1	0,0
78	0,7	1,0	0,1	0,2	0,8	1,2	0,6	0,7	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0
79	0,3	0,4	0,3	0,3	0,6	0,6	0,1	0,5	0,2	0,0	0,2	0,4	0,1	0,0
80	0,6	0,9	17,7	24,9	18,4	25,8	0,5	0,7	0,1	0,0	15,6	19,9	2,1	4,6

Tab. 5 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalech masných výrobků ($\mu\text{g.dm}^{-2}$ a mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl; ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pokračování)

Vzorek č.	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$				$\mu\text{g.dm}^{-2}$			
							MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
81	21,5	32,0	95,4	142,0	117,0	174,0	20,1	23,0	1,5	2,1	91,2	99,7	4,2	17,8
82	14,1	19,7	64,8	90,5	78,9	110,3	13,1	15,1	1,0	1,0	63,2	66,3	1,5	2,4
83	18,3	23,6	88,1	113,3	106,5	136,9	17,4	19,3	1,0	1,0	84,4	91,9	3,7	13,9
84	39,1	48,2	135,0	166,2	174,1	214,4	36,9	41,4	2,3	5,2	132,6	137,3	2,3	5,4
85	27,4	32,4	108,6	128,1	136,0	160,5	25,9	29,0	1,6	2,5	98,6	118,6	10,0	99,4
86	28,7	40,3	37,4	52,6	66,1	92,9	27,2	30,2	1,5	2,2	35,7	39,2	1,8	3,1
87	32,2	40,0	43,0	53,2	75,2	93,2	30,7	33,8	1,6	2,4	39,2	46,7	3,8	14,3
88	6,8	10,9	134,9	215,9	141,7	226,7	6,4	7,2	0,4	0,2	129,2	140,6	5,7	32,4
89	2,9	3,6	100,7	127,3	103,6	130,9	2,5	3,3	0,4	0,2	98,3	103,1	2,4	5,8
90	ND	ND	64,8	73,9	64,8	73,9	0,0	0,0	0,0	0,0	59,7	69,8	5,0	25,1
91	17,5	20,0	188,0	214,8	205,5	234,8	16,8	18,2	0,7	0,4	173,7	202,3	14,3	205,1
92	ND	ND	95,5	102,4	95,5	102,4	0,0	0,0	0,0	0,0	93,7	97,3	1,8	3,2
93	ND	ND	49,6	50,9	49,6	50,9	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3	54,0	4,3	18,8
94	ND	ND	84,8	134,0	84,8	134,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81,4	88,3	3,4	11,8
95	ND	ND	67,7	79,2	67,7	79,2	0,0	0,0	0,0	0,0	65,8	69,6	1,9	3,6
96	ND	ND	51,4	52,4	51,4	52,4	0,0	0,0	0,0	0,0	49,0	53,8	2,4	5,9
97	ND	ND	111,1	166,1	111,1	166,1	0,0	0,0	0,0	0,0	107,5	114,8	3,7	13,5
98	ND	ND	135,0	175,0	135,0	175,0	0,0	0,0	0,0	0,0	132,5	137,5	2,5	6,4
99	ND	ND	108,6	135,9	108,6	135,9	0,0	0,0	0,0	0,0	105,0	112,2	3,6	13,2
100	ND	ND	64,6	84,9	64,6	84,9	0,0	0,0	0,0	0,0	61,3	68,0	3,4	11,3

Tab. 5 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalech masných výrobků ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ a $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl); ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (pokračování)

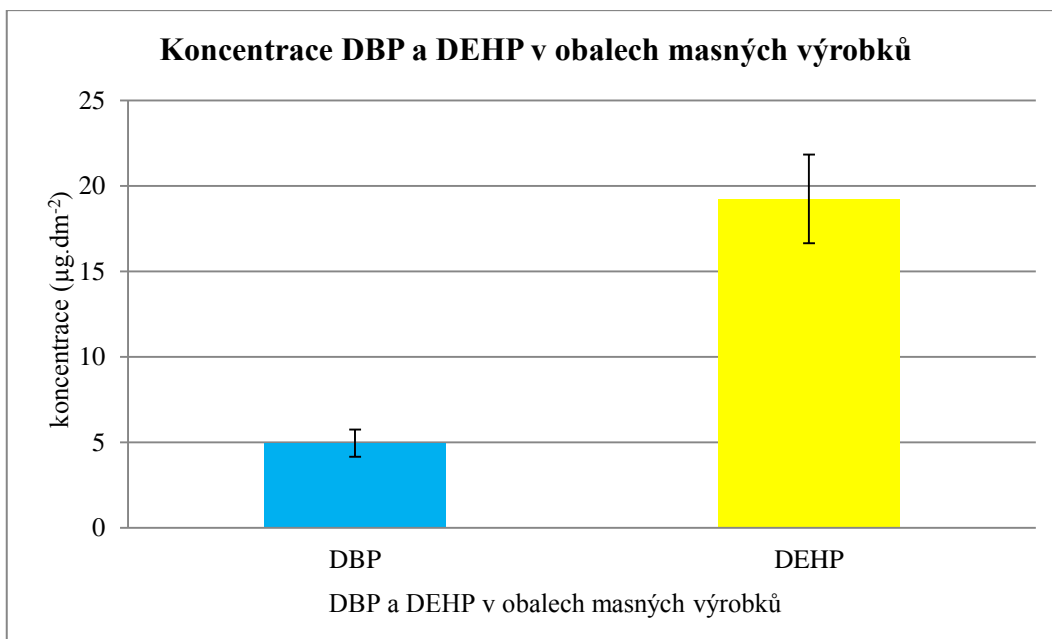
Vzorek č.	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$				$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$			
							MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
101	ND	ND	9,0	11,9	9,0	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	9,8	0,8	0,6
102	11,5	15,3	76,8	102,3	88,3	117,6	10,4	12,6	1,1	1,3	72,4	81,1	4,4	19,0
103	6,0	6,6	16,1	17,7	22,0	24,3	5,0	6,9	1,0	1,0	14,1	18,0	1,9	3,8
104	ND	ND	76,5	82,1	76,5	82,1	0,0	0,0	0,0	0,0	71,5	81,6	5,1	25,5
105	ND	ND	30,1	43,0	30,1	43,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,4	31,8	1,7	2,9
106	ND	ND	6,1	6,8	6,1	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	6,7	0,6	0,3
107	ND	ND	4,2	5,0	4,2	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,5	0,2	0,1
108	8,5	8,6	ND	ND	8,5	8,6	8,0	8,9	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
109	ND	ND	2,3	2,7	2,3	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	3,4	1,1	1,2
110	1,4	2,0	10,5	15,0	11,9	17,0	1,4	1,5	0,0	0,0	9,4	11,5	1,1	1,2
111	ND	ND	9,7	11,0	9,7	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	11,2	1,5	2,3
112	1,1	1,3	ND	ND	1,1	1,3	1,0	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
113	ND	ND	ND	ND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
114	7,8	10,7	5,7	7,8	13,5	18,6	6,9	8,7	0,9	0,8	4,9	6,5	0,8	0,7
115	4,5	6,9	7,9	12,0	12,4	18,9	4,5	4,6	0,0	0,0	6,5	9,3	1,4	1,9
116	2,6	4,1	17,1	27,0	19,7	31,2	2,0	3,2	0,6	0,3	15,9	18,2	1,1	1,3
117	ND	ND	10,1	12,3	10,1	12,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	10,6	0,5	0,2
118	2,4	3,9	11,0	17,8	13,4	21,7	2,0	2,8	0,4	0,2	9,7	12,3	1,3	1,6
119	ND	ND	15,3	21,6	15,3	21,6	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	17,1	1,8	3,4
120	ND	ND	13,4	16,2	13,4	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	14,1	0,7	0,5

Tab. 5 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalech masných výrobků ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ a $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl); ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (pokračování)

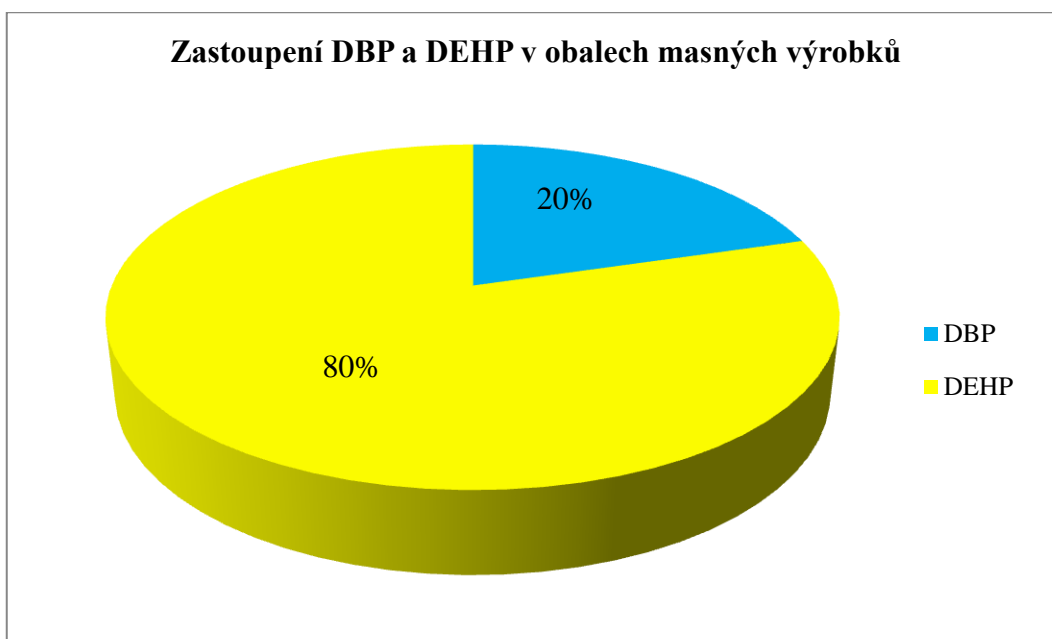
Vzorek č.	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$				$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$			
							MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
121	ND	ND	11,2	12,9	11,2	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	12,0	0,7	0,5
122	ND	ND	12,6	14,7	12,6	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	13,4	0,8	0,6
123	89,3	94,1	7,7	8,1	96,9	102,2	78,4	100,1	10,9	118,6	6,5	8,8	1,1	1,2
124	ND	ND	ND	ND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
125	0,6	0,7	7,2	8,4	7,8	9,1	0,4	0,8	0,2	0,1	7,0	7,4	0,2	0,0
126	0,6	0,6	16,1	17,6	16,7	18,2	0,5	0,7	0,1	0,0	14,3	18,0	1,8	3,4
127	0,4	0,4	15,6	18,2	16,0	18,6	0,1	0,6	0,2	0,1	12,7	18,6	2,9	8,6
128	0,9	1,1	8,0	9,8	9,0	10,9	0,8	1,1	0,2	0,0	7,5	8,6	0,5	0,3
129	2,3	3,1	11,3	15,1	13,6	18,2	2,0	2,7	0,3	0,1	10,7	11,8	0,5	0,3
130	1,3	2,0	5,8	8,8	7,1	10,9	0,9	1,7	0,4	0,2	4,4	7,3	1,5	2,1
131	3,2	3,6	5,8	6,7	9,0	10,3	3,1	3,2	0,0	0,0	4,3	7,4	1,6	2,4
132	4,3	4,4	25,1	25,7	29,4	30,1	4,1	4,5	0,2	0,0	21,8	28,5	3,3	11,2
133	2,4	3,7	1,5	2,3	3,9	6,0	2,0	2,8	0,4	0,2	1,3	1,8	0,3	0,1
134	7,4	8,0	12,4	13,5	19,7	21,5	7,1	7,6	0,3	0,1	9,8	15,0	2,6	6,8
135	6,3	8,1	12,1	15,6	18,4	23,7	6,0	6,7	0,4	0,1	9,3	14,8	2,7	7,4
136	3,5	5,0	14,7	21,1	18,2	26,1	3,1	3,9	0,4	0,2	14,0	15,5	0,7	0,5
137	0,9	1,4	6,8	11,0	7,7	12,5	0,5	1,3	0,4	0,2	5,5	8,1	1,3	1,7
138	1,0	1,3	12,5	16,1	13,5	17,4	0,8	1,2	0,2	0,0	10,8	14,1	1,6	2,7
139	0,6	0,8	10,4	13,7	11,0	14,4	0,5	0,7	0,1	0,0	9,1	11,8	1,4	1,9
140	1,0	1,5	6,0	9,2	6,9	10,7	0,8	1,2	0,2	0,0	4,3	7,6	1,7	2,9

Tab. 5 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalech masných výrobků ($\mu\text{g.dm}^{-2}$ a mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl; ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pokračování)

Vzorek č.	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$				$\mu\text{g.dm}^{-2}$			
							MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
141	5,0	6,1	1,1	1,3	6,1	7,4	4,9	5,2	0,2	0,0	1,0	1,1	0,1	0,0
142	3,0	3,4	2,3	2,6	5,4	6,0	3,0	3,1	0,1	0,0	2,1	2,6	0,3	0,1
143	1,1	1,2	4,8	5,3	5,9	6,4	1,0	1,2	0,1	0,0	4,7	4,9	0,1	0,0
144	11,3	18,0	10,0	15,9	21,3	33,9	10,5	12,1	0,8	0,7	9,4	10,7	0,7	0,4
145	15,9	22,3	4,0	5,6	19,9	27,9	14,0	17,8	1,9	3,7	3,1	4,9	0,9	0,7
146	1,3	1,8	3,8	5,1	5,1	6,9	1,2	1,4	0,1	0,0	2,2	5,5	1,7	2,8
147	3,2	5,0	1,8	2,8	5,0	7,9	2,9	3,5	0,3	0,1	1,1	2,5	0,7	0,5
148	1,8	2,4	2,1	2,9	3,9	5,3	1,5	2,1	0,3	0,1	2,0	2,3	0,1	0,0
149	2,1	2,5	2,4	2,9	4,6	5,4	2,0	2,3	0,1	0,0	1,3	3,6	1,2	1,4
150	0,6	0,9	4,3	6,3	4,9	7,3	0,5	0,8	0,1	0,0	4,0	4,5	0,2	0,1
151	0,8	0,9	4,1	4,4	4,9	5,2	0,7	0,9	0,1	0,0	3,5	4,8	0,7	0,4
152	1,8	2,9	3,7	5,8	5,5	8,7	1,4	2,2	0,4	0,2	2,9	4,4	0,8	0,6
153	1,4	1,8	0,3	0,4	1,7	2,2	1,3	1,5	0,1	0,0	0,2	0,4	0,1	0,0
154	0,6	0,8	4,5	6,1	5,5	7,6	0,6	0,6	0,0	0,0	4,1	4,8	0,4	0,1
155	0,3	0,4	3,5	4,9	3,8	5,3	0,2	0,4	0,1	0,0	2,8	4,1	0,6	0,4
156	3,1	3,8	1,6	2,0	4,7	5,8	2,9	3,3	0,2	0,0	0,9	2,3	0,7	0,5
157	2,6	2,7	2,2	2,2	4,2	4,4	2,4	2,8	0,2	0,0	2,1	2,2	0,0	0,0
158	2,9	3,0	2,3	2,4	5,2	5,4	2,7	3,0	0,2	0,0	1,9	2,7	0,4	0,2
159	2,6	3,4	2,4	3,1	5,0	6,5	2,5	2,7	0,1	0,0	2,0	2,7	0,3	0,1
160	0,6	0,8	1,7	2,2	2,4	3,0	0,5	0,7	0,1	0,0	1,6	1,9	0,2	0,0



Obr. 15 Průměrné koncentrace (y ; $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) DBP a DEHP (x) v obalech masných výrobků



Obr. 16 Zastoupení DBP a DEHP (%) v obalech masných výrobků

Dle naměřených hodnot můžeme konstatovat, že zjištěné koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP ve sledovaných obalech nepřekračovaly migrační limit ($10 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-2}$) stanovený legislativou.

Sledování PAE v obalových materiálech bylo předmětem mnoha studií. Hayashi et al. (2010) v Číně zjistili vyšší kontaminaci DEHP a jinými estrogenními

sloučeninami u rýže z konvenční zemědělské produkce ve srovnání s rýží z organického zemědělství. Příčinu viděli v rozšířeném používání plastových zemědělských fólií.

Aurela et al. (1999) analyzovali obaly různých potravin na obsah ftalátů. Polovina z 29 sledovaných vzorků obsahovala více než 5 mg.kg^{-1} celkových ftalátů. Maximální hodnoty, které zjistili u DiBP (di-isobutyl ftalát) a DBP byly 450 a 200 mg.kg^{-1} . Ftaláty pocházely s největší pravděpodobností z lepidel používaných ke spojování a uzavírání obalů.

Mahmoud a Abdallah (2008) provedli srovnání obsahu ftalátů v instantní černé kávě v plastovém kelímku a v instantní černé kávě ve sklenici. V kávě ve sklenici nedetekovali žádný ftalát, zatímco ve stejném nápoji v plastovém kelímku analýza odhalila DMP (di-methyl ftalát), DBP, BBP (benzylbutyl ftalát) a DEHP v koncentracích 0,76; 0,54; 0,94 a $1,22 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Ndhkala et al. (2012) provedl studii, ve které stanovovali obsah esterů kyseliny ftalové v lécích zabalených do plastových materiálů. V jednom ze spotřebitelsky oblíbených výrobků bylo detekováno $43,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ DEHP. Pacienti, kteří užívali doporučenou denní dávku tohoto přípravku, přijímali 7,8 mg DEHP denně. Ftaláty se do analyzovaných přípravků dostávaly z plastových obalů a v průběhu výroby.

Shen (2005) stanovoval obsah ftalátů v plastových výrobcích, kdy analyzoval 25 druhů vzorků. Mezi tyto vzorky patřily balicí tašky, fólie, obaly, boxy pro použití v mikrovlnné troubě, lžice, šálky a talíře. Pouze jeden z 25 vyšetřovaných vzorků neobsahoval stopy ftalátů. Zbýlých 24 vzorků obsahovalo nejméně tři nebo více PAE. Převládající ftalát ve zkoumaných vzorcích byl DEHP.

Rovněž Fierens et al. (2012a) potvrdili, že DEHP patří k nejvíce zastoupeným ftalátům v obalech. Studie, která se zabývala kontaminací ftaláty na Belgickém trhu sledovala ve 400 vzorcích potravinářských obalů přítomnost osmi ftalátů a to di-methyl ftalát (DMP), di-ethyl ftalát (DEP), di-isobutyl ftalát (DiBP), di-n-butyl ftalát (DBP), benzylbutyl ftalát (BBP), bis(2-ethylhexyl) ftalát (DEHP), di-cyklohexyl ftalát (DCHP) a di-n-octyl ftalát (DOP). Vzorky byly rozděleny do jedenácti skupin. Téměř v každé skupině byly nejvyšší koncentrace DEHP a následoval DiBP, DBP a BBP.

5.1.1 Výsledky koncentrace PAE v potištěných a nepotištěných částech obalů

Estery kyseliny ftalové jsou používány při výrobě potiskových barev. Ve snaze ověřit tuto skutečnost byly sledovány potištěné a nepotištěné části obalů. Tato analýza měla za cíl zjistit, zda potištěná část obalů obsahuje vyšší množství ftalátů či nikoliv.

Pro tuto analýzu bylo sledováno 52 obalů. Analýza probíhala vždy paralelně. Celkem bylo provedeno 104 analýz. Tab. 6 uvádí koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v potištěných a nepotištěných částech obalů ($n = 52$) v $\mu\text{g.dm}^{-2}$ a mg.kg^{-1} , dále směrodatnou odchylku, rozptyl, MIN a MAX u každého vzorku pro DBP a DEHP.

Koncentrace DBP se v potištěných částech obalů pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $124,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($72,6 \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku. Tato koncentrace byla naměřena u vzorku číslo 15. Koncentrace DBP se v nepotištěných částech obalů pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $122,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($67,7 \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku. Tato koncentrace byla opět naměřena u vzorku číslo 15. Vyšší obsah DBP byl stanoven u 41 vzorků potištěných částí obalů, a u 11 vzorků nepotištěných částí obalů ($n = 52$). Nejvyšší koncentrace DBP v potištěných a nepotištěných částech obalů jsou pro lepší přehlednost zvýrazněny v Tab. 6 červenou barvou.

Koncentrace DEHP se v potištěných částech obalů pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $109,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($98,7 \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku. Tato koncentrace byla naměřena u vzorku číslo 29. Koncentrace DEHP se v nepotištěných částech obalů pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $113,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($60,3 \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku. Tato koncentrace byla naměřena u vzorku číslo 26. Vyšší obsah DEHP byl stanoven u 33 vzorků potištěných částí obalů, a u 19 vzorků nepotištěných částí obalů ($n = 52$). Nejvyšší koncentrace DEHP v potištěných a nepotištěných částech obalů jsou pro lepší přehlednost zvýrazněny v Tab. 6 červenou barvou.

Tab. 6 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v potištěných (SP) a nepotištěných (BP) částech obalů masných výrobků ($\mu\text{g.dm}^{-2}$ a mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl); ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$

Vzorek č.	SP/BP	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
		$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$				$\mu\text{g.dm}^{-2}$			
								MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
1	SP	5,1	9,4	25,3	46,7	30,4	56,1	5,0	5,2	0,1	0,0	24,0	26,6	1,3	1,6
	BP	8,0	14,8	15,0	27,7	23,1	42,6	7,5	8,6	0,5	0,3	14,3	15,8	0,8	0,6
2	SP	10,8	19,0	12,3	21,4	23,1	40,4	9,6	12,1	1,2	1,5	10,3	14,2	2,0	3,9
	BP	8,2	15,1	24,6	45,4	32,8	60,6	8,0	8,5	0,3	0,1	24,1	25,1	0,5	0,3
3	SP	4,6	8,4	6,0	11,0	10,6	19,4	4,0	5,2	0,6	0,3	5,4	6,6	0,6	0,4
	BP	14,3	26,2	12,1	22,1	26,3	48,3	13,7	14,9	0,6	0,4	11,3	12,8	0,8	0,6
4	SP	3,5	6,1	8,0	13,9	11,5	20,0	3,1	3,9	0,4	0,2	8,0	8,0	0,0	0,0
	BP	15,4	28,9	7,8	14,7	23,2	43,5	14,4	16,3	1,0	0,9	6,8	8,9	1,1	1,1
5	SP	1,2	1,1	10,0	9,1	11,2	10,2	1,0	1,4	0,2	0,1	8,2	11,8	1,8	3,1
	BP	0,5	0,6	6,1	8,5	6,6	9,2	0,4	0,6	0,1	0,0	5,4	6,8	0,7	0,5
6	SP	1,9	2,5	1,0	1,4	2,9	4,0	1,1	2,7	0,8	0,6	0,6	1,5	0,4	0,2
	BP	2,6	1,9	ND	ND	2,6	1,9	0,1	5,1	2,5	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0
7	SP	42,7	47,5	6,2	6,9	49,0	54,5	40,4	45,1	2,4	5,7	6,1	6,4	0,1	0,0
	BP	0,3	0,3	11,5	10,4	11,8	10,6	0,3	0,3	0,0	0,0	7,3	15,7	4,2	17,8
8	SP	3,1	6,7	3,6	7,7	6,7	14,4	1,1	5,1	2,0	4,1	3,4	3,8	0,2	0,0
	BP	1,2	0,5	14,2	5,7	15,3	6,2	1,0	1,3	0,1	0,0	2,1	26,2	12,1	146,0
9	SP	6,9	8,0	2,3	2,7	9,2	10,7	5,5	8,2	1,4	1,9	2,3	2,3	0,0	0,0
	BP	0,6	0,7	3,8	4,4	4,4	5,2	0,5	0,7	0,1	0,0	3,5	4,1	0,3	0,1
10	SP	7,4	10,6	12,4	17,8	19,7	28,5	7,2	7,5	0,2	0,0	11,1	13,6	1,3	1,6
	BP	6,3	9,2	12,1	17,5	18,4	26,7	5,4	7,2	0,9	0,8	11,9	12,2	0,1	0,0

Tab. 6 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v potištěných (SP) a nepotištěných (BP) částech obalů masných výrobků ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ a $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl); ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (pokračování)

Vzorek č.	SP/BP	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
		$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$				$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$			
								MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
11	SP	3,5	6,4	14,7	27,2	18,2	33,6	1,7	5,3	1,8	3,1	12,2	17,2	2,5	6,3
	BP	0,9	1,7	6,8	12,9	7,7	14,6	0,8	0,9	0,1	0,0	5,9	7,7	0,9	0,8
12	SP	1,0	1,8	12,5	22,6	13,5	24,4	0,9	1,1	0,1	0,0	12,3	12,7	0,2	0,0
	BP	0,6	1,0	10,4	18,8	11,0	19,8	0,6	0,6	0,0	0,0	6,6	14,3	3,9	15,0
13	SP	1,0	1,8	5,9	11,2	6,9	13,0	0,7	1,3	0,3	0,1	5,2	6,7	0,8	0,6
	BP	2,7	5,1	3,4	6,4	6,1	11,5	2,2	3,2	0,5	0,3	2,2	4,6	1,2	1,4
14	SP	3,2	3,9	2,2	2,7	5,3	6,6	1,0	5,4	2,2	4,9	0,3	4,0	1,9	3,5
	BP	0,5	0,6	5,4	6,7	5,8	7,3	0,5	0,5	0,0	0,0	3,3	7,4	2,0	4,2
15	SP	72,6	124,9	8,7	15,0	81,3	139,9	55,7	89,5	16,9	287,1	6,3	11,2	2,5	6,1
	BP	67,7	122,6	2,1	3,9	69,9	126,5	63,1	72,4	4,6	21,2	1,9	2,3	0,2	0,0
16	SP	25,1	47,7	5,4	10,3	30,6	58,0	22,8	27,5	2,4	5,7	5,0	5,9	0,4	0,2
	BP	0,7	1,4	2,0	3,9	2,7	5,3	0,6	0,9	0,2	0,0	1,7	2,2	0,3	0,1
17	SP	0,7	1,4	1,5	2,9	2,2	4,3	0,6	0,8	0,1	0,0	1,3	1,7	0,2	0,0
	BP	0,7	1,5	1,5	3,0	2,3	4,5	0,6	0,9	0,1	0,0	0,7	2,3	0,8	0,6
18	SP	2,7	4,9	12,4	22,8	15,1	27,7	2,5	2,8	0,1	0,0	10,7	14,2	1,7	3,0
	BP	3,2	6,1	10,3	19,5	13,5	25,6	2,9	3,5	0,3	0,1	8,3	12,3	2,0	4,0
19	SP	0,6	1,2	4,3	7,7	4,9	8,9	0,6	0,7	0,1	0,0	2,9	5,6	1,4	1,9
	BP	0,8	1,6	5,1	9,7	5,9	11,3	0,8	0,9	0,0	0,0	4,9	5,3	0,2	0,0
20	SP	1,8	1,8	3,7	3,7	5,5	5,6	1,6	2,0	0,2	0,0	2,0	5,4	1,7	3,0
	BP	0,4	0,5	5,6	6,1	6,0	6,6	0,4	0,5	0,1	0,0	3,5	7,6	2,1	4,3

Tab. 6 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v potištěných (SP) a nepotištěných (BP) částech obalů masných výrobků ($\mu\text{g.dm}^{-2}$ a mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl); ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pokračování)

Vzorek č.	SP/BP	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
		$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$				$\mu\text{g.dm}^{-2}$			
								MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
21	SP	1,8	2,2	21,4	25,7	23,2	27,9	1,8	1,8	0,0	0,0	13,8	28,9	7,5	56,7
	BP	1,1	1,4	13,6	17,7	14,7	19,1	0,8	1,3	0,3	0,1	12,6	14,7	1,1	1,1
22	SP	1,4	2,3	16,2	25,5	17,6	27,8	1,1	1,8	0,3	0,1	6,5	25,8	9,7	93,5
	BP	1,1	1,0	22,7	19,2	23,8	20,1	1,4	0,8	0,3	0,1	12,3	33,1	10,4	108,8
23	SP	29,6	54,7	45,7	84,3	75,3	139,0	27,3	32,0	2,4	5,6	40,8	50,6	4,9	24,2
	BP	8,5	15,7	54,1	99,8	62,6	115,5	8,0	9,1	0,6	0,3	51,4	56,8	2,7	7,2
24	SP	ND	ND	5,1	8,9	5,1	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	5,1	0,0	0,0
	BP	20,0	37,0	22,0	40,6	42,1	77,6	17,1	23,0	2,9	8,6	18,2	25,9	3,9	14,9
25	SP	ND	ND	37,0	67,7	37,0	67,7	0,0	0,0	0,0	0,0	35,9	38,0	1,1	1,1
	BP	ND	ND	2,8	5,2	2,8	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	3,5	0,7	0,5
26	SP	ND	ND	76,0	131,5	76,0	131,5	0,0	0,0	0,0	0,0	71,1	81,0	5,0	24,7
	BP	ND	ND	60,3	113,3	60,3	113,3	0,0	0,0	0,0	0,0	55,4	65,2	4,9	24,2
27	SP	ND	ND	27,3	24,7	27,3	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	25,2	29,4	2,1	4,5
	BP	ND	ND	42,4	37,3	42,4	37,3	0,0	0,0	0,0	0,0	39,6	45,2	2,8	7,9
28	SP	ND	ND	38,3	51,6	38,3	51,6	0,0	0,0	0,0	0,0	35,7	41,0	2,7	7,2
	BP	3,5	4,7	4,8	6,4	8,3	11,1	2,4	4,7	1,2	1,3	4,3	5,3	0,5	0,2
29	SP	ND	ND	98,7	109,7	98,7	109,7	0,0	0,0	0,0	0,0	95,2	102,2	3,5	12,4
	BP	ND	ND	24,0	26,5	24,0	26,5	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	25,4	1,3	1,7
30	SP	ND	ND	39,2	84,3	39,2	84,3	0,0	0,0	0,0	0,0	36,8	41,7	2,4	5,8
	BP	ND	ND	47,9	98,6	47,9	98,6	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3	50,5	2,6	6,9

Tab. 6 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v potištěných (SP) a nepotištěných (BP) částech obalů masných výrobků ($\mu\text{g.dm}^{-2}$ a mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl); ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pokračování)

Vzorek č.	SP/BP	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
		$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$				$\mu\text{g.dm}^{-2}$			
								MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
31	SP	ND	ND	1,4	1,6	1,4	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,9	0,5	0,2
	BP	ND	ND	57,7	67,5	57,7	67,5	0,0	0,0	0,0	0,0	54,1	61,3	3,6	12,8
32	SP	ND	ND	31,6	45,6	31,6	45,6	0,0	0,0	0,0	0,0	29,7	33,5	1,9	3,7
	BP	ND	ND	47,2	68,6	47,2	68,6	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0	49,4	2,2	4,7
33	SP	ND	ND	1,5	2,8	1,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	2,0	0,5	0,2
	BP	ND	ND	55,5	105,8	55,5	105,8	0,0	0,0	0,0	0,0	50,7	60,3	4,8	22,9
34	SP	ND	ND	85,8	155,7	85,8	155,7	0,0	0,0	0,0	0,0	84,7	86,9	1,1	1,3
	BP	ND	ND	ND	ND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	SP	ND	ND	ND	ND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	BP	ND	ND	ND	ND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
36	SP	ND	ND	7,5	9,3	7,5	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	8,1	0,7	0,4
	BP	ND	ND	ND	ND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37	SP	ND	ND	4,4	7,6	4,4	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,9	0,4	0,2
	BP	ND	ND	2,5	4,5	2,5	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,9	0,4	0,1
38	SP	2,2	4,1	9,5	17,9	11,6	22,1	2,0	2,3	0,1	0,0	7,4	11,5	2,0	4,2
	BP	1,3	2,6	7,1	14,0	8,4	16,6	0,9	1,7	0,4	0,2	4,4	9,8	2,7	7,3
39	SP	ND	ND	1,2	2,4	1,2	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,1	0,9	0,9
	BP	ND	ND	ND	ND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	SP	0,8	1,5	5,3	9,8	6,1	11,2	0,5	1,1	0,3	0,1	3,8	6,9	1,6	2,5
	BP	ND	ND	ND	ND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tab. 6 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v potištěných (SP) a nepotištěných (BP) částech obalů masných výrobků ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ a $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl); ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (pokračování)

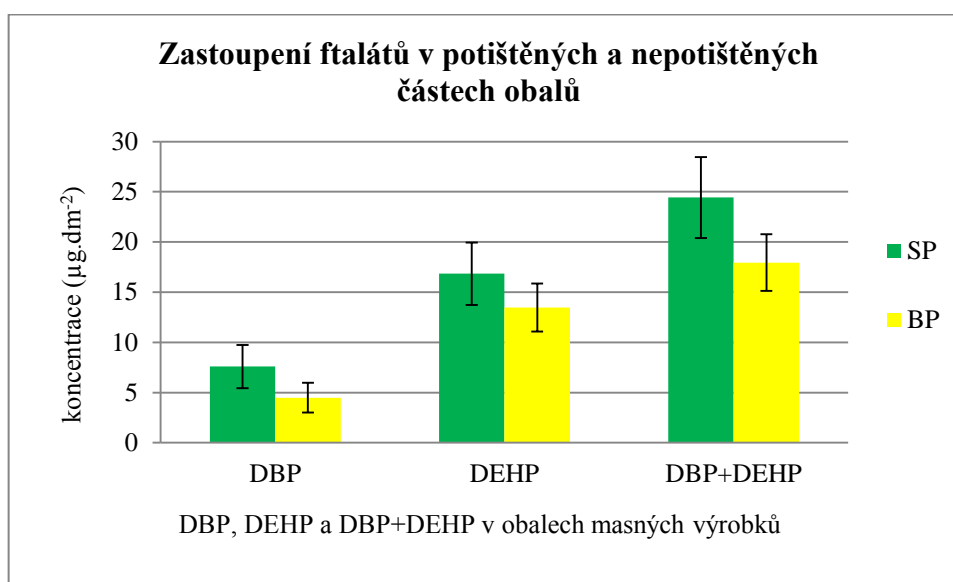
Vzorek č.	SP/BP	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP				
		$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$				$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$				
								MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl	
41	SP	ND	ND	ND	ND	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	BP	ND	ND	3,0	5,6	3,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,9	1,0	1,0	
42	SP	66,0	66,8	66,6	67,4	132,6	134,2	59,4	72,6	6,6	43,5	54,8	78,4	11,8	140,1	
	BP	31,7	34,8	32,9	36,1	64,6	70,9	29,7	33,7	2,0	4,0	30,8	35,0	2,1	4,4	
43	SP	0,5	0,6	1,7	2,0	2,2	2,6	0,5	0,6	0,1	0,0	1,5	1,9	0,2	0,1	
	BP	1,1	1,4	2,2	2,8	3,3	4,3	1,0	1,3	0,2	0,0	1,7	2,6	0,4	0,2	
44	SP	1,1	1,8	3,3	5,3	4,5	7,0	1,1	1,2	0,1	0,0	3,1	3,6	0,3	0,1	
	BP	0,2	0,2	1,2	1,5	1,4	1,6	0,1	0,2	0,0	0,0	0,7	1,7	0,5	0,2	
45	SP	2,5	2,6	2,0	2,1	4,6	4,7	2,1	3,0	0,5	0,2	1,4	2,6	0,6	0,4	
	BP	1,2	1,3	0,3	0,3	1,5	1,6	1,1	1,3	0,1	0,0	0,1	0,5	0,2	0,0	
46	SP	9,7	9,8	10,5	10,7	20,2	20,5	7,4	11,9	2,3	5,1	8,4	12,7	2,2	4,7	
	BP	4,2	4,7	1,2	1,4	5,5	6,0	3,6	4,8	0,6	0,4	0,8	1,7	0,4	0,2	
47	SP	5,5	5,8	4,1	4,4	9,6	10,2	4,9	6,0	0,5	0,3	4,0	4,3	0,2	0,0	
	BP	1,3	1,3	1,5	1,6	2,8	2,9	0,9	1,6	0,4	0,1	1,3	1,8	0,3	0,1	
48	SP	33,0	33,5	38,2	38,8	71,1	72,2	30,7	35,2	2,2	5,0	36,5	39,8	1,6	2,7	
	BP	11,8	12,3	12,5	13,2	24,3	25,5	10,2	13,3	1,6	2,4	12,0	13,1	0,6	0,3	
49	SP	16,1	16,7	1,5	1,6	17,6	18,3	14,1	18,2	2,0	4,2	0,9	2,2	0,7	0,4	
	BP	7,3	7,3	0,7	0,8	8,0	8,1	7,1	7,4	0,2	0,0	0,4	1,0	0,3	0,1	
50	SP	2,5	2,8	5,2	5,7	7,8	8,5	2,3	2,8	0,3	0,1	4,4	6,1	0,8	0,7	
	BP	1,4	1,5	1,2	1,3	2,6	2,8	1,2	1,6	0,2	0,0	1,2	1,2	0,0	0,0	

Tab. 6 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v potištěných (SP) a nepotištěných (BP) částech obalů masných výrobků ($\mu\text{g.dm}^{-2}$ a mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl); ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pokračování)

Vzorek č.	SP/BP	DBP		DEHP		DBP+DEHP		DBP				DEHP			
		$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$	mg.kg^{-1}	$\mu\text{g.dm}^{-2}$				$\mu\text{g.dm}^{-2}$			
								MIN	MAX	SD	rozptyl	MIN	MAX	SD	rozptyl
51	SP	21,5	21,9	8,2	8,4	29,8	30,3	19,8	23,3	1,8	3,1	8,0	8,4	0,2	0,0
	BP	1,3	1,3	2,1	2,1	3,5	3,5	0,6	2,1	0,7	0,5	1,0	3,3	1,2	1,4
52	SP	1,1	1,2	22,5	24,8	23,6	26,1	0,9	1,3	0,2	0,0	19,4	25,5	3,1	9,5
	BP	1,0	1,0	16,5	16,8	17,6	17,9	0,9	1,1	0,1	0,0	15,3	17,8	1,3	1,6

Koncentrace DBP+DEHP se v potištěných částech obalů pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $134,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($132,6 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku. Tato koncentrace byla naměřena u vzorku číslo 42. Koncentrace DBP+DEHP se v nepotištěných částech obalů pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $126,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($69,9 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku. Tato koncentrace byla opět naměřena u vzorku číslo 15. Vyšší obsah DBP+DEHP byl stanoven u 35 vzorků potištěných částí obalů, a u 17 vzorků nepotištěných částí obalů ($n = 52$). Nejvyšší koncentrace DBP+DEHP v potištěných a nepotištěných částech obalů jsou pro lepší přehlednost zvýrazněny v Tab. 6 červenou barvou.

Dle statistického zpracování dat (t-test), byl zjištěn statisticky neprůkazný rozdíl ($p > 0,05$) v obsahu DBP ($p = 0,2383$), DEHP ($p = 0,3927$) a DBP+DEHP ($p = 0,1901$) v potištěných a nepotištěných částech obalů. Průměrný obsah DBP byl v potištěných částech obalů $7,6 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$ a $4,5 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$ v nepotištěných částech obalů. Průměrný obsah DEHP byl v potištěných částech obalů $16,8 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$ a $13,5 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$ v nepotištěných částech obalů. Průměrný obsah DBP+DEHP byl v potištěných částech obalů $24,4 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$ a $17,9 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$ v nepotištěných částech obalů. Průměrné koncentrace ($\mu\text{g.dm}^{-2}$) analyzovaných ftalátů v potištěných a nepotištěných částech obalů jsou zobrazeny na Obr. 17.



Obr. 17 Zastoupení DBP, DEHP a DBP+DEHP ($y; \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$) v potištěných (SP) a nepotištěných (BP) částech obalů masných výrobků

Dle naměřených hodnot můžeme konstatovat, že rozdíl v zastoupení DBP, DEHP a DBP+DEHP v potištěných a nepotištěných částech obalů nebyl statisticky významně průkazný.

Mnoho studií zaměřených na sledování obsahu PAE v potištěných a nepotištěných částech obalů potvrdilo vyšší obsah ftalátů v potištěných částech obalů a vyšší riziko kontaminace potravin při přestupu PAE z barevného potisku obalu do potravin.

U čokoládových cukrovinek balených do polypropylenového (PP) obalu s barevným potiskem byla zjištěna migrace DBP z původní hodnoty $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ do $6,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ za dobu skladování až 180 dní ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) (Castle et al., 1989). Současně však nebyl detekován žádný PAE v nepotištěné části polypropylenovém obalu, z toho vyplývá, že k migraci muselo dojít z barevného potisku obalu.

Při analýzách cukru baleného do papírových barevných obalů byl detekován DBP v obalu v koncentracích $56 - 64 \text{ mg.kg}^{-1}$ a po 4 měsících skladování cukru (při pokojové teplotě) byl detekován DBP v rozsahu $0,5 - 1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Aurela et al., 1999). Také papírové obaly mohou obsahovat některé PAE, které se používají z důvodu lepší přilnavosti barevného potisku na obal. Zhang et al. (2008) detekovali ve více než 60 % papírových obalů importovaných potravin významné zastoupení DBP ($0,14 - 55 \text{ mg.kg}^{-1}$) a DiNP ($0,09 - 20 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Komplexní studii prezentovali Balafas et al. (1999), kteří provedli analýzu obalových materiálů mléčných produktů, pečených výrobků, pečiva, nápojů, snídaňových cereálií, cukrovinek, těstovin a dalších potravin, používaných v letech 1996 – 1997. Ze 136 analyzovaných vzorků, všechny obsahovaly nejméně jeden ze zjišťovaných ftalátů (DMP: di-methyl ftalát, DEP: di-ethyl ftalát, DBP: di-n-butyl ftalát, BBP: benzylbutyl ftalát, DEHP: di-2-ethylhexyl ftalát, DOP: di-n-octyl ftalát, DEHA: di-2-ethylhexyl adipát). DEP a DOP byly detekovány pouze ve stopových množstvích. Ve vyšším zastoupení byl DEHP, DBP, BBP a DEHA. Celkové koncentrace ftalátů se pohybovaly od 5 do $8160 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$ a demonstrovaly široké rozmezí použití plastifikátorů v obalovém průmyslu během 12měsíčního období. DEHP byl nejčastěji detekovaný plastifikátor ve všech vzorcích. Jeho obsah se pohyboval od 2 do $7058 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$, následoval DBP (nedetekován až $4750 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$), DEHA (nedetekován až $1728 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$), BBP (nedetekován až $2716 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$), DOP (nedetekován až $35 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$), DEP (nedetekován až $8 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$) a DMP (nedetekován). Zjištěná data naznačují, že DEHP a DBP hrají významnější roli v obalovém průmyslu než DOP, DEP nebo DMP. Celkově

byly nejvyšší koncentrace plastifikátorů detekovány v tištěných polyethylenových materiálech, z toho důvodu mohly být základním zdrojem plastifikátorů tiskařské inkousty. Dalšími zdroji těchto sloučenin by mohla být výrobní linka aditiv nebo kontakt s ostatními složkami během výroby a transportu.

Studii obalových materiálů provedli i Gajdůšková et al. (1996). Analyzované vzorky zahrnovaly obaly cukrovinek, oplatků, masných a mléčných výrobků, mražených produktů, zeleniny, bramborových lupínků a dalších potravin oblíbených u dětí. Hodnoty DEHP a DBP byly stanoveny u všech 42 vzorků v koncentracích od jednotek do 1000 μg v obalu. Obsah PAE byl sledován zvláště v potištěných a nepotištěných částech obalů, výsledky potvrdily, že tiskařský inkoust byl příčinou zvýšené koncentrace ftalátů.


Mezi studie prokazující vyšší obsah ftalátů v potištěných obalových materiálech patří i studie Xue et al. (2010), kteří analyzovali 13 potištěných materiálů, které jsou ve styku s potravinami. Pro srovnávací účely byly analyzovány 4 vzorky, které potištěny nebyly. Výsledky prokazovaly vyšší obsah ftalátů v materiálech s potiskem, než bez potisku. Z tohoto důvodu došlo k testování 8 typů tiskových barev, které se používají pro potisk obalů. Bylo potvrzeno, že tiskařské barvy jsou hlavním zdrojem ftalátů.

5.2 Výsledky koncentrace PAE v díle a v masných výrobcích


5.2.1 Výsledky koncentrace PAE ve vybraných obalech a v masných výrobcích v závislosti na době skladování a použitém obalu (pokus 1)

Pro sledování migrace ftalátů z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a použitém obalu, byl vyroben modelový masný výrobek typu „Gothajský salám“, který obsahoval 30 % tuku. Byla provedena analýza díla ($n = 6$) před balením výrobku, s cílem zjistit, zda zdroj kontaminace potravin ftaláty je obal. Pro každý obal bylo vyrobeno 30 vzorků masných výrobků. Celkem bylo vyrobeno a zabaleno 150 vzorků. Byl proveden odběr masných výrobků 1., 7., 14., 21. a 28. den skladování, vždy v šesti opakováních. Pro sledování migrace byly použity níže uvedené obaly (dle Tab. 5 se jedná o obal číslo 68, 69, 70, 71 a 72), které sice splňovaly migrační limit ($10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2}$), ale byl u nich překročen specifický migrační limit pro DBP ($0,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a DEHP ($1,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje obalů číslo 68, 69, 70, 71 a 72 jsou uvedeny v Tab. 7 – 11.


Tab. 7 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 68

OBAL 68			
	DBP	DEHP	
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$		
	Průměr	4,4	19,1
	MIN	4,2	18,4
	MAX	4,5	19,8
	SD	0,1	0,7
	Rozptyl	0,0	0,5
Charakteristika: textilní barevný obal určený na balení tepelně opracovaných masných výrobků			


Tab. 8 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 69

OBAL 69			
	DBP	DEHP	
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$		
	Průměr	8,3	16,8
	MIN	8,1	15,9
	MAX	8,4	17,6
	SD	0,2	0,9
	Rozptyl	0,0	0,7
Charakteristika: textilní barevný obal určený na balení tepelně opracovaných masných výrobků			


Tab. 9 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 70

OBAL 70			
	DBP	DEHP	
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$		
	Průměr	24	103,3
	MIN	19,4	98,6
	MAX	28,5	108,1
	SD	4,6	4,8
	Rozptyl	21,1	22,8
Charakteristika: textilní barevný obal určený na balení tepelně opracovaných masných výrobků			

Tab. 10 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 71

OBAL 71			
	DBP	DEHP	
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$		
	Průměr	15,1	26,5
	MIN	14,3	22,7
	MAX	15,9	30,3
	SD	0,8	3,8
	Rozptyl	0,6	14,4
Charakteristika: textilní barevný obal určený na balení tepelně opracovaných masných výrobků			

Tab. 11 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 72

OBAL 72			
	DBP	DEHP	
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$		
	Průměr	5,3	0,3
	MIN	5	0,1
	MAX	5,5	0,5
	SD	0,3	0,2
	Rozptyl	0,1	0,0
	Charakteristika: textilní barevný obal určený na balení tepelně opracovaných masných výrobků		

Koncentrace DBP a DEHP v díle a v masných výrobcích v závislosti na době skladování jsou uvedeny v Tab. 12 – 13.

Tab. 12 Koncentrace DBP a DEHP ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v díle; ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Dílo	DBP	Průměr	ND
		MIN	0,0
		MAX	0,0
		SD	0,0
		Rozptyl	0,0
	DEHP	Průměr	ND
		MIN	0,0
		MAX	0,0
		SD	0,0
		Rozptyl	0,0

Tab. 13 Koncentrace DBP a DEHP (mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v masných výrobcích (vz. 68, 69, 70, 71 a 72) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování; ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$

Den skladování		Vzorek č.					
		68	69	70	71	72	
1. den	DBP	Průměr	0,4	0,2	ND	0,3	0,3
		MIN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
		MAX	1,3	0,7	0,2	0,6	0,8
		SD	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2
		Rozptyl	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0
	DEHP	Průměr	0,6	1,5	1,7	2,4	1,9
		MIN	0,1	0,0	1,1	1,6	1,2
		MAX	1,4	3,4	2,5	3,1	2,5
		SD	0,4	1,4	0,4	0,6	0,5
		Rozptyl	0,2	2,0	0,2	0,4	0,2
7. den	DBP	Průměr	1,3	0,7	0,2	0,4	0,6
		MIN	0,6	0,4	0,0	0,0	0,3
		MAX	2,4	1,1	0,3	0,9	1,3
		SD	0,7	0,3	0,1	0,3	0,3
		Rozptyl	0,5	0,1	0,0	0,1	0,1
	DEHP	Průměr	8,8	11,9	7,1	7,9	9,3
		MIN	6,3	6,4	4,0	5,3	6,1
		MAX	10,9	16,7	11,0	12,8	12,2
		SD	1,9	4,1	2,3	2,7	2,1
		Rozptyl	3,6	16,6	5,2	7,4	4,6
14. den	DBP	Průměr	2,1	1,8	4,4	4,7	6,8
		MIN	0,8	0,7	2,3	3,4	5,0
		MAX	3,9	2,5	5,9	5,7	8,7
		SD	1,1	0,6	1,1	0,7	1,5
		Rozptyl	1,2	0,4	1,2	0,5	2,1
	DEHP	Průměr	11,3	19,1	12,1	13,1	10,6
		MIN	7,6	13,8	8,1	10,7	7,4
		MAX	13,7	23,8	18,2	15,3	13,5
		SD	2,3	3,6	3,7	1,6	2,3
		Rozptyl	5,3	13,0	13,4	2,6	5,4

Tab. 13 Koncentrace DBP a DEHP (mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v masných výrobcích (vz. 68, 69, 70, 71 a 72) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování; ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pokračování)

Den skladování		Vzorek č.					
		68	69	70	71	72	
21. den	DBP	Průměr	3,1	2,9	6,6	5,2	8,0
		MIN	1,7	1,6	5,4	4,7	6,5
		MAX	5,6	3,6	7,5	5,7	9,3
		SD	1,4	0,7	0,7	0,4	0,9
		Rozptyl	1,9	0,4	0,5	0,1	0,9
	DEHP	Průměr	14,4	21,6	13,8	13,2	10,8
		MIN	9,7	8,4	8,8	10,6	8,6
		MAX	24,0	30,1	20,0	15,4	12,5
		SD	4,9	7,0	4,3	1,6	1,3
		Rozptyl	23,8	48,5	18,7	2,5	1,6
28. den	DBP	Průměr	3,4	4,3	8,3	6,1	11,1
		MIN	1,1	2,8	5,2	5,0	8,5
		MAX	5,8	5,6	9,6	6,7	13,8
		SD	1,5	0,9	1,4	0,5	1,8
		Rozptyl	2,2	0,8	2,0	0,3	3,1
	DEHP	Průměr	14,7	28,2	14,8	13,2	15,4
		MIN	4,2	18,3	10,1	10,6	12,0
		MAX	21,3	33,4	22,2	16,7	20,9
		SD	5,4	4,9	4,4	2,1	2,9
		Rozptyl	29,1	23,6	19,3	4,4	8,6

Dílo Gothajského salámu neobsahovalo analyzované ftaláty (Tab. 12). Dle naměřených hodnot byla detekována zvyšující se koncentrace DBP a DEHP v masných výrobcích po dobu skladování. Zdroj kontaminace masných výrobků ftaláty byly v tomto případě použité obaly. Naměřené hodnoty (Tab. 13) byly konfrontovány s nařízením komise (EU) č. 10/2011, které definuje specifický migrační limit pro DBP $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pro DEHP $1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$. Zvýrazněné hodnoty v Tab. 12 poukazují na překračující specifické migrační limity.

Průměrná koncentrace DBP se u vzorku *masného výrobku – obal číslo 68* – pohybovala v rozmezí od 0,4 do $3,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku a obsah DEHP se pohyboval v rozmezí od 0,6 do $14,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku. Ftaláty v masném výrobku již po prvním dni skladování překračovaly specifický migrační limit pro DBP

(0,4 mg.kg⁻¹ původního vzorku). Migrační limit pro DEHP byl překročen 7. den skladování (8,8 mg.kg⁻¹ původního vzorku).

Průměrný obsah DBP se u vzorku *masného výrobku – obal číslo 69* – pohyboval v rozmezí od 0,2 do 4,3 mg.kg⁻¹ původního vzorku a koncentrace DEHP se pohybovala v rozmezí od 1,5 do 28,2 mg.kg⁻¹ původního vzorku. Ftaláty v masném výrobku překračovaly specifický migrační limit pro DBP od 7. dne skladování (0,7 mg.kg⁻¹ původního vzorku). Již po prvním dni skladování byla detekována limitní hodnota specifického migračního limitu pro DEHP (1,5 mg.kg⁻¹ původního vzorku).

Průměrná koncentrace DBP se u vzorku *masného výrobku – obal číslo 70* – pohybovala v rozmezí od 0,1 do 8,3 mg.kg⁻¹ původního vzorku a obsah DEHP se pohyboval v rozmezí od 1,7 do 14,8 mg.kg⁻¹ původního vzorku. Ftaláty v masném výrobku přesahovaly specifický migrační limit pro DBP 14. den skladování (4,4 mg.kg⁻¹ původního vzorku). Překročený limit pro DEHP byl detekován již po prvním dni skladování (1,7 mg.kg⁻¹ původního vzorku).

Průměrná koncentrace DBP se u vzorku *masného výrobku – obal číslo 71* – pohybovala v rozmezí od 0,3 do 6,1 mg.kg⁻¹ původního vzorku a obsah DEHP se pohyboval v rozmezí od 2,4 do 13,2 mg.kg⁻¹ původního vzorku. Již po prvním dni skladování byla detekována limitní hodnota specifického migračního limitu pro DBP (0,3 mg.kg⁻¹ původního vzorku) a také byl překročen specifický migrační limit pro DEHP (2,4 mg.kg⁻¹ původního vzorku).

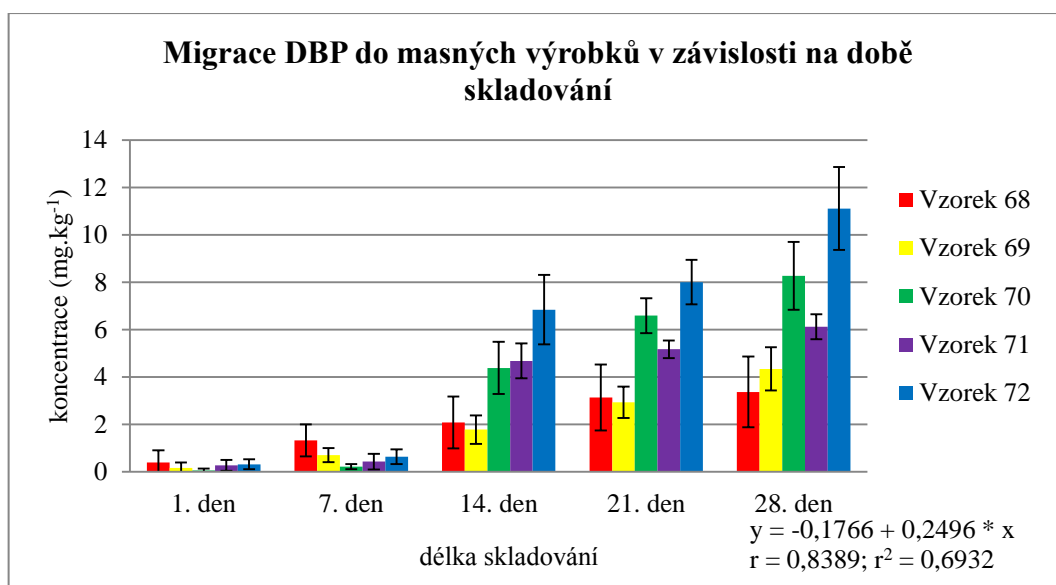
Průměrná koncentrace DBP se u vzorku *masného výrobku – obal číslo 72* – pohybovala v rozmezí od 0,3 do 11,1 mg.kg⁻¹ původního vzorku a obsah DEHP se pohyboval v rozmezí od 1,9 do 15,4 mg.kg⁻¹ původního vzorku. Již po prvním dni skladování byla detekována limitní hodnota specifického migračního limitu pro DBP (0,3 mg.kg⁻¹ původního vzorku) a také byl překročen specifický migrační limit pro DEHP (1,9 mg.kg⁻¹ původního vzorku).

Migrace DBP, DEHP a DBP+DEHP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování jsou zobrazeny na Obr. 18 – 20.

5.2.1.1 Migrace DBP z obalů do masných výrobků po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování

Na základě naměřených hodnot (Tab. 13) můžeme konstatovat, že u vzorku *číslo 68* byl obsah DBP na konci doby skladování (28. den) přibližně 8x vyšší, než detekovaný obsah DBP po 1. dni skladování. U vzorku *číslo 69* byl obsah DBP na konci doby

skladování (28. den) přibližně 27x vyšší, než detekovaný obsah DBP po 1. dni skladování. *Vzorek číslo 70* představoval na konci doby skladování (28. den) přibližně 138x vyšší obsah DBP než obsah DBP po 1. dni skladování. Obsah DBP u *vzorku číslo 71* byl na konci doby skladování (28. den) přibližně 23x vyšší než obsah DBP po 1. dni skladování. U *vzorku číslo 72* byl obsah DBP na konci doby skladování (28. den) přibližně 35x vyšší, než detekovaný obsah DBP po 1. dni skladování. Migrace DBP z obalů do masných výrobků po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 18.



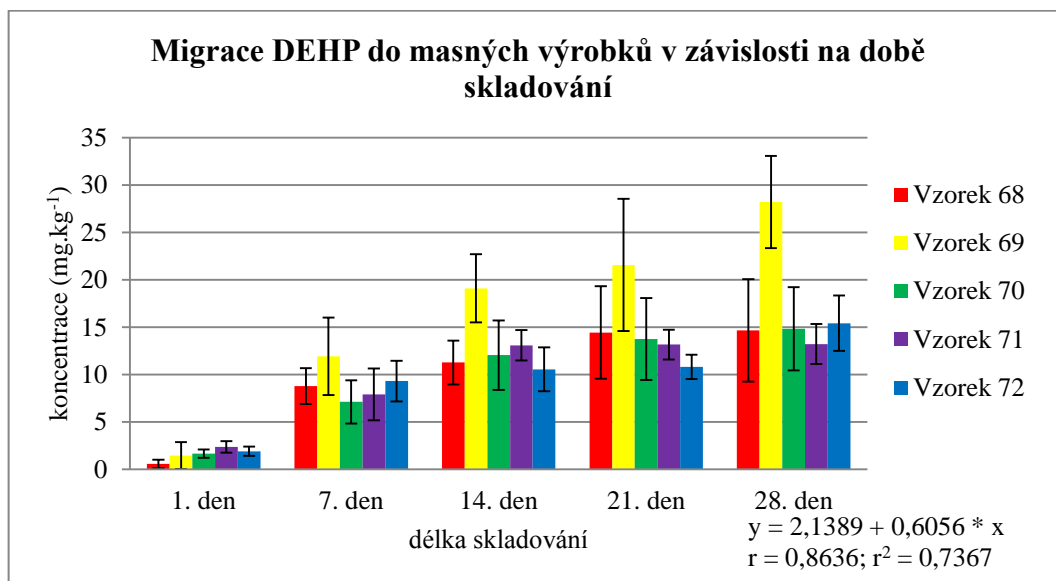
Obr. 18 Koncentrace DBP (y ; $mg.kg^{-1}$) v masných výrobcích po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DBP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování statisticky vysoce významně průkazná ($p < 0,001$).

5.2.1.2 Migrace DEHP z obalů do masných výrobků po 1., 7., 14., 21. a 28 dni skladování

Na základě naměřených hodnot (Tab. 13) můžeme konstatovat, že u *vzorku číslo 68* byl obsah DEHP na konci doby skladování (28. den) přibližně 25x vyšší, než detekovaný obsah DEHP po 1. dni skladování. U *vzorku číslo 69* byl obsah DEHP na konci doby skladování (28. den) přibližně 19x vyšší, než detekovaný obsah DEHP po 1. dni skladování. *Vzorek číslo 70* představoval na konci doby skladování (28. den) přibližně

9x vyšší obsah DEHP než obsah DEHP po 1. dni skladování. Obsah DEHP u *vzorku číslo 71* byl na konci doby skladování (28. den) přibližně 6x vyšší než obsah DEHP po 1. dni skladování. U *vzorku číslo 72* byl obsah DEHP na konci doby skladování (28. den) přibližně 8x vyšší, než detekovaný obsah DEHP po 1. dni skladování. Migrace DEHP z obalů do masných výrobků po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 19.

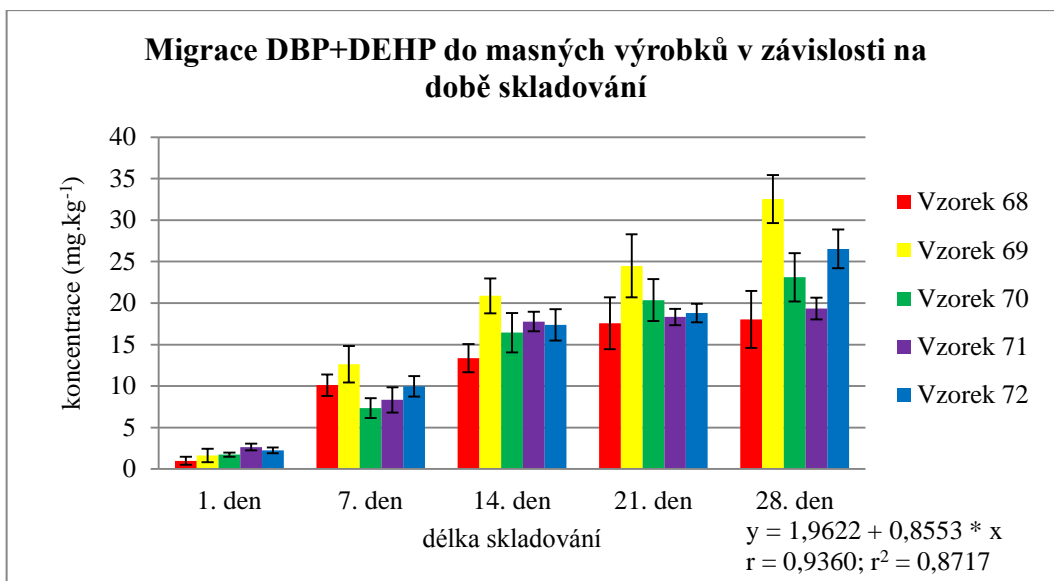


Obr. 19 Koncentrace DEHP (y ; mg.kg^{-1}) v masných výrobcích po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DEHP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování statisticky vysoce významně průkazná ($p < 0,001$).

5.2.1.3 Migrace DBP+DEHP z obalů do masných výrobků po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DBP+DEHP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování statisticky vysoce významně průkazná ($p < 0,001$).



Obr. 20 Koncentrace DBP+DEHP (y ; mg.kg^{-1}) v masných výrobcích po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)

Ke kontaminaci potravin ftaláty dochází prostřednictvím znečištěného prostředí, kontaminované vstupní suroviny nebo k ní může dojít přestupem ftalátů během výrobního procesu, skladování či přípravy a servírování. Nejvyšší koncentrace ftalátů nacházíme v potravinách s vyšším obsahem tuku, jako jsou mléko, mléčné výrobky, ryby, maso nebo rostlinné oleje (Fankhauser-Noti a Grob, 2006; Corea-Tellez et al., 2008).

Studie mnoha autorů se zabývají migračním chováním ftalátů. Shuangling a Kangquan (2009) zjistili, že se migrace DEHP z PVC fólie do masa zvyšovala s rostoucí teplotou a časem. Maximální migrace byla při 90 °C a 30 minutách působení ($75,12 \text{ mg.dm}^{-2}$). Celkový migrační limit (10 mg.dm^{-2}) byl překročen při všech sledovaných kombinacích času a teploty, kromě kombinace 10 °C a <41 hodin, kde migraci nepozorovali.

Dle Chen et al. (2008) roste významně přechod DEHP z PVC obalové fólie do potraviny po 3minutovém záhřevu v mikrovlnné troubě.

Barros et al. (2011) ve své studii provedl analýzu potravin, které by mohly být kontaminovány DEHP a DEHA. Bylo sledováno 18 různých potravin s nejméně 3 % tuku, s možností zabalení do plastových fólií. Studie prokázala, že všechny potraviny byly kontaminovány DEHP a DEHA, kdy obsah sledovaných ftalátů se zvyšoval s délkou skladování.

Stanovením ftalátů u balených i nebalených surovin a potravin rostlinného i živočišného původu se zabývali Jarošová et al. (1997). Hodnoty DBP se u celkem 30

odebraných vzorků pohybovaly v koncentracích od méně než 0,01 do 1,31 mg.kg⁻¹, DEHP byl prokázán v koncentracích od méně než 0,01 do 0,22 mg.kg⁻¹, suma obou ftalátů byla od méně než 0,01 do 1,92 mg.kg⁻¹ vzorku (drůbež, maso, syrové sádlo, masné výrobky, mléko, rostlinné oleje). Jeden vzorek (balená kachna) dokonce překročil tehdejší hygienický limit 1 mg.kg⁻¹ potravin.

Tsumara et al. (2001) sledovali obsah ftalátů v deseti vzorcích obědových polotovarů balených do plastových obalů. Množství DEHP ve vzorcích se pohybovala od 45 do 517 ng.g⁻¹, s průměrnou hodnotou 198 ng.g⁻¹. Obsah DBP nebyl detekován v žádném vzorku. Zhang et al. (2009) sledovali obsah DBP v domácích i zahraničních obalech a potravinách prodávaných v USA. Koncentrace DBP ve sledovaných obalech byla v rozmezí 50,01 do 81 mg.kg⁻¹. Koncentrace DBP u analyzovaných potravin se pohybovala v rozmezí od 0,14 do 55 mg.kg⁻¹, většinou byla koncentrace nižší než 20 mg.kg⁻¹. V mnohých obalech byla přítomnost DBP v potravinách spojená s potiskovou barvou.

Hlavním zdrojem ftalátů v potravinách, zejména v potravinách s vysokým obsahem tuku je jejich přímý kontakt s povrchy výrobního zařízení a obalového materiálu. Tsumara et al. (2001) prokázali zvyšující se koncentraci DEHP v kuřatech. Z původní hodnoty 0,080 mg.kg⁻¹ před vařením vzrostl obsah DEHP na 13,10 mg.kg⁻¹ po smažení na teflonové pánvi a dále na 16,90 mg.kg⁻¹ po zabalení.

U mléčných produktů pochází více než 80 % z celkové koncentrace ftalátů, pohybující se od 50 do 200 µg.kg⁻¹ v běžném mléku, z dojícího zařízení. Další zpracování a balení mohou vést ke vzrůstu koncentrací DEHP ve smetaně a sýrových produktech (Casajuana a Lacorte, 2004).

Koncentrace DEHP v množství 11,1 µg.kg⁻¹ v potravinách může být přisuzována vyluhování DEHP z PVC rukavic používaných během přípravy potravin. Analýza jídel připravených ve třech nemocnicích v Japonsku odhalila, že samotné použití rukavic může přispět k 600 µg DEHP expozici potravin za den. Denní jídla z těchto nemocnic průměrně obsahují 160 µg DEHP, 12,5 µg di(2-ethylhexyl) adipátu (DEHA), 4,7 µg DiNP a 3,4 µg BBP. Jednorázové PVC rukavice použité během přípravy jídla byly posouzeny jako jeden ze zdrojů vysoké kontaminace DEHP (Tsumara et al., 2001).

V některých případech zdrojem ftalátů nemusí být obal používaný pro balení potravin, ale technologické zařízení. K takovému zjištění dospěli Bach et al. (2012) u balených vod. Minerální voda balená do PET láhve, kde se ftaláty jako změkčovadla nepoužívaly, byla kontaminována zařízením ze stáčecích linek.


5.2.1.4 Zhodnocení korelace mezi obsahem DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalových materiálech a masných výrobcích

Mezi detekovanými koncentracemi DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalových materiálech a koncentracemi DBP, DEHP a DBP+DEHP v masných výrobcích nebyla v souhrnu za celou dobu skladování (28 dní) prokázána statistická závislost ($p > 0,05$).


5.2.2 Výsledky koncentrace PAE ve vybraných obalech a v masných výrobcích v závislosti na době skladování, použitém obalu a obsahu tuku (pokus 2)

Pro sledování migrace ftalátů z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování, použitém obalu a obsahu tuku byl vyroben modelový masný výrobek typu „Gothajský salám“, který obsahoval 10 %, 30 % a 50 % tuku. Byla provedena analýza díla ($n = 18$, tj. $n_{10\% \text{ tuku}} = 6$ vzorků, $n_{30\% \text{ tuku}} = 6$ vzorků, $n_{50\% \text{ tuku}} = 6$ vzorků) před balením výrobku, s cílem zjistit, zda zdroj kontaminace potravin ftaláty je obal a zda rozdílné procento tuku bude mít vliv na uvolňování ftalátů do masného výrobku. Pro každý obal bylo vyrobeno 30 vzorků salámů s danou tučností (dohromady 30 vzorků s 10 % tuku, 30 vzorků s 30 % tuku a 30 vzorků s 50 % tuku). Celkem bylo vyrobeno a zabaleno 450 vzorků (150 vzorků s 10% tučností, 150 vzorků s 30% tučností a 150 vzorků s 50% tučností). Byl proveden odběr masných výrobků 1., 7., 14., 21. a 28. den skladování, vždy v šesti opakováních. Pro sledování migrace byly použity níže uvedené obaly (dle Tab. 5 se jedná o obal číslo 81, 82, 83, 84 a 85), které sice splňovaly migrační limit (10 mg.dm^{-2}), ale byl u nich překročen specifický migrační limit pro DBP ($0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$) a DEHP ($1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$). Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g.dm}^{-2}$) a základní statistické údaje obalů číslo 81, 82, 83, 84 a 85 jsou uvedeny v Tab. 14 – 18.


Tab. 14 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 81

OBAL 81			
	DBP	DEHP	
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$		
	Průměr	21,5	95,4
	MIN	20,1	91,2
	MAX	23,0	99,7
	SD	1,5	4,2
	Rozptyl	2,1	17,8
Charakteristika: plastový obal s potiskem určený na balení tepelně opracovaných masných výrobků			


Tab. 15 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 82

OBAL 82			
	DBP	DEHP	
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$		
	Průměr	14,1	64,8
	MIN	13,1	63,2
	MAX	15,1	66,3
	SD	1,0	1,5
	Rozptyl	1,0	2,4
Charakteristika: plastový obal s potiskem určený na balení tepelně opracovaných masných výrobků			


Tab. 16 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 83

OBAL 83			
	DBP	DEHP	
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$		
	Průměr	18,3	88,1
	MIN	17,4	84,4
	MAX	19,3	91,9
	SD	1,0	3,7
	Rozptyl	1,0	13,9
Charakteristika: celulózový obal s potiskem určený na balení trvanlivých masných výrobků			

Tab. 17 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 84

OBAL 84			
	DBP	DEHP	
	$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$		
	Průměr	39,1	135,0
	MIN	36,9	132,6
	MAX	41,4	137,3
	SD	2,3	2,3
	Rozptyl	5,2	5,4
Charakteristika: plastový obal s potiskem určený na balení tepelně opracovaných masných výrobků			

Tab. 18 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 85

OBAL 85			
		DBP	DEHP
		$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$	
	Průměr	27,4	108,6
	MIN	25,9	98,6
	MAX	29,0	118,6
	SD	1,6	10,0
	Rozptyl	2,5	99,4
Charakteristika: plastový obal s potiskem určený na balení tepelně opracovaných masných výrobků			

Průměrné koncentrace DBP a DEHP v díle a masných výrobcích v závislosti na době skladování a obsahu tuku jsou uvedeny v Tab. 19 – 20.

Tab. 19 Koncentrace DBP a DEHP ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v díle; ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

		Obsah tuku (%)			
		10	30	50	
Dílo	DBP	Průměr	ND	ND	ND
		MIN	0,0	0,0	0,0
		MAX	0,0	0,0	0,0
		SD	0,0	0,0	0,0
		Rozptyl	0,0	0,0	0,0
	DEHP	Průměr	ND	ND	ND
		MIN	0,0	0,0	0,0
		MAX	0,0	0,0	0,0
		SD	0,0	0,0	0,0
		Rozptyl	0,0	0,0	0,0

Tab. 20 Koncentrace DBP a DEHP ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v masných výrobcích s obsahem tuku 10, 30 a 50 % (vz. 81, 82, 83, 84 a 85) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Den skladování	Obsah tuku (%)	Vzorek č.															
		81			82			83			84			85			
		10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	
1. den	DBP	Průměr	0,2	2,1	3,6	ND	0,6	1,2	ND	ND	ND	0,7	0,9	0,9	0,7	1,8	3,6
		MIN	0,0	1,8	2,6	0,0	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,3	1,2	3,1
		MAX	0,8	2,5	4,3	0,0	0,9	1,6	0,0	0,0	0,0	1,5	1,3	1,9	1,2	2,9	4,4
		SD	0,3	0,3	0,6	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,7	0,3	0,6	0,5
		Rozptyl	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,5	0,1	0,4	0,2
	DEHP	Průměr	2,2	3,3	5,0	ND	1,2	4,8	ND	0,7	1,3	0,8	1,9	3,9	1,4	2,2	7,1
		MIN	0,4	1,5	3,3	0,0	0,7	3,1	0,0	0,4	0,9	0,2	0,2	0,8	0,5	1,1	5,1
		MAX	7,8	5,3	6,1	0,2	2,4	9,9	0,0	0,9	1,6	1,7	2,9	7,9	3,1	3,3	10,3
		SD	2,5	1,3	0,9	0,1	0,6	2,4	0,0	0,1	0,2	0,5	0,9	2,6	1,0	0,7	1,6
		Rozptyl	6,5	1,8	0,8	0,0	0,3	5,7	0,0	0,0	0,1	0,2	0,7	6,7	1,0	0,5	2,7
	Rozptyl	0,8	1,4	0,4	0,0	0,1	7,8	0,0	0,1	0,1	0,0	0,5	3,7	0,1	1,0	1,6	

Tab. 20 Koncentrace DBP a DEHP (mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v masných výrobcích s obsahem tuku 10, 30 a 50 % (vz. 81, 82, 83, 84 a 85) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pokračování)

Den skladování	Obsah tuku (%)	Vzorek č.															
		81			82			83			84			85			
		10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	
7. den	DBP	Průměr	0,5	2,2	3,9	ND	0,7	2,4	ND	ND	ND	0,8	1,1	1,1	0,7	2,0	4,9
		MIN	0,3	2,0	3,2	0,0	0,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	0,8	0,5	1,1	3,3
		MAX	0,7	2,4	5,0	0,0	0,9	2,9	0,0	0,0	0,1	1,3	1,3	1,4	0,9	3,2	7,0
		SD	0,1	0,2	0,7	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,2	0,1	0,8	1,3
		Rozptyl	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	1,6
	DEHP	Průměr	3,3	3,5	5,0	ND	1,4	6,5	ND	0,7	1,7	1,0	2,2	8,5	1,5	2,7	7,9
		MIN	2,4	1,6	4,3	0,1	0,9	2,9	0,0	0,3	1,3	0,7	1,2	6,1	0,9	1,6	6,2
		MAX	5,0	5,0	6,1	0,2	1,7	9,5	0,0	1,2	2,1	1,1	3,2	11,0	1,8	4,7	9,7
		SD	0,9	1,2	0,7	0,0	0,3	2,8	0,0	0,3	0,3	0,1	0,7	1,9	0,3	1,0	1,3
		Rozptyl	0,8	1,4	0,4	0,0	0,1	7,8	0,0	0,1	0,1	0,0	0,5	3,7	0,1	1,0	1,6

Tab. 20 Koncentrace DBP a DEHP (mg.kg^{-1}) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v masných výrobcích s obsahem tuku 10, 30 a 50 % (vz. 81, 82, 83, 84 a 85) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pokračování)

Den skladování	Obsah tuku (%)	Vzorek č.															
		81			82			83			84			85			
		10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	
14. den	DBP	Průměr	0,5	2,2	4,6	ND	0,7	2,4	ND	ND	ND	0,8	1,1	1,2	0,7	2,2	6,3
		MIN	0,3	1,6	3,6	0,0	0,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,6	0,8	1,0	0,4	1,9	5,1
		MAX	0,5	2,8	5,5	0,0	0,8	3,1	0,0	0,0	0,1	1,1	1,4	1,4	1,0	2,9	7,4
		SD	0,1	0,4	0,7	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,7
		Rozptyl	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6
	DEHP	Průměr	3,4	3,5	6,3	ND	1,4	6,7	ND	0,8	1,8	1,0	2,3	9,6	1,5	2,7	8,0
		MIN	2,0	2,8	5,1	0,1	1,0	2,3	0,0	0,7	1,4	0,5	2,0	8,2	1,0	2,4	7,0
		MAX	4,2	4,3	7,8	0,2	2,3	11,7	0,0	0,9	2,1	1,2	2,8	10,9	1,8	3,5	8,6
		SD	0,7	0,6	1,0	0,0	0,5	3,8	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,9	0,3	0,4	0,6
		Rozptyl	0,5	0,4	0,9	0,0	0,2	14,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,7	0,1	0,2	0,3

Tab. 20 Koncentrace DBP a DEHP ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v masných výrobcích s obsahem tuku 10, 30 a 50 % (vz. 81, 82, 83, 84 a 85) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (pokračování)

Den skladování	Obsah tuku (%)	Vzorek č.															
		81			82			83			84			85			
		10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	
21. den	DBP	Průměr	0,5	2,3	4,7	ND	0,7	3,1	ND	ND	ND	1,2	1,2	1,6	0,9	2,4	6,7
		MIN	0,3	1,4	3,5	0,0	0,1	2,7	0,0	0,0	0,0	0,8	1,3	1,2	0,5	1,3	5,4
		MAX	0,7	2,8	5,6	0,0	0,9	3,5	0,0	0,0	0,1	2,4	3,6	1,9	1,4	3,6	7,8
		SD	0,1	0,5	0,6	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,6	0,8	0,2	0,3	0,8	0,8
		Rozptyl	0,0	0,2	0,4	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,7	0,1	0,1	0,7	0,7
	DEHP	Průměr	3,4	3,6	6,4	0,2	1,4	8,2	ND	0,9	1,8	1,8	2,5	11,3	2,3	2,9	8,5
		MIN	2,7	2,8	4,7	0,1	0,7	6,0	0,0	0,7	1,5	1,3	2,3	8,3	1,4	2,3	7,0
		MAX	4,5	4,2	7,7	0,2	2,1	11,2	0,0	1,1	2,1	3,2	3,7	13,5	3,4	3,7	10,6
		SD	0,6	0,6	0,9	0,0	0,5	1,8	0,0	0,1	0,2	0,7	0,5	1,8	0,7	0,5	1,3
		Rozptyl	0,3	0,3	0,8	0,0	0,2	3,4	0,0	0,0	0,1	0,5	0,2	3,4	0,5	0,2	1,6

Tab. 20 Koncentrace DBP a DEHP ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v masných výrobcích s obsahem tuku 10, 30 a 50 % (vz. 81, 82, 83, 84 a 85) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (pokračování)

Den skladování	Obsah tuku (%)	Vzorek č.															
		81			82			83			84			85			
		10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	
28. den	DBP	Průměr	0,7	2,5	4,7	0,2	1,0	3,6	ND	ND	ND	1,3	1,3	1,6	1,2	2,9	8,0
		MIN	0,3	2,1	3,5	0,2	0,0	3,0	0,0	0,0	0,1	1,0	0,9	1,1	0,9	2,7	6,5
		MAX	1,1	3,3	5,3	0,3	2,5	4,2	0,0	0,0	0,1	1,6	1,6	2,1	1,6	3,2	9,9
		SD	0,3	0,4	0,6	0,0	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	1,2
		Rozptyl	0,1	0,2	0,3	0,0	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	1,4
	DEHP	Průměr	3,6	3,8	6,5	0,4	1,5	8,3	0,2	1,0	2,5	2,0	2,7	11,7	2,9	3,3	8,5
		MIN	2,0	3,1	5,2	0,3	0,4	2,9	0,1	0,8	2,0	1,5	2,3	9,0	2,2	1,7	6,9
		MAX	5,1	4,8	7,4	0,6	2,7	14,9	0,3	1,1	3,1	2,4	3,3	14,6	4,1	4,0	11,0
		SD	1,0	0,6	0,7	0,1	0,9	4,4	0,0	0,1	0,4	0,3	0,3	2,2	0,7	0,7	1,4
		Rozptyl	1,0	0,3	0,6	0,0	0,8	19,7	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	4,7	0,5	0,5	1,9

Dle naměřených hodnot (Tab. 19) můžeme konstatovat, že dílo masného výrobku typu „Gothajský salám“ s 10 %, 30 % a 50 % tuku, neobsahovalo analyzované ftaláty. Zdrojem kontaminace masných výrobků ftaláty byly použité obaly.

Naměřené hodnoty (Tab. 20) byly konfrontovány s nařízením komise (EU) č. 10/2011, které definuje specifický migrační limit pro DBP $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pro DEHP $1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$. Zvýrazněné hodnoty v Tab. 20 překračovaly specifické migrační limity.

Průměrná koncentrace DBP se u *vzorku masného výrobku – obal číslo 81* pohybovala v rozmezí od $0,2$ do $0,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 10 % tuku, od $2,1$ do $2,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 30 % tuku a od $3,6$ do $4,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 50 % tuku. Obsah DEHP se pohyboval v rozmezí od $2,2$ do $3,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 10 % tuku, od $3,3$ do $3,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 30 % tuku a od $5,0$ do $6,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 50 % tuku. Modelový masný výrobek s 10% tučností překračoval specifický migrační limit pro DBP 7. den skladování ($0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku). Masný výrobek s 30% (2,1 mg.kg^{-1} původního vzorku) a 50% tučností ($3,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku) překračoval specifický migrační limit pro DBP již po 1. dni skladování. Specifický migrační limit pro DEHP byl překročen u masného výrobku s 10% ($2,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku), 30% ($3,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku) a 50% tučností ($5,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku) již po 1. dni skladování.

Průměrná koncentrace DBP se u *vzorku masného výrobku – obal číslo 82* pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 10 % tuku, od $0,6$ do $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 30 % tuku a od $1,2$ do $3,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 50 % tuku. Obsah DEHP se pohyboval v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 10 % tuku, od $1,2$ do $1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 30 % tuku a od $4,8$ do $8,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 50 % tuku. Modelový masný výrobek s 10% tučností nepřekročil specifický migrační limit pro DBP za celé sledované období (28 dní). Masný výrobek s 30% ($0,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku) a 50% tučností ($1,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku) překračoval specifický migrační limit pro DBP již po 1. dni skladování. Specifický migrační limit pro DEHP nebyl překročen za celé sledované období (28 dní) u zabaleného modelového masného výrobku s 10% a 30% tučností. Specifický migrační limit pro DEHP byl

překročen u masného výrobku s 50% tučností ($4,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku) již po 1. dni skladování

U vzorku masného výrobku – obal číslo 83 – nebyl detekován ($<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) obsah DBP ve sledovaných masných výrobcích s 10 %, 30 % a 50 % tuku. Koncentrace DEHP se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot do $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 10 % tuku, od $0,7$ do $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 30 % tuku a od $1,3$ do $2,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 50 % tuku. Vzhledem k tomu, že DBP nebyl detekován v masném výrobku s 10% a 30% a 50% tučností, zabaleném v obalu číslo 83, nebyl tedy překročen specifický migrační limit za celé sledované období (28 dní). Specifický migrační limit pro DEHP nebyl překročen za celé sledované období (28 dní) u zabaleného modelového masného výrobku s 10 a 30% tučností. Překročený specifický migrační limit pro DEHP byl detekován u masného výrobku s 50% tučností ($1,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku), a to 7. den skladování.

Průměrná koncentrace DBP se u vzorku masného výrobku – obal číslo 84 – pohybovala v rozmezí od $0,7$ do $1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 10 % tuku, od $0,9$ do $1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 30 % tuku a od $0,9$ do $1,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 50 % tuku. Obsah DEHP se pohyboval v rozmezí od $0,8$ do $2,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 10 % tuku, od $1,9$ do $2,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 30 % tuku a od $3,9$ do $11,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 50 % tuku. Překročený specifický migrační limit pro DBP byl detekován u masného výrobku s 10% ($0,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku), 30% ($0,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku) a 50% tučností ($0,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku) již po 1. dni skladování. Masný výrobek s 10% tučností překročil specifický migrační limit pro DEHP 21. den skladování ($1,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku). Masný výrobek s 30% ($1,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku) a 50% tučností ($3,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku) překračoval specifický migrační limit pro DEHP již po 1. dni skladování.

Průměrná koncentrace DBP se u vzorku masného výrobku – obal číslo 85 – pohybovala v rozmezí od $0,7$ do $1,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 10 % tuku, od $1,8$ do $2,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 30 % tuku a od $3,6$ do $8,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 50 % tuku. Obsah DEHP se pohyboval v rozmezí od $1,44$ do $2,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 10 % tuku, od $2,2$ do $3,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku – masný výrobek s 30 % tuku

a od 7,1 do 8,6 mg.kg⁻¹ původního vzorku – masný výrobek s 50 % tuku. Překročený specifický migrační limit pro DBP byl detekován u masného výrobku s 10% (0,7 mg.kg⁻¹), 30% (1,8 mg.kg⁻¹) a 50% tučností (3,6 mg.kg⁻¹) již po 1. dni skladování. Modelový masný výrobek s 10% tučností (2,3 mg.kg⁻¹ původního vzorku) překračoval specifický migrační limit pro DEHP 21. den skladování. Masný výrobek s 30% (2,2 mg.kg⁻¹ původního vzorku) a 50% tučností (7,1 mg.kg⁻¹ původního vzorku) překračoval specifický migrační limit pro DEHP již po 1. dni skladování.

Předložená práce poukazuje na skutečnost, že s teplotou, dobou skladování a obsahem tuku se obsah změkčovadel vyluhovaných z obalů do masných výrobků zvyšoval a toto zjištění koresponduje s výsledky jiných autorů.

Kondyli et al. (1992) se zabývali migrací di-n-octyl ftalátu (DOP) a di-octyl adipátu (DOA) z PVC do mletého masa s různým obsahem tuku, skladovaném při 4 °C a -20 °C. Po 8 dnech skladování při 4 °C do masa migrovalo od 2 do 80 mg.kg⁻¹ masa a po 212 dnech při -20 °C od 2 do 60 mg.kg⁻¹ masa plastifikátorů. Jejich experimenty prokázaly, že migrace ftalátů u vzorků s nižším obsahem tuku byla výrazně nižší.

Fierens et al. (2012b) sledovali vliv vaření na hladinu ftalátů u různých druhů potravin. Tato studie potvrdila, že koncentrace ftalátů v potravinách klesala po vaření, s výjimkou zeleniny, kde nebyl pozorován téměř žádný vliv. DEHP byl přítomen ve všech nevařených potravinách, a jeho koncentrace se po vaření snížila o 65,4 %.

Studie Cirillo et al. (2011) uvedla, že u potravin zabalených do plastových obalů byl detekován DEHP a DBP až poté, co byly potraviny zabaleny do polyethylenových obalů, což naznačuje migraci DEHP a DBP z obalů do potravin.

To, že dochází k uvolňování ftalátů z obalových materiálů dospěli i Moreira et al. (2015). Sledovali obsah osmi změkčovadel ve vzorcích koření a pečeném kuřecím masu uloženém v plastových obalech. Ve vzorcích byla nalezena změkčovadla: di-isobutyl ftalát a di-n-butyl ftalát, které migrovali z obalu. Vyšší koncentrace změkčovadel byly detekovány v koření.

Migraci plastifikátorů di-oktyl adipátu (DOA) a acetyltributyl citrátu (ATBC) sledovali Badeka et al. (1998) u mletého masa působením mikrovlnného záření. Vzorky se lišily obsahem tuku, všechny byly zabaleny do folie, která obsahovala PVC. Vzorky byly zahřívány v mikrovlnné troubě 0,5 – 4 minuty. Hodnoty migrace pro DOA a ATBC při obsahu tuku ve vzorcích 55 % a zahřívání vzorků po dobu 4 minut byly 846,0 mg.kg⁻¹ a 95,1 mg.kg⁻¹.

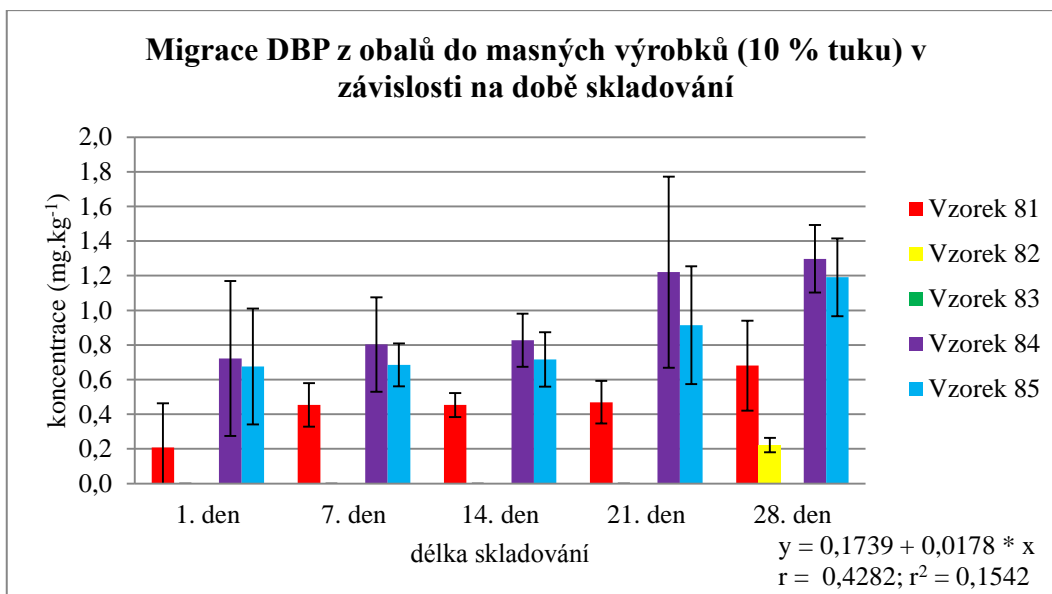
Zhang et al. (2008) stanovovali 2,6-di-isopropyl ftalát (DiPN) a di-n-butyl ftalát (DBP) v 110 domácích i zahraničních obalech a potravinách prodávaných v USA na tržištích. Koncentrace DiPN a DBP v obalech se pohybovaly v rozmezí od 0,09 do 20,0 a od 0,14 do 55 mg.kg⁻¹, většinou byly koncentrace nižší než 20 mg.kg⁻¹. DiPN nebyl detekován (<0,01 mg.kg⁻¹) u 41 vzorků potravin a DBP byl detekován pouze u dvou domácích a čtyř dovezených vzorků potravin s koncentrací od 0,01 do 0,81 mg.kg⁻¹. Přítomnost ftalátů byla součástí potiskových barev obalů.

Po dobu 14 dní Cirillo et al. (2013) sledovali obsah DBP a DEHP ve stravě pacientů v nemocnicích. Tato studie prokázala největší koncentrace sledovaných ftalátů v pečivu, a to DEHP 0,307 ± 0,138 µg.g⁻¹ původního vzorku a DBP 0,174 ± 0,091 µg.g⁻¹ původního vzorku. I když je pro tyto pacienty hlavní cesta expozice nemocniční zařízení, i strava s obsahem ftalátů může přispět ke zvýšení jejich příjmu.

Výsledky mnoha studií potvrzují kumulaci PAE v potravinách a matricích tukového charakteru. Průměrná koncentrace DEHP v pasterizovaném odstředěném mléce byla zjištěna 20 µg.kg⁻¹, ve srovnání s plnotučným mlékem 35 µg.kg⁻¹ a smetanou 1400 µg.kg⁻¹ (Castle et al., 1990). Hodnoty DEHP korelující s obsahem tuku v mléce také potvrdili ve studii Sharman et al. (1994). U mléka s obsahem tuku do 1 %, byl detekován výskyt DEHP v rozmezí 0,02 – 0,04 mg.kg⁻¹, 0,05 mg.kg⁻¹ DEHP u mléka s 1 % tuku, 0,10 – 0,38 mg.kg⁻¹ u mléka s 3 % tuku a 1,06 – 1,67 mg.kg⁻¹ u smetany o obsahu 35 % tuku.

5.2.2.1 Migrace DBP z obalů do masných výrobků (10 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování

Na základě naměřených hodnot (Tab. 20) můžeme konstatovat, že u *vzorku číslo 81* byl obsah DBP na konci doby skladování (28. den) přibližně 3x vyšší, než detekovaný obsah DBP po 1. dni skladování. U *vzorku číslo 82* byl DBP detekován až na konci doby skladování (28. den). U *vzorku číslo 83* nebyl DBP detekován za celé sledovací období. Obsah DBP u *vzorku číslo 84* byl na konci doby skladování (28. den) přibližně 2x vyšší než obsah DBP po 1. dni skladování. U *vzorku číslo 85* byl obsah DBP na konci doby skladování (28. den) přibližně 2x vyšší, než detekovaný obsah DBP po 1. dni skladování. Migrace DBP z obalů do masných výrobků (10 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 21.

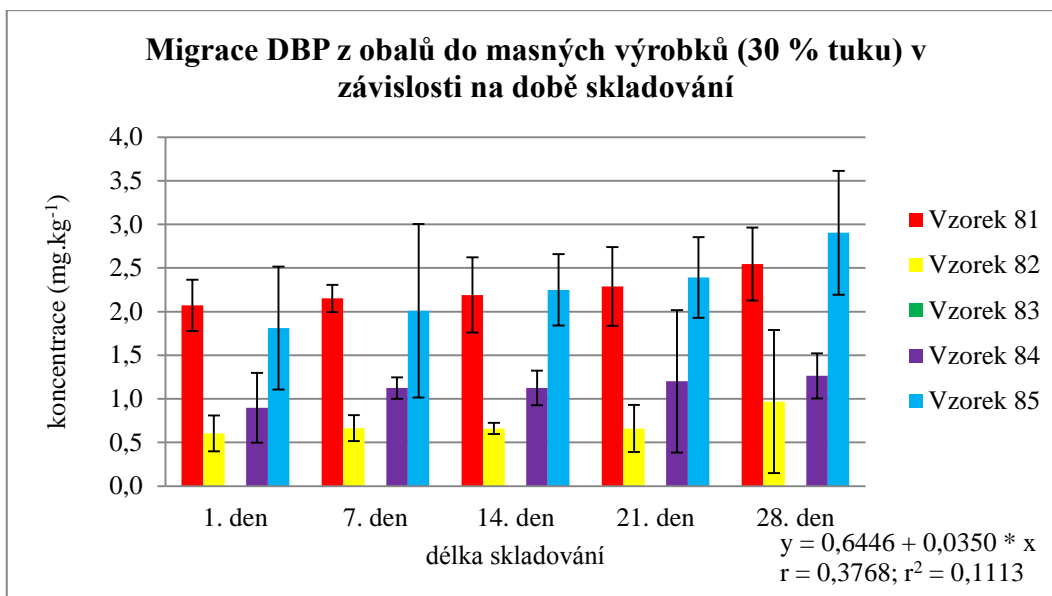


Obr. 21 Koncentrace DBP ($y; \text{mg.kg}^{-1}$) v masných výrobcích s 10% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování ($x; \text{dny}$)

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DBP z obalů do masných výrobků (10 % tuku) v závislosti na době skladování statisticky vysoce významně průkazná ($p < 0,01$).

5.2.2.2 Migrace DBP z obalů do masných výrobků (30 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování

Na základě naměřených hodnot (Tab. 20) můžeme konstatovat, že u vzorku číslo 81 byl obsah DBP na konci doby skladování (28. den) přibližně 1x vyšší, než detekovaný obsah DBP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 82 byl obsah DBP na konci doby skladování přibližně 2x vyšší, než obsah DBP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 83 nebyl DBP detekován za celé sledovací období. Obsah DBP u vzorku číslo 84 byl na konci doby skladování (28. den) přibližně 1x vyšší než obsah DBP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 85 byl obsah DBP na konci doby skladování (28. den) přibližně 2x vyšší, než detekovaný obsah DBP po 1. dni skladování. Migrace DBP z obalů do masných výrobků (30 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 22.

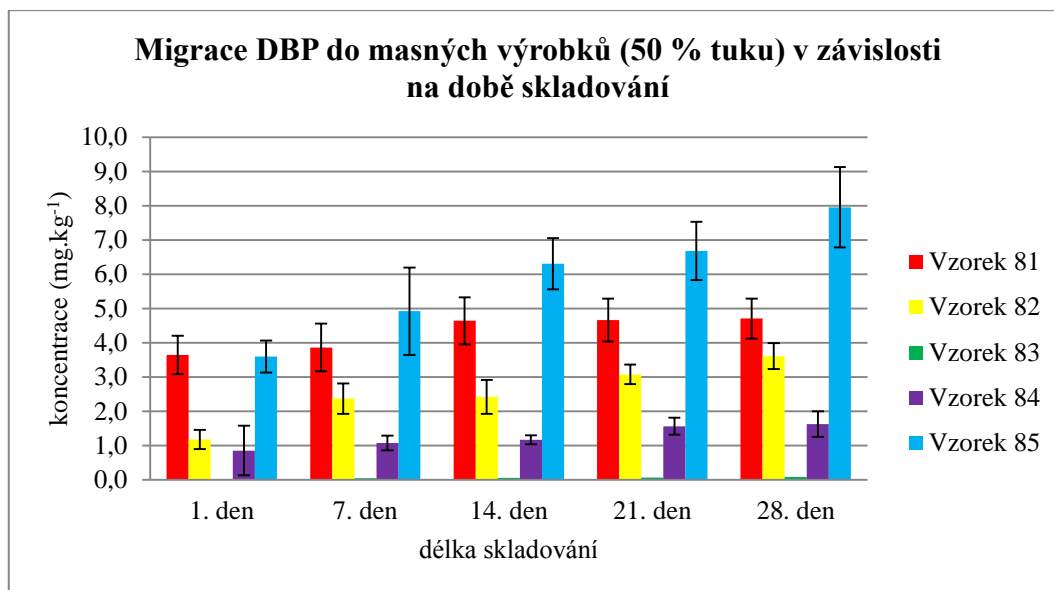


Obr. 22 Koncentrace DBP (y ; mg.kg^{-1}) v masných výrobcích s 30% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DBP z obalů do masných výrobků (30 % tuku) v závislosti na době skladování statisticky významně průkazná ($p < 0,05$).

5.2.2.3 Migrace DBP z obalů do masných výrobků (50 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování

Na základě naměřených hodnot (Tab. 20) můžeme konstatovat, že u vzorku číslo 81 byl obsah DBP na konci doby skladování (28. den) přibližně 1x vyšší, než detekovaný obsah DBP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 82 byl obsah DBP na konci doby skladování přibližně 3x vyšší, než obsah DBP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 83 nebyl DBP detekován za celé sledovací období. Obsah DBP u vzorku číslo 84 byl na konci doby skladování (28. den) přibližně 2x vyšší než obsah DBP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 85 byl obsah DBP na konci doby skladování (28. den) přibližně 2x vyšší, než detekovaný obsah DBP po 1. dni skladování. Migrace DBP z obalů do masných výrobků (50 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 23.

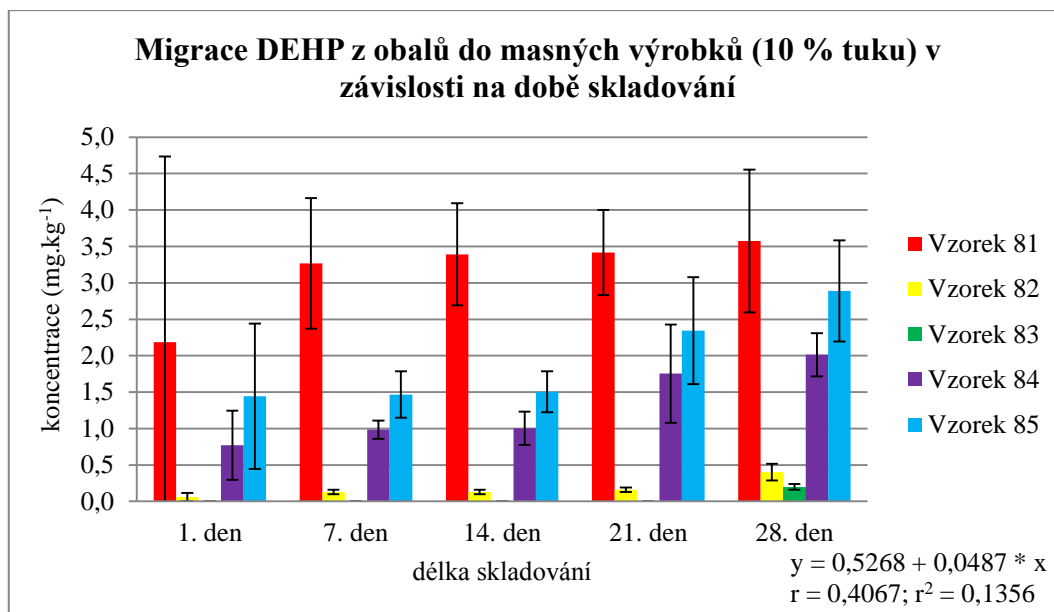


Obr. 23 Koncentrace DBP (y ; mg.kg^{-1}) v masných výrobcích s 50% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DBP z obalů do masných výrobků (50 % tuku) v závislosti na době skladování statisticky vysoce významně průkazná ($p < 0,01$).

5.2.2.4 Migrace DEHP z obalů do masných výrobků (10 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování

Na základě naměřených hodnot (Tab. 20) můžeme konstatovat, že u vzorku číslo 81 byl obsah DEHP na konci doby skladování (28. den) přibližně 2x vyšší, než detekovaný obsah DEHP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 82 a 83 byl DEHP detekován až na konci doby skladování (28. den). Obsah DEHP u vzorku číslo 84 byl na konci doby skladování (28. den) přibližně 3x vyšší než obsah DEHP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 85 byl obsah DEHP na konci doby skladování (28. den) přibližně 2x vyšší, než detekovaný obsah DEHP po 1. dni skladování. Migrace DEHP z obalů do masných výrobků (10 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 24.

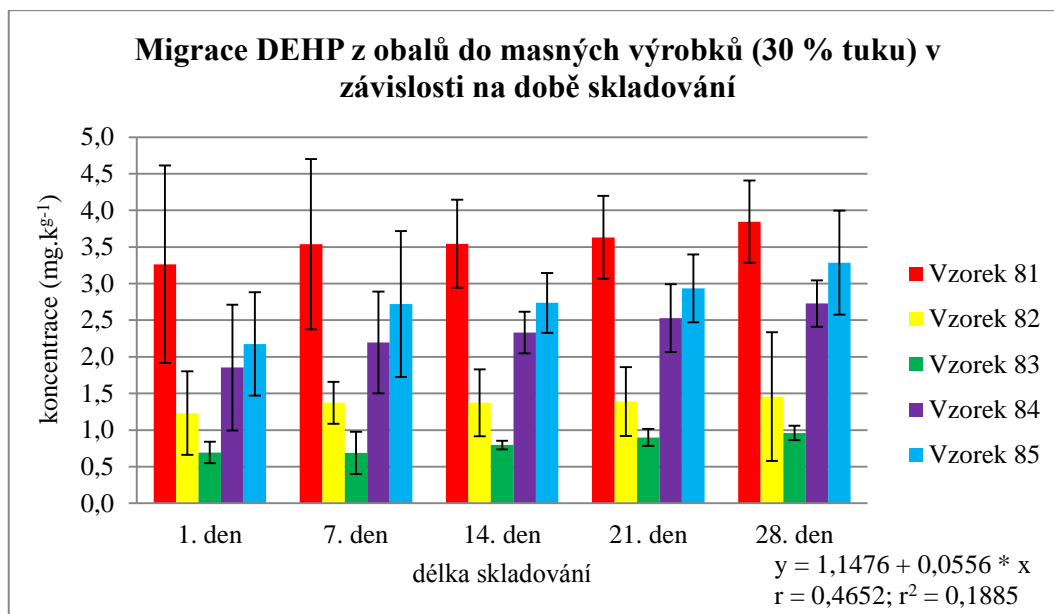


Obr. 24 Koncentrace DEHP (y ; mg.kg^{-1}) v masných výrobcích s 10% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DEHP z obalů do masných výrobků (10 % tuku) v závislosti na době skladování statisticky významně průkazná ($p < 0,05$).

5.2.2.5 Migrace DEHP z obalů do masných výrobků (30 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování

Na základě naměřených hodnot (Tab. 20) můžeme konstatovat, že u vzorku číslo 81 byl obsah DEHP na konci doby skladování (28. den) přibližně 1x vyšší, než detekovaný obsah DEHP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 82 byl obsah DEHP na konci doby skladování přibližně 1x vyšší, než obsah DEHP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 83 byl obsah DEHP na konci doby skladování přibližně 1x vyšší, než obsah DEHP po 1. dni skladování. Obsah DEHP u vzorku číslo 84 byl na konci doby skladování (28. den) přibližně 2x vyšší než obsah DEHP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 85 byl obsah DEHP na konci doby skladování (28. den) přibližně 2x vyšší, než detekovaný obsah DEHP po 1. dni skladování. Migrace DEHP z obalů do masných výrobků (30 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 25.

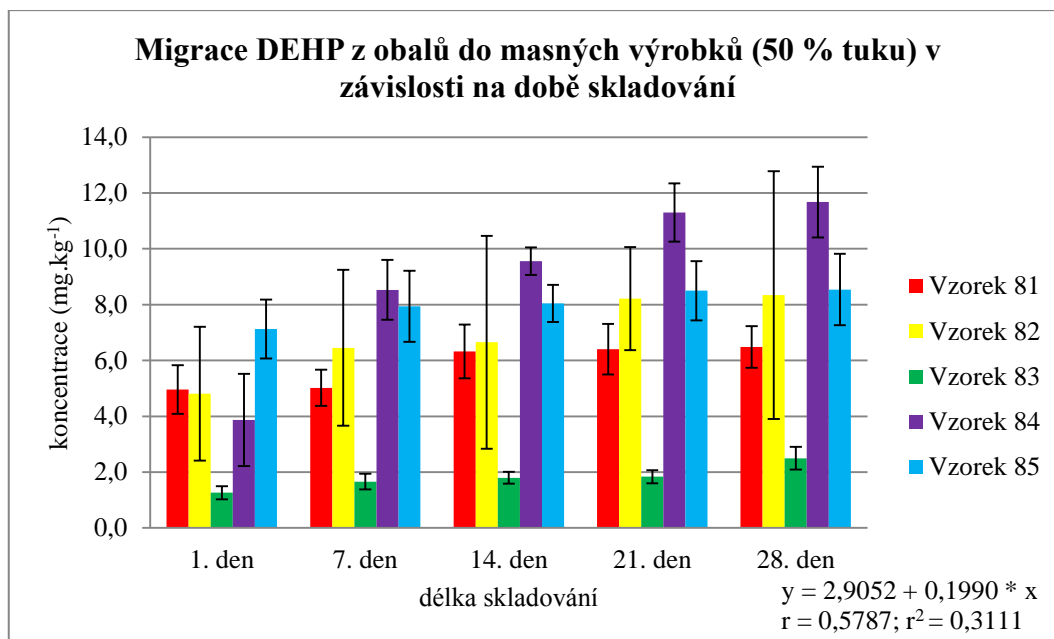


Obr. 25 Koncentrace DEHP (y ; mg.kg^{-1}) v masných výrobcích s 30% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DEHP z obalů do masných výrobků (30 % tuku) v závislosti na době skladování statisticky vysoce významně průkazná ($p < 0,01$).

5.2.2.6 Migrace DEHP z obalů do masných výrobků (50 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování

Na základě naměřených hodnot (Tab. 20) můžeme konstatovat, že u vzorku číslo 81 byl obsah DEHP na konci doby skladování (28. den) přibližně 1x vyšší, než detekovaný obsah DEHP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 82 byl obsah DEHP na konci doby skladování přibližně 2x vyšší, než obsah DEHP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 83 byl obsah DEHP na konci doby skladování přibližně 2x vyšší, než obsah DEHP po 1. dni skladování. Obsah DEHP u vzorku číslo 84 byl na konci doby skladování (28. den) přibližně 3x vyšší než obsah DEHP po 1. dni skladování. U vzorku číslo 85 byl obsah DEHP na konci doby skladování (28. den) přibližně 1x vyšší, než detekovaný obsah DEHP po 1. dni skladování. Migrace DEHP z obalů do masných výrobků (50 % tuku) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 26.



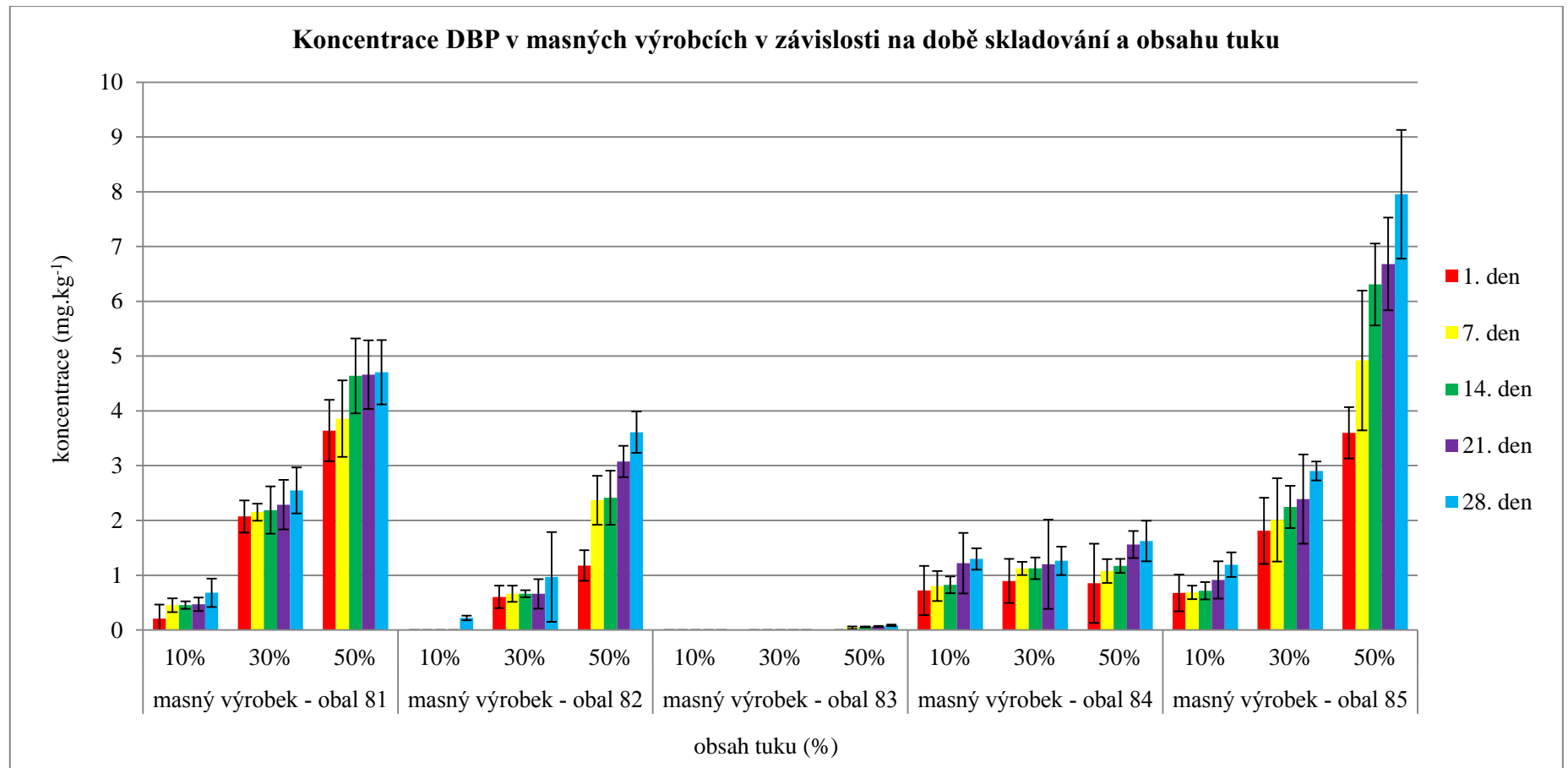
Obr. 26 Koncentrace DEHP (y ; mg.kg^{-1}) v masných výrobcích s 50% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DEHP z obalů do masných výrobků (50 % tuku) v závislosti na době skladování statisticky vysoce významně průkazná ($p < 0,001$).

5.2.2.7 Migrace DBP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a obsahu tuku

Na základě naměřených hodnot (Tab. 20) můžeme konstatovat, že u vzorku číslo 81 na konci doby skladování (28. den) byl obsah DBP přibližně 4x vyšší u výrobku s 30 % tuku a přibližně 7x vyšší u výrobku s 50 % tuku, ve srovnání s výrobkem s 10 % tuku. Na konci doby skladování byl obsah DBP u vzorku číslo 82 přibližně 4x vyšší u výrobku s 30 % tuku a přibližně 16x vyšší u výrobku s 50 % tuku, než u výrobku s 10 % tuku. U vzorku číslo 83 nebyl detekován DBP u výrobku s 10 %, 30 % a 50 % tuku, za celé skladovací období. U vzorku číslo 84 byl obsah DBP na konci doby skladování totožný u výrobku s 10 % a 30 % tuku. Detekovaný obsah DBP byl přibližně 1x vyšší u výrobku s 50 % tuku, ve srovnání s výrobkem s 10 % a 30 % tuku. Na konci doby skladování byl obsah DBP u vzorku číslo 85 přibližně 2x vyšší u výrobku s 30 % tuku a přibližně 7x vyšší u výrobku s 50 % tuku, ve srovnání s výrobkem s 10 % tuku.

Koncentrace DBP v masných výrobcích s obsahem tuku 10 %, 30 % a 50 % po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 27.



Obr. 27 Koncentrace DBP (y ; mg.kg^{-1}) v masných výrobcích s obsahem tuku 10 %, 30 % a 50 % po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DBP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a obsahu tuku statisticky vysoce významně průkazná ($p < 0,001$).

5.2.2.8 Migrace DEHP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a obsahu tuku

Na základě naměřených hodnot (Tab. 20) můžeme konstatovat, že u vzorku číslo 81 na konci doby skladování (28. den) byl obsah DEHP cca 1x vyšší u výrobku s 30 % tuku a přibližně 2x vyšší u výrobku s 50 % tuku, ve srovnání s výrobkem s 10 % tuku. Na konci doby skladování byl obsah DEHP u vzorku číslo 82 cca 4x vyšší u výrobku s 30 % tuku a přibližně 21x vyšší u výrobku s 50 % tuku, než u výrobku s 10 % tuku. U vzorku číslo 83 byl obsah DEHP na konci doby skladování přibližně 5x vyšší u výrobku s 30 % tuku a cca 13x vyšší u výrobku s 50 % tuku, ve srovnání s výrobkem s 10 % tuku. Na konci doby skladování byl obsah DEHP u vzorku číslo 84 cca 1x vyšší u výrobku s 30 % tuku a přibližně 6x vyšší u výrobku s 50 % tuku, ve srovnání s výrobkem s 10 % tuku. Na konci doby skladování byl obsah DEHP u vzorku číslo 85 cca 1x vyšší u výrobku s 30 % tuku a přibližně 3x vyšší u výrobku s 50 % tuku, ve srovnání s výrobkem s 10 % tuku.

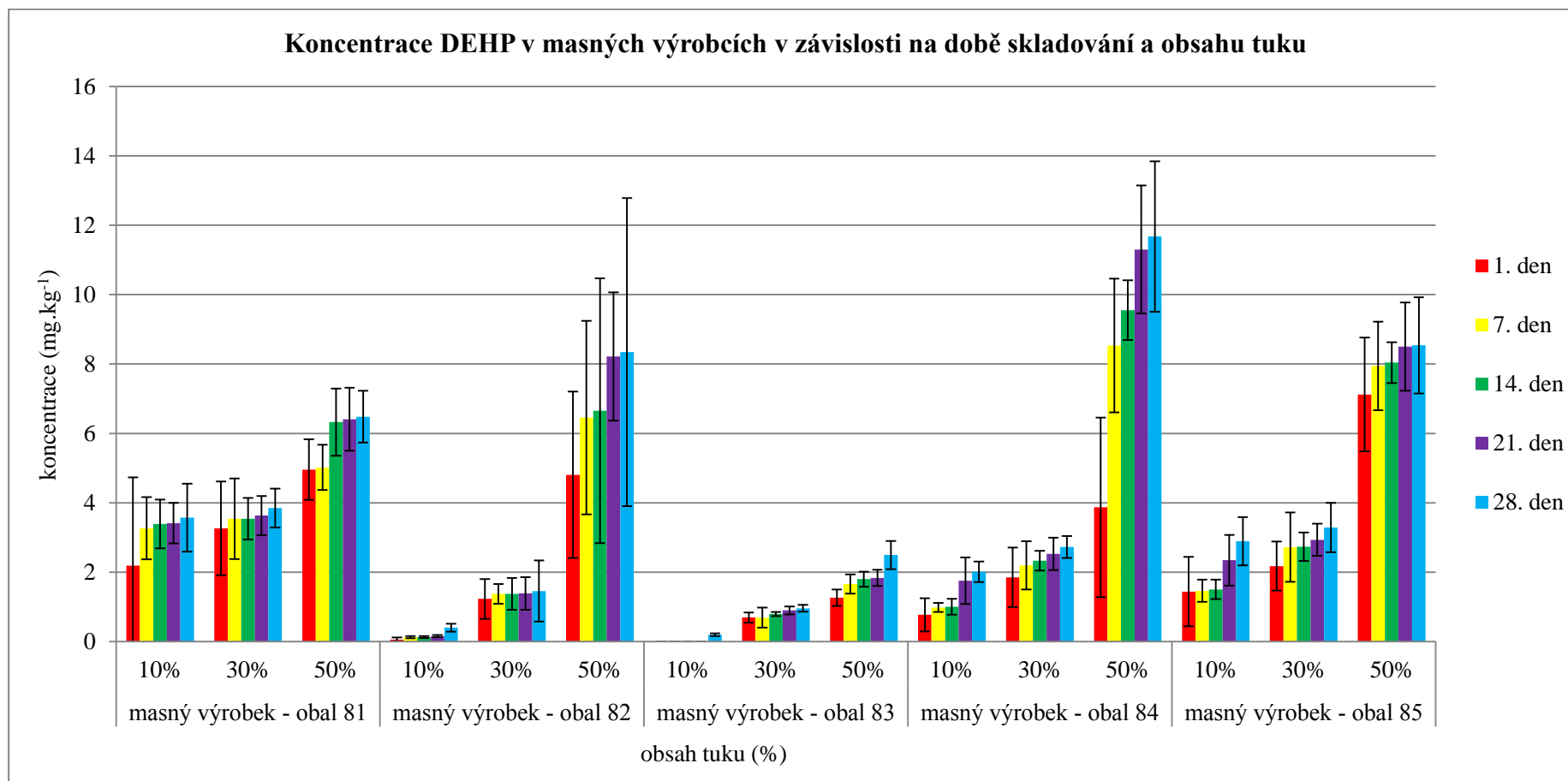
Koncentrace DEHP v masných výrobcích s obsahem tuku 10 %, 30 % a 50 % po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 28.

Dle statistického zpracování (lineární regrese) naměřených hodnot byla migrace DEHP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a obsahu tuku statisticky vysoce významně průkazná ($p < 0,001$).

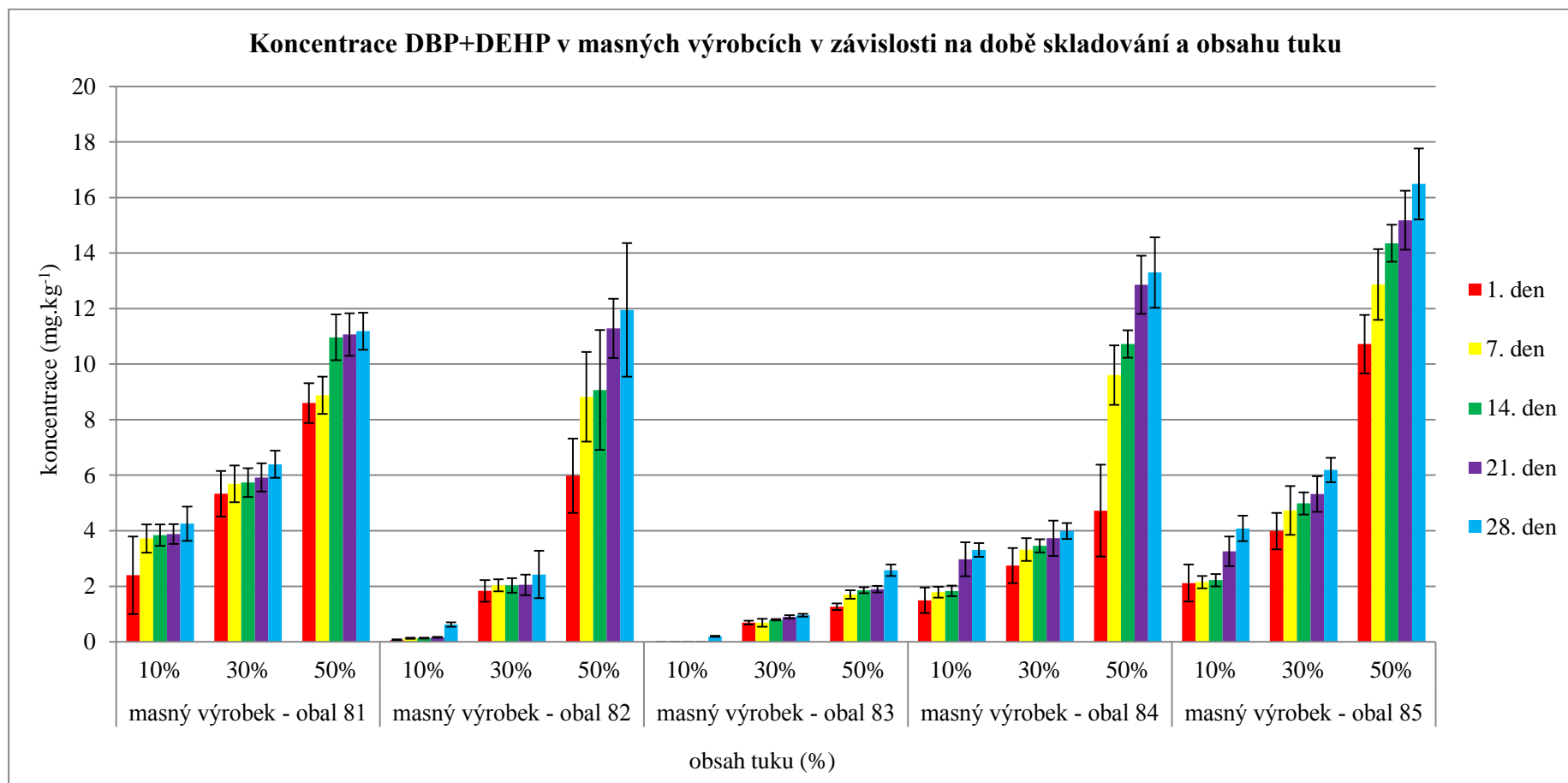
5.2.2.9 Migrace DBP+DEHP z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a obsahu tuku

Koncentrace DBP+DEHP v masných výrobcích s obsahem tuku 10 %, 30 % a 50 % po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování je zobrazena na Obr. 29.

Dle statistického zpracování naměřených hodnot byla prokázána vysoce významná průkaznost v migraci DBP+DEHP ($p < 0,001$), v závislosti na době skladování a obsahu tuku.



Obr. 28 Koncentrace DEHP (y ; mg.kg^{-1}) v masných výrobcích s obsahem tuku 10 %, 30 % a 50 % po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování



Obr. 29 Koncentrace DBP+DEHP (y ; mg.kg^{-1}) v masných výrobcích s obsahem tuku 10 %, 30 % a 50 % po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování

Sledování ftalátů v potravinách a potravinových surovinách je předmětem mnoha studií (Fromme et al., 2011). Castle et al. (1990) analyzovali obsah DEHP v mléce v různých fázích jeho zpracování. Po ručním nadojení mléko obsahovalo méně než $5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DEHP, po strojovém nadojení mléko obsahovalo průměrně $30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DEHP a ve sběrném tanku byla koncentrace DEHP $50 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Dle Kavlock et al. (2002) je nejvýznamnější vstup DEHP a DBP do lidského těla prostřednictvím přijímané potravy. Itoh et al. (2007) však zjistil, že příjem DBP, DMP (di-methyl ftalát) a DEP (di-ethyl ftalát) potravou a z ovzduší dohromady tvoří méně než polovinu jejich celkové expozice. U těchto látek existují jiné významné zdroje expozice. Hlavní cesta vstupu DEP do těla je kožní adsorpce po použití kosmetických a hygienických přípravků.

Ve studii Startin et al. (1987) pozorovali významnou korelaci mezi rozsahem migrace di-ethylhexyl adipátu (DEHA) a obsahem tuku v potravině i při mrazírenských teplotách. Nejvyšší hodnoty migrace byly detekovány u kůže kuřat balených do PVC obalů skladovaných při teplotě $5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ po dobu 7 dní) a při teplotě $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ ($29 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ po dobu 30 dní). V pokusu u masných výrobků s vyšším obsahem tuku byla detekována hodnota migrace při $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ $109 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ za dobu 30 dní.

V kanadské studii zaměřené na monitoring nejvýznamnějších PAE (DEHP, DBP, BBP, DEP) a DEHA v letech 1985 – 1989 analyzovali 260 vzorků obalových materiálů určených pro styk s potravinami a 98 vzorků potravin. Výsledky prokázaly, že k nejvýznamnější migraci v průběhu skladování dochází v případě DEHA u sýrů ($310 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Nižší úroveň migrace byla zaznamenána v případě DEHP, kde byla detekována průměrná hodnota u nápojů $0,065 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ a $0,29 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ u potravin, které přišly do styku s obalovými materiály (Page a Lacroix, 1995).

Skutečnost, že ftaláty jsou lipofilní povahy, a proto jsou uvolňovány především do potravin a krmiv obsahujících tuk uvedli Krátká et al. (2008). Ve studii z roku 2006, ve které došlo k monitoringu obsahu DBP a DEHP u pšenice a řepkového oleje uvedli, že koncentrace DBP+DEHP se pohybovaly od hodnoty $0,04 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (pšenice) do hodnoty $32,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (řepkový olej v plastovém obalu).

Serrano et al. (2014) detekovali všechny analyzované ftaláty v drůbežím mase. Nejvyšší koncentrace ftalátů byla zaznamenána u DEHP, a to v množství vyšším než $300 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ve srovnání s jinými druhy mas Schecter et al. (2013) uvedl obsah DEHP v hovězím mase v rozmezí od limitu detekce do $1100 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Page a Lacroix (1995) monitorovali obsah ftalátů v masných výrobcích. Nejvyšší obsah byl

zaznamenán u DEHP, a to v rozmezí od 175,8 až 758,3 mg.kg⁻¹. Ostatní druhy ftalátů byly zaznamenány v nízkých koncentracích. Nejvyšší zastoupení DEHP v analyzovaných vzorcích byl zaznamenán i u studie Page a Lacroix (1992). Obsah ftalátů byl monitorován v olejích a tucích (máslo, margarín, jedlé oleje a živočišné tuky). Více než polovina z průměrných koncentrací DEHP byla v rozsahu od 404 do 5591 μg.kg⁻¹. Ostatní druhy ftalátů byly obsaženy v nižších koncentracích.

Serrano et al. (2014) sledoval mléčné výrobky (sýry) na obsah DEP (di-ethyl ftalát), DMP (di-methyl ftalát), DOP (di-n-octyl ftalát), DiDP (di-isodecyl ftalát), DiNP (di-isononyl ftalát), DiDP (di-isodecyl ftalát) a DEHP (di-2-ethylhexyl ftalát). I když DEP, DMP, DOP, DiDP a DiNP nebyli detekovány v žádném analyzovaném vzorku, byly zjištěny vysoké koncentrace DEHP, a to v rozmezí od 413,1 do 1300 μg.kg⁻¹. Při sledování obsahu ftalátů v mléce byl detekovaný DiNP a DiDP v nízkých průměrných koncentracích (<50 μg.kg⁻¹).

Serrano et al. (2014) ve své studii řadí obiloviny mezi potraviny s nízkým obsahem ftalátů. Guo et al. (2012) analyzovali ovoce a zeleninu na obsah ftalátů. Byly detekovány všechny druhy ftalátů, vyjma DEP a DMP, v nízkých koncentracích. Koncentrace DEP se pohybovala v zelenině v rozmezí meze detekce do 9 μg.kg⁻¹ a mezi detekčním limitem až 48,1 μg.kg⁻¹ v ovoci. Obsah DMP se pohyboval v rozmezí od 10,3 až 13,5 μg.kg⁻¹ v ovoci. Martine et al. (2013) sledovali obsah ftalátů v čerstvém a konzervovaném ovoci a zelenině. Obsah ftalátů v konzervované zelenině a ovoci byl výrazně vyšší ve srovnání s obsahem ftalátů v čerstvé zelenině a ovoci. Koncentrace ftalátů v konzervované zelenině byl 490,6 μg.kg⁻¹ a v konzervovaném ovoci 181,7 μg.kg⁻¹. Guo et al. (2012) sledovali obsah ftalátů v nápojích a ve vodě. Nejvyšší průměrná koncentrace byla pozorována u DBP v čínském pivu (155,8 mg.kg⁻¹) a pro DEHP v kanadské šťávě (183 μg.kg⁻¹). I Rudel et al. (2011) ve své studii uvedli, že hlavním zdrojem kontaminace potravin ftaláty jsou plastové materiály přicházející do styku s potravinami.

5.2.2.10 Zhodnocení korelace mezi obsahem DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalových materiálech a masných výrobcích

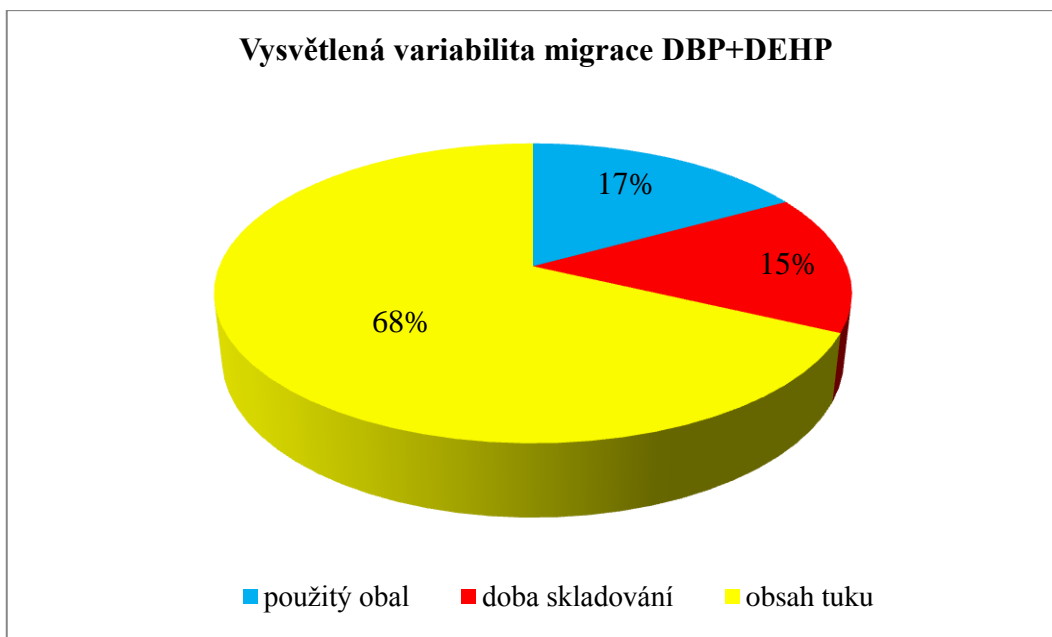
Mezi detekovanými koncentracemi DBP v obalových materiálech a koncentracemi DBP v masných výrobcích nebyla v souhrnu za celou dobu skladování (28 dní) prokázána statistická závislost ($p > 0,05$).

Mezi detekovanými koncentracemi DEHP v obalových materiálech a koncentracemi DEHP v masných výrobcích byla v souhrnu za celou dobu skladování (28 dní) prokázána vysoce průkazná statistická závislost ($p < 0,01$).

Mezi detekovanými koncentracemi DBP+DEHP v obalových materiálech a koncentracemi DBP+DEHP v masných výrobcích byla v souhrnu za celou dobu skladování (28 dní) prokázána vysoce průkazná statistická závislost ($p < 0,01$).

5.2.3 Vyhodnocení faktorů migrace DBP+DEHP do masných výrobků

Dle statistického zpracování naměřených hodnot (anova hlavních efektů) byla prokázána statisticky vysoce významná průkaznost ($p < 0,001$) vlivu obsahu tuku, použitého obalu a doby skladování na migraci DBP+DEHP. Ve snaze zjistit procentuální podíl vlivu jednotlivých faktorů na migraci ftalátů byla provedena statistická analýza dat (anova hlavních efektů). Nejvyšší podíl vlivu na migraci DBP+DEHP z obalů do masných výrobků měl obsah tuku zabalené potraviny. Obsah tuku se na migraci analyzovaných ftalátů podílel z 68 %. I studie výše uvedených autorů potvrzují, že významnou roli v migraci ftalátů z obalů do potravin je procentuální zastoupení tuku. I předložená práce tuto skutečnost potvrzuje. Druhým významným faktorem migrace ftalátů byla doba skladování. Tento faktor se na migraci analyzovaných ftalátů podílel ze 17 %. Posledním faktorem ovlivňující migraci ftalátů byl použitý obal. V předložené práci se použitý obal na migraci ftalátů podílel z 15 %. Vysvětlená variabilita migrace DBP+DEHP je zobrazena na Obr. 30.



Obr. 30 Podíl (%) použitého obalu, doby skladování a obsahu tuku na celkový obsah DBP+DEHP v masných výrobcích

Monitoring ftalátů je nezbytný vzhledem k jejich negativnímu působení na lidské zdraví. Heudorf et al. (2007) uvádí, že akutní toxicita ftalátů je nízká, ale chronická toxicita způsobená dlouhodobým příjmem nízkých koncentrací těchto látek ohrožuje lidské zdraví po celém světě. Vzhledem k jejich možným toxikologickým účinkům je nezbytné průnik ftalátů do prostředí regulovat a expozici snižovat (Witassek et al. 2011). Jednou z cest postupného snižování obsahu ftalátů v obalech je prosazovat náhrady toxických ftalátů jinými alternativními změkčovadly, a to zvláště při výrobě materiálů používaných v zemědělství, potravinářství a zdravotnictví.

6 ZÁVĚR

Problematika výskytu ftalátů v potravinovém řetězci a složkách životního prostředí je a bude stále aktuální téma, vzhledem k jejich rozsáhlému využití. Tyto látky se používají převážně jako změkčovadla při výrobě plastových hmot. V materiálu nejsou pevně vázány kovalentní vazbou, proto se pomalu uvolňují do okolního prostředí těkáním, vyluhováním, nebo migrací. Mezi toxické a nejčastěji se vyskytující ftaláty patří di-n-butyl ftalát (DBP) a di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP). Jedním ze zdrojů kontaminace potravin jsou materiály, se kterými přichází potraviny do styku.

Cílem předložené práce bylo stanovení koncentrace di-n-butyl ftalátu a di-2-ethylhexyl ftalátu v obalech, které se používají na balení masných výrobků, vybrané obaly použít pro zabalení modelového díla typu „Gothajský salám“ a sledovat migraci ftalátů z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování, použitém obalu a tučnosti díla. Vzhledem k přítomnosti ftalátů v potiskových barvách dále analyzovat potištěné a nepotištěné části obalů, ve snaze potvrdit nebo vyvrátit hypotézu, zda potištěná část obalu představuje vyšší riziko pro zabalenou potravinu.

Disertační práce byla řešena za podpory Interní grantové agentury (IGA) AF (IP 10/2014 a IP 32/2015). Spoluřešitelé projektů byli Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně (MVDr. Josef Kameník, CSc., MBA) a firma Raps GmbH&Co. KG, Kulmbach (Ing. Josef Jandásek, Ph.D.).

V předložené práci bylo analyzováno 160 vzorků obalů masných výrobků. Z této skupiny obalů bylo pro analýzu potištěných a nepotištěných částí obalů použito 52 obalů. Pro sledování migrace di-n-butyl ftalátu a di-2-ethylhexyl ftalátu z obalů do masných výrobků byl v poloprovozních podmínkách na Ústavu technologie potravin, Mendelovy univerzity v Brně vyroben modelový masný výrobek typu „Gothajský salám“. V rámci pokusu 1 (IGA 2014) byla sledována migrace ftalátů z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a použitém obalu. Bylo vyrobeno modelové dílo s 30% tučností, které bylo plněno do 5 textilních barevných obalů. V pokusu 2 (IGA 2015) byla sledována migrace ftalátů z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování, použitém obalu a obsahu tuku. Bylo vyrobeno modelové dílo s 10%, 30% a 50% tučností, které bylo plněno do 4 plastových obalů s potiskem a 1 celulózového obalu s potiskem. Byla provedena analýza díla před balením výrobku a analýza masného výrobku po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování. Pro každý obal bylo vyrobeno 30 vzorků salámů s danou tučností. V rámci pokusu 1

bylo celkem vyrobeno a zabaleno 150 vzorků. V pokusu 2 bylo celkem vyrobeno a zabaleno 450 vzorků (150 vzorků s 10% tučností, 150 vzorků s 30% tučností a 150 vzorků s 50% tučností). Všechny vzorky byly skladovány při teplotě 4 °C.

Analýza obalů a masných výrobků probíhala v chemické laboratoři na Ústavu technologie potravin, Mendelovy univerzity v Brně. Z každého obalu byl odebrán reprezentativní vzorek o velikosti 1 dm², který byl extrahován směsí rozpouštědel n-hexan : dichlormethan (1 : 1), přečištěn koncentrovanou kyselinou sírovou a připraven na HPLC analýzu. Vzorky díla a masných výrobků byly homogenizovány, lyofilizovány, extrahovány směsí rozpouštědel n-hexan : aceton (1 : 1), separovány gelovou permeační chromatografií a přečištěny koncentrovanou kyselinou sírovou. Ftaláty se stanovily metodou HPLC s UV detekcí při vlnové délce 224 nm.

Koncentrace DBP se v analyzovaných obalech pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot (<0,1 mg.kg⁻¹) do 94,1 mg.kg⁻¹ (89,3 μg.dm⁻²) původního vzorku a koncentrace DEHP se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot (<0,1 mg.kg⁻¹) do 214,8 mg.kg⁻¹ (188,0 μg.dm⁻²) původního vzorku. Nejvyšší koncentrace DBP+DEHP v analyzovaných obalech byla v množství 234,8 mg.kg⁻¹ (205,5 μg.dm⁻²) původního vzorku. Dle statistického zpracování dat byl zjištěn vysoce významný rozdíl (p<0,001) v obsahu DBP a DEHP v analyzovaných obalech masných výrobků, kdy koncentrace DEHP byla prokazatelně vyšší. Výsledky z analýzy potíštěných a nepotíštěných částí obalů nevykazovaly statisticky průkazný rozdíl v obsahu DBP (p = 0,2383) a DEHP (p = 0,3927).

Stanovené koncentrace PAE v obalech masných výrobků byly v souladu s limitem uvedeným v nařízení komise (EU) č. 10/2011, který definuje, že výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmy nesmí uvolňovat do potravin své vlastní složky v množství přesahujícím 10 mg.dm⁻² nebo 60 mg.kg⁻¹ potraviny nebo simulantu potravin. Toto nařízení definuje rovněž specifický migrační limit (SML), který je pro DEHP 1,5 mg.kg⁻¹ a pro DBP 0,3 mg.kg⁻¹. Specifický migrační limit byl sledován na 10 vybraných obalech.

V *pokus* 1 byla zaznamenána zvyšující se koncentrace DBP a DEHP v masných výrobcích v závislosti na době skladování. Specifický migrační limit pro DBP a DEHP byl překročen u všech masných výrobků zabalených do textilních barevných obalů v rámci sledovaného období (28 dní). Koncentrace DBP se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot (<0,2 mg.kg⁻¹) do 11,1 mg.kg⁻¹ původního vzorku. Koncentrace DEHP se pohybovala v rozmezí od 0,6 mg.kg⁻¹ do 28,2 mg.kg⁻¹

původního vzorku. Dle statistického zpracování naměřených hodnot byla prokázána vysoce významná průkaznost v migraci DBP ($p < 0,001$), DEHP ($p < 0,001$) a DBP+DEHP ($p < 0,001$) v závislosti na době skladování.

V *pokus* 2 byl specifický migrační limit pro DBP a DEHP překročen u většiny masných výrobků zabalených do 4 plastových obalů s potiskem. Masné výrobky zabalené do celulóзовého obalu s potiskem nepřekročili SML pro DBP za celé sledované období (28 dní). SML pro DEHP byl překročen pouze u masného výrobku zabaleného do celulóзовého obalu s potiskem, který obsahoval 50 % tuku. Migrace ftalátů měla stoupající tendenci v závislosti na obsahu tuku. Koncentrace DBP se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($< 0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku (10 % tuku), od nedetekovatelných hodnot ($< 0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $2,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku (30 % tuku) a od nedetekovatelných hodnot ($< 0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $8,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku (50 % tuku). Koncentrace DEHP se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($< 0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $3,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku (10 % tuku), od $0,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ do $3,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku (30 % tuku) a od $1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ do $11,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku (50 % tuku). Dle statistického zpracování naměřených hodnot byla prokázána vysoce významná průkaznost v migraci DBP ($p < 0,001$), DEHP ($p < 0,001$) a DBP+DEHP ($p < 0,001$) v závislosti na době skladování a obsahu tuku.

Pro vyhodnocení faktorů migrace DBP+DEHP byla provedena statistická analýza naměřených hodnot. Nejvyšší podíl vlivu na migraci DBP+DEHP z obalů do masných výrobků měl obsah tuku zabalené potraviny. Obsah tuku se na migraci analyzovaných ftalátů podílel z 68 %. Druhým významným faktorem migrace ftalátů byla doba skladování. Tento faktor se na migraci analyzovaných ftalátů podílel ze 17 %. Posledním faktorem ovlivňující migraci ftalátů byl použitý obal. V předložené práci se použitý obal na migraci ftalátů podílel z 15 %.

Monitoring ftalátů je nezbytný vzhledem k jejich negativnímu působení na lidské zdraví. Vzhledem k překračujícím specifickým migračním limitům u analyzovaných vzorků je vhodné omezit používání ftalátů při výrobě potravinářských obalů. Jednou z cest postupného snižování obsahu ftalátů v obalech je prosazovat náhrady toxických ftalátů jinými alternativními změkčovadly, a to zvláště při výrobě materiálů používaných v zemědělství, potravinářství a zdravotnictví. Výzva týkající se úplného nebo částečného nahrazení ftalátů alternativními změkčovadly je velmi aktuální. V současné době je mnoho publikovaných prací, které se věnují možnosti

použití změkčovadel získaných z rostlinných olejů (epoxidované oleje, glycerol a cardanol), cukerných alkoholů, esterů (sorbitol, xylitol) a citrátů. Jak z těchto přírodních látek vyrobit účinné změkčovadla je nyní dobře známo, nicméně, náklady na výrobu alternativních změkčovadel jsou vyšší. Tato změkčovadla zatím ještě nedosáhly požadovaného využití z hlediska přínosů, jelikož jejich schopnost plastifikace je ve srovnání se syntetickými změkčovadly o něco nižší. V neposlední řadě je nutno zmínit, že, i když se poptávka po alternativních produktech neustále zvyšuje, hlubší charakteristiku jejich toxicity je potřeba objasnit, jelikož přírodní alternativní změkčovadla nemusí být vždy netoxické.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Abdul-Ghani S., Yanai J., Abdul-Chani R., Pinkas A., Abdeen Z., 2012: The teratogenicity and behavioral teratogenicity of di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) and di-butyl phthalate (DBP) in a chick model. *Neurotoxicology and teratology*, 34(1): 56–62.

Adeniyi A. A., Khafilat O. O., Yusuf K. A., 2011: Flame ionization gas chromatographic determination of phthalate esters in water, surface sediments and fish species in the Ogun river catchments, Ketu, Lagos, Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 172(1-4): 561–569.

Adibi J., Perera F., Jedrychowski W., Camann D., Barr D., Jacek R., Whyatt R., 2003: Prenatal exposures to phthalates among women in New York City and Krakow, Poland. *Environmental Health Perspectives*, 111: 1719–1722.

Al-Saleh I., Shinwari N., Alsabbaheen, 2011: Phthalates residues in plastic bottled waters. *Journal of Toxicological Sciences*, 36(4): 469–478.

Api A. M., 2001: Toxicological Profile of diethyl phthalate: a vehicle for fragrance and cosmetic ingredients. *Food and Chemical Toxicology*, 39: 97–108.

Aurela B., Kulmala H., Soderhjelm L., 1999: Phthalates in paper and board packaging and their migration in to Tenax and sugar. *Food Additives and Contaminants*, 16: 571–577.

Badeka A. B., Kontominas M. G., 1998: Effect of microwave heating on the migration of dioctyladipate and acetyltributylcitrate plasticizers from food-grade PVC and PVDC/PVC films into ground meat. *Developments in Food Science*, 40: 759–765. doi: 10.1016/S0167-4501(98)80096-4.

Bach C., Dauchy X., Chagnon M. C., Etienne S., 2012: Chemical compounds and toxicological assessments of drinking water stored in polyethylene terephthalate (PET) bottles: A source of controversy reviewed. *Water Research*, 46(3): 571–583. doi: 10.1016/j.watres.2011.11.062.

Balafas D., Shaw K. J., Whitfield F. B., 1999: Phthalate and adipate esters in Australian packaging materials. *Food Chemistry*, 65(3): 279–287. doi: 10.1016/S0308-8146(98)00240-4.

Barros H. D., Zamith H. P. S., Bazílio F. S., Carvalho L. J., Abrantes S. M. P., 2011: Identification of fatty foods with contamination possibilities by plasticizers when stored in PVC film packaging. *Ciencia Tecnologia de Alimentos*, 31(2): 547–552.

- Becker K., Seiwer M., Angerer J., Heger W., Koch H., Nagorka R., Roskamp E., Schluter C., Seifert B., Ullrich D., 2004: DEHP metabolites in urine of children and DEHP in house dust. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207: 409–417.
- Berge A., Cladiere M., Gasperi J., Coursimault A., Tassin B., Moilleron R., 2013: Meta-analysis of environmental contamination by phthalates. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(11): 8057–8076. doi: 10.1007/s11356-013-1982-5.
- Bhattacharya P, Keating A. F., 2012: Impact of environmental exposures on ovarian function and role of xenobiotic metabolism during ovotoxicity. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 261(3): 227–235. doi: 10.1016/j.taap.2012.04.009 .
- Bocqué M., Voirin C., Lapinte V., Caillol S., Robin J., 2016: Petro-based and bio based plasticizers: Chemical structures to plasticizing properties. *Polymer Chemistry*, 54(1): 11–33. doi: 10.1002/pola.27917.
- Borchers A., Teuber S. S., Keen C. L., Gershwin M. E., 2010: Food safety. *Clinical Reviews in Allergy and Immunology*, 39(2): 95–141.
- Bornehag C. G., Lundgren B., Weschler CH. J., Sigsgaard T., Hagerhed-Engman L., Sundell J., 2005: Phthalates in indoor dust and their association with building characteristics. *Environmental Health Perspectives*, 113: 1399–1404.
- Braun J. M., Sathyanarayana S., Hauser R., 2013: Phthalate exposure and children's health. *Current Opinion in Pediatrics*, 25(2): 247–254. doi: 10.1097/MOP.0b013e32835e1eb6.
- Bu Z. M., Zhang Y. P., Mmereki D., Yu W., Li B. Z., 2016: Indoor phthalate concentration in residential apartments in Chongqing, China: Implications for preschool children's exposure and risk assessment. *Atmospheric environment*, 127: 34–45.
- Bui T. T., Giovanoulis G., Cousins A. P., Magner J., Cousins I. T., 2016: Human exposure, hazard and risk of alternative plasticizers to phthalate esters. *Science of the total environment*, 541: 451–467. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.036.
- Cai Q. Y., Mo C. H., Wu Q. T., Zeng Q. Y., 2006: Accumulation of phthalic acid esters in water spinach (*Ipomoea aquatica*) and in paddy soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 77(3): 411–418.
- Cao X. L., 2010: Phthalate esters in foods: sources, occurrence, and analytical methods. *Food Science and Food Safety*, 9: 21–43.

- Casajuana N., Lacorte S., 2004: New methodology for the determination of phthalate esters, bisphenol A, bisphenol A diglycidyl ether, and nonylphenol in commercial whole milk samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(12): 2702–2707.
- Castle L., Mayo A., Gilbert J., 1989: Migration of plasticizers from printing inks into foods. *Food Additives and Contaminants*, 6(4): 437–443. doi: 10.1080/02652038909373802.
- Castle L., Gilbert J., Eklund T., 1990: Migration of plasticizer from poly(vinyl chloride) milk tubing. *Food Additives and Contaminants*, 7(5): 591–596.
- Cirillo T., Fasano E., Castaldi E., Montouri P., Amodio Cocchieri R., 2011: Children's exposure to di(2-ethylhexyl) phthalate and dibutylphthalate plasticizers from school meals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 10532–10538. doi: 10.1021/jf2020446.
- Cirillo T., Fasano E., Esposito E., Del Prete E., Cocchieri R. A., 2013: Study on the influence of temperature, storagetime and packaging type on di-n-butylphthalate and di(2-ethylhexyl)phthalate release into packed meals. *Food additives and contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure and risk assessment*, 30: 403–411.
- Clausen P., Hansen V., Gunnarsen L., Afshari A., Wolkoff P., 2004: Emission of di-2-ethylhexyl phthalate from PVC flooring into air and uptake in dust: emission and sorption experiments in FLEC and CLIMPAQ. *Environmental Science and Technology*, 38(9): 2531–2537.
- Cobbelis L., Latini G., De Felice C., Razzi S., Paris I., Ruggieri F., Mazzeo P., Petraglia F., 2003: High plasma concentrations of di-(2-ethylhexyl)-phthalate in women with endometriosis. *Human Reproduction*, 18: 1512–1515.
- Corea-Tellez K. S., Bustamante-Montes P., Garcia-Fabila M., Hernandez-Valero M. A., Vazquez-Moreno F., 2008: Estimated risks of water and saliva contamination by phthalate diffusion from plasticized polyvinyl chloride. *Journal of Environmental Health*, 71(3): 34–39.
- Craig Z. R., Wang W., Flaws J. A., 2011: Endocrine-disrupting chemicals in ovarian function: effects on steroidogenesis, metabolism and nuclear receptor signaling. *Reproduction*, 142(5): 633–646. doi: 10.1530/REP-11-0136.
- Craig Z. R., Hannon P. R., Wang W., Ziv-Gal A., Flaws J. A., 2013: Di-n-butyl phthalate disrupts the expression of genes involved in cell cycle and apoptotic pathways in mouse ovarian antral follicles. *Biology of Reproduction*, 88(1): 23. doi: 10.1095/biolreprod.112.105122.

Daniel J. W., Bratt H., 1974: The absorption, metabolism and tissue distribution of di(2-ethylhexyl) phthalate in rats. *Toxicology*, 2: 51–65.

Dargnat C., Blanchard M., Chevreuil M., Teil M. J., 2009: Occurrence of phthalate esters in the Seine River estuary (France). *Hydrological Processes*, 23: 1192–1201.

Du L. P., Ma L. J., Qiao Y., Lu Y., Xiao D. G., 2016: Determination of phthalate esters in teas and tea infusions by gas chromatography-mass spectrometry. *Food Chemistry*, 197: 1200–1206. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.11.082.

EFSA, European Food Safety Agency, 2005: Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food (AFC) on a request from the Commission related to bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) for use in food contact materials. *EFSA Journal*, 243: 1–20. Databáze online [cit. 2016-01-14]. Dostupné na: <http://www.efsa.europa.eu/>

Ejaredar M., Nyanza E., Eycke K., Dewey D., 2015: Phthalate exposure and childrens neurodevelopment: Asystematic review. *Environmental Research*, 142: 51–60.

Ema M., Itami T., Kawasaki H., 1993: Teratogenic phase specificity of butyl benzyl phthalate in rats. *Toxicology*, 79(1): 11–19. doi: 10.1016/0300-483X(93)90202-4.

Ema M., Kurosaka R., Amano H., Ogawa Y., 1995: Developmental toxicity evaluation of mono-n-butyl phthalate in rats. *Toxicology Letters*, 78: 101–106.

Enkea U., Schleaussnera E., Palmkeb C., Seyfartha L., Koch H., 2013: Phthalate exposure in pregnant women and newborns – The urinary metabolite excretion pattern differs distinctly. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 216(1): 735–742.

European Chemical Bureau, 2004: Dibutyl phthalate Risk Assessment Report Special Publication vol. 29, Institute for Health and Consumer Protection, Ispra Italy. Databáze online [cit. 2016-02-25]. Dostupné na: <http://echa.europa.eu/documents/10162/ba7f7c39-dab6-4dca-bc8e-dfab7ac53e37>

European Chemical Bureau, 2008: Bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) Risk Assessment Report vol. 80, Institute for Health and Consumer Protection, Ispra Italy. Databáze online [cit. 2016-02-25]. Dostupné na: <http://echa.europa.eu/documents/10162/e614617d-58e7-42d9-b7fb-d7bab8f26feb>

Ežerskis Z., Morkunas V., Suman M., Simoneau C., 2007: Analytical screening of polyadipates and other palsticisers in poly(vinyl chloride) gasket seals and in fatty food by gas chromatography-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 604(1): 29–38.

- Fankhauser-Noti A., Grob K., 2006: Migration of plasticizers from PVC gaskets of lids for glass jars into oily foods: Amount of gasket material in food contact, proportion of plasticizer migrating into food and compliance testing by simulation. *Trends in Food Science & Technology*, 17(3): 105–112. doi: 10.1016/j.tifs.2005.10.013.
- Fasano E., Bono-Blay F., Cirillo T., Montuori P., Lacorte S., 2012: Migration of phthalates, alkylphenols, bisphenol A and di(2-ethylhexyl)adipate from food packaging. *Food Control*, 27(1): 132–138.
- Fatima P. M., Oliveira J. C., Pereira J. R., Brandsch R., Hogg T., 2011: Modelling migration from paper into a food simulant. *Food Control*, 22: 303–312.
- Fierens T., Servaes K., Van Holderbeke M., Geerts L., De Henauw S., Sioen I., Vanermen G., 2012a: Analysis of phthalates in food products and packaging materials sold on the Belgian market. *Food and Chemical Toxicology*, 50(7): 2575–2583.
- Fierens T., Vanermen G., Van Holderbeke M., Henauw S. D., Sioen I., 2012b: Effect of cooking at home on the levels of eight phthalates in foods. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 4428–4435. doi: 10.1016/j.fct.2012.09.004.
- Frederiksen H., Skakkebaek N. E., Andersson A. M., 2007: Metabolism of phthalates in humans. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51: 899–911.
- Fromme H., Kuchlerb T., Ottoc T., Pilzc K., Mullerb J., Wenzel A., 2002: Occurrence of phthalates and bisphenol A and Fin the environment. *Water Research*, 36(6): 1429–1438.
- Fromme H., Gruber L., Seckin E., Raab U., Zimmermann S., Kiranoglu M., Schlummer M., Schwegler U., Smolic S., Volkel W., 2011: Phthalates and their metabolites in breast milk-results from the Bavarian Monitoring of Breast Milk (BAMBI). *Environment International*, 37: 715–722.
- Gajdušková V., Jarošová A., Ulrich R., 1996: Occurrence of phthalic acid esters in food packaging materials. Veterinary Research Institute, Brno. *Potravinářské Vědy*, 14: 99–108.
- Gardner S. T., Wood A. T., Lester O., Paitra E., Burnham N., Perygin D. H., Rayburn J., 2016: Assessing differences in toxicity and teratogenicity of three phthalates, Diethyl phthalate, Di-n-propyl phthalate, and Di-n-butyl phthalate, using *Xenopus laevis* embryos. *Journal of toxicology and environmental health. Part A*, 79(2): 71–82. doi: 10.1080/15287394.2015.1106994.
- Gascon M., Casas M., Morales E., Valvi D., Ballesteros-Gomez A., Luque N., Rubio S., Monfort N., Ventura R., Martinez D., Sunyer J., Vrijheid M., 2014: Prenatal exposure to

bisphenol A and phthalates and childhood respiratory tract infections and allergy. *Research in Environmental Epidemiology*, 135(2): 370–378.

Gasperi J., Garnaud S., Rocher V., Moilleron R., 2009: Priority pollutants in surface waters and settleable particles within a densely urbanised area: Case study of Paris (France). *Science of the Total Environment*, 407: 2900–2908.

Gong M., Weschler C. J., Liu L., Shen H., Huang L., Sundell J., Zhang Y., 2015: Phthalate metabolites in urine samples from Beijing children and correlations with phthalate levels in their hand wipes. *Indoor air*, 6: 572–581. doi: 10.1111/ina.12179.

Grossman D., Kalo D., Gendelman M., Roth Z., 2012: Effect of di-(2-ethylhexyl) phthalate and mono-(2-ethylhexyl) phthalate on in vitro developmental competence of bovine oocytes. *Cell Biology and Toxicology*, 28(6): 383–396. doi: 10.1007/s10565-012-9230-1 .

Guerranti C., Sbordoni I., Leonida E. F., Borghini F., Corsi I., Focardi S. E., 2013: Levels of phthalates in human milk samples from central Italy. *Microchemical Journal*, 107: 178–181.

Guo Y., Zhang Z., Liu L., Li Y., Ren N., Kannan K., 2012: Occurrence and profiles of phthalates in foodstuffs from China and their implications for human exposure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 6913–6919. doi: 10.1021/jf3021128.

Hagedorn-Leweke U., Lippold B., 1995: Absorption of sunscreens and other compounds through human skin in vivo: derivation of a method to predict maximum fluxes. *Pharmaceutical Research*, 12: 1354–1360.

Hannon P. R., Peretz J., Flaws J. A., 2014: Daily exposure to Di(2-ethylhexyl) phthalate alters estrous cyclicity and accelerates primordial follicle recruitment potentially via dysregulation of the phosphatidylinositol 3-kinase signaling pathway in adult mice. *Biology and Reproduction*, 90(6): 136. doi: 10.1095/biolreprod.114.119032.

Hannon P. R., Ftaws J. A., 2015: The effects of phthalates on the ovary. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*, 6: 8. doi: 10.3389/fendo.2015.00008.

Hart R., Doherty D. A., Frederiksen H., Keelan J. A., Hickey M., Sloboda D., 2014: The influence of antenatal exposure to phthalates on subsequent female reproductive development in adolescence: a pilot study. *Reproduction*, 147(4): 379–390. doi: 10.1530/REP-13-0331.

Hauser R., Calafat A. M., 2005: Phthalates and human health. *Occupational and Environmental Medicine*, 62: 806–818.

- Hauser R., Meeker J. D., Duty S., Silva M. J., Calafat A. M., 2006: Altered semen quality in relation to urinary concentrations of phthalate monoester and oxidative metabolites. *Epidemiology*, 17: 682–691.
- Hayashi K., Nakae A., Fukushima Y., Sakamoto K., Furuichi T., Kitahara K., Miyazaki Y., Ikenoue C., Matumoto S., Toda T., 2010: Contamination of rice by etofenprox, diethyl phthalate and alkylphenols: effects on first delivery and sperm count in mice. *Toxicology Science*, 35(1): 49–55.
- Hernandez-Diaz S., Su Y. C., Mitchell A. A., Kelley K. E., Calafat A. M., Hauser R., 2013: Medications as a potential source of exposure to phthalates among women of childbearing age. *Reproductive Toxicology*, 37: 1–5. doi: 10.1016/j.reprotox.2013.01.001.
- Herreros M. A., Gonzalez-Bulnes A., Inigo-Nunez S., Contreras-Solis I., Ros J. M., Encinas T., 2013: Toxicokinetics of di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) and its effects on luteal function in sheep. *Reproductive Biology*, 13(1): 66–74. doi: 10.1016/j.repbio.2013.01.177.
- Heudorf U., Mersch-Sundermann V., Angerer E., 2007: Phthalates: toxicology and exposure. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 210(5): 623–634.
- Holohan M., Smith C., 2015: Phthalates and neurotoxic effects on hippocampal network plasticity. *NeuroToxicology*, 48: 21–34.
- Hongjun Y., Wenjun X., Qing L., Jingtao L., Hongwen Y., Zhaohua L., 2013: Distribution of phthalate esters in top soil: a case study in the Yellow River Delta, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(10): 8489–8500. doi: 10.1007/s10661-013-3190-7.
- Huang P. CH., Kuo P. L., Guo Y. L., Liao P. CH., Lee CH. CH., 2007: Associations between urinary phthalate monoesters and thyroid hormones in pregnant women. *Human Reproduction*, 22: 2715–2722.
- Chen M. L., Chen J. S., Tang C. L., Mao I. F., 2008: The internal exposure of Taiwanese to phthalate—an evidence use of plastic materials. *Environment International*, 34: 79–85.
- Ito Y., Yokota H., Wang R., Yamanoshita O., Ichihara G., Wang G., Kurata Y., Takagi K., Nakajima T., 2005: Species differences in the metabolism of di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) in several organs of mice, rats, and marmosets. *Archives of Toxicology*, 79: 147–154.

Itoh H., Yoshida K., Masunaga S., 2007: Quantitative Identification of Unknown Exposure Pathways of Phthalates Based on Measuring Their Metabolites in Human Urine. *Environmental Science and Technology*, 41(13): 4542–4547.

Jarošová A., Gajdůšková V., Ulrich R., Ševela K., 1997: Zhodnocení výskytu esterů kyseliny ftalové v potravním řetězci. In: *Cudzorodé látky v požívatinách. XVIII. Konferencia s medzinárodnou účasťou. Tatranská Štrba*, 178–181.

Jarošová A., Gajdůšková V., Razsyk J., Ševela K. 1999. Di-2-ethylhexyl phthalate and di-n-butyl phthalate in the tissues of pigs and broiler chicks after their oral administration. *Veterinary medicine*, 44: 61–70.

Jarošová A., 2006: Phthalic acid esters (PAEs) in the food chain. *Czech Journal of Food Sciences*, 24(5): 223–231.

Jarošová A., Harazim J., Krátká L., Kolenčíková D., 2008: Úroveň kontaminace ftaláty u vybraných krmných surovin, doplňkových látek a premixů. *Maso*, 19(1): 84–86. ISSN 1210-4086.

Johns L., Cooper G., Galizia A., Meeker J., 2015: Exposure assessment issues in epidemiology studies of phthalates. *Environment International*, 85: 27–39.

Kavlock R., Barr D., Boekelheide K., Breslin W., Breysse P., Chapin R., 2002: NTP Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction: Expert Panel update on there productive and developmental toxicity of di(2-ethylhexyl) phthalate. *Reproductive Toxicology*, 22: 291–399.

Kelley K. E., Hernandez-Diaz S., Chaplin E. L., Hauser R., Mitchell A. A., 2012: Identification of phthalates in medications and dietary supplement for mulations in the United States and Canada. *Environmental Health Perspectives*, 120(3): 379–384. doi: 10.1289/ehp.1103998.

Kim B. N., Cho S. C., Kim Y., Shin M. S., Yoo H. J., Kim J. W., Yang Y. H., Kim H. W., Bhang S. Y., Hong Y. C., 2009: Phthalates exposure and attention-deficit/hyperactivity disorder in school-age children. *Biological Psychiatry*, 66(10): 958–963.

Kim S., Lee J., Park J., Kimd H., Cho G., Kimd G., Eun S., Lee J., Choi G., Suhe E., Choi S., King S., Kim Y., Koo S., Young K. S., Kim S., Eomi S., Bangmoonh H., Choi K., 2015: Concentrations of phthalate metabolites in breast milk in Korea: Estimating exposure to phthalates and potential risks among breast-fed infants. *Science of the Total Environment*, 508: 13–19.

Klaunig J. E., Babich M. A., Baetcke K. P., Cook J. C., Corton J. C., David R. M., Deluca J. G., Lai D. Y., Mckee R. H., Peters J. M., Roberts R. A., Fenner-Crisp P. A., 2003: PPAR α agonist-induced rodent tumors: modes of action and human relevance. *Critical Reviews in Toxicology*, 33: 655–780.

Klouda P., 2003: *Moderní analytické metody*. Pavel Klouda, ISBN 80-86369-07-2, 132 s.

Koch H. M., Bolt H. M., Preuss R., Angerer J., 2005: New metabolites of di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) in human urine and serum after single oral doses of deuterium-labelled DEHP. *Archives of Toxicology*, 79: 367–376.

Koch H. M., Preuss R., Angerer J., 2006: Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP): Human metabolism and internal exposure-An update and latest results. *International Journal of Andrology*, 29: 155–165.

Kolarik B., Naydenov K., Larsson M., Bornehag C. G., Sundell J., 2008: The association between phthalates in dust and allergic diseases among bulgarian children. *Environmental Health Perspectives*, 116: 98–103.

Kondyli E., Demertzis P. G., Kontominas M. G., 1992: Migration of dioctylphthalate and dioctyladipate plasticizers from food-grade PVC films into ground-meat products. *Food Chemistry*, 45(3): 163–168. doi: 10.1016/0308-8146(92)90108-E.

Krátká L., Jarošová A., Malyszová J., Stancová V., Harazim J., 2008: The occurrence of phthalic acid esters in selected feedstuffs. *Chemické listy*, 102: 698–699.

Krotz S. P., Carson S. A., Tomey C., Buster J. E., 2012: Phthalates and bisphenol do not accumulate in human follicular fluid. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 29(8): 773–777. doi: 10.1007/s10815-012-9775-1.

Latini G., 2005: Monitoring phthalate exposure in humans. *Clinica Chimica Acta*, 361(1-2): 20–29.

Lee B. M., Koo H. J., 2007: Hershberger assay for antiandrogenic effects of phthalates. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 70: 1365–1370.

Li N., Liu T., Zhou L., He J., Ye L., 2012: Di-(2-ethylhexyl) phthalate reduces progesterone levels and induces apoptosis of ovarian granulosa cell in adult female ICR mice. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 34(3): 869–875. doi: 10.1016/j.etap.2012.08.013.

Li L., Zhang T., Qin X. S., Ge W., Ma H. G., Sun L. L., 2014: Exposure to diethylhexylphthalate (DEHP) results in a heritable modification of imprint genes DNA

methylation in mouse oocytes. *Molecular Biology Reports*, 41(3): 1227–1235. doi: 10.1007/s11033-013-2967-7.

Li L., Liu J. C., Lai F. N., Liu H. Q., Zhang X. F., Dyce P. W., Shen W., Chen H., 2016: Di (2-ethylhexyl) phthalate exposure impairs growth of antral follicle in mice. *Plos one*, 11(2). doi: 10.1371/journal.pone.0148350.

Liang P., Xu J., Lu Q., 2008: Application of dispersive liquid–liquid microextraction and high-performance liquid chromatography for the determination of three phthalate esters in water samples. *Analytica Chimica Acta*, 609: 53–58.

Lin C., Lee C. J., Mao W. M., Nadim F., 2009: Identifying the potential sources of di-(2-ethylhexyl) phthalate contamination in the sediment of the Houjing River in southern Taiwan. *Journal of Hazardous Materials*, 161(1): 270–275.

Lin S., Ku H., Su P., Chen J., Huang P., Angerer J., Wang S., 2011: Phthalate exposure in pregnant women and their children in central Taiwan. *Chemosphere*, 82: 947–955.

Lin J., Chen W., Zhu H., Wang Ch., 2015: Determination of free and total phthalates in commercial whole milk products in different packaging materials by gas chromatography-mass spectrometry. *American Dairy Science Association*, 98(1): 8278–8284. doi: 10.3168/jds.2015-10066.

Liu T., Li N., Zhu J., Yu G., Guo K., Zhou L., 2014: Effects of di-(2-ethylhexyl) phthalate on the hypothalamus-pituitary-ovarian axis in adult female rats. *Reproductive Toxicology*, 46: 141–147. doi: 10.1016/j.reprotox.2014.03.006.

Liu Z. H, Li E. H., Xu D. L., Sun W. L., Hong Y., Zhao W., Xia S. J., Jiang J. T., 2016: Genetic research and structural dysplasia assessment of anorectal malformations in neonatal male rats induced by di(n-butyl) phthalate. *Environmental Toxicology*, 31(3): 261–268. doi: 10.1002/tox.22040.

Maas R., Patch S., Pandolfo T., 2004: Inhalation and ingestion of phthalate compounds from use in synthetic modeling clays. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 73(2): 227–234.

Mahmoud A. M., Abdallah S. A., 2008: Quantitative Analysis of Phthalates Plasticizers in Traditional Egyptian Foods (Koushary and Foul Medams), Black Tea, Instant Coffee and Bottled Waters by Solid Phase Extraction-Capillary Gas Chromatography-Mass Spectroscopy. *American Journal of Food Technology*, 3(5): 341–346.

Main K. M., Mortensen G. K., Kaleva M. M., Boisen K. A., Damgaard I. N., Chellakooty M., Schmidt I. M., Suomi A. M., Virtanen H. E., Petersen J. H., Andersson A. M., Toppari J., Skakkebaek N. E., 2006: Human Breast Milk Contamination with

Phthalates and Alterations of Endogenous Reproductive Hormones in Infants Three Months of Age. *Environmental Health Perspectives*, 114: 270–276.

Marcilla A., Garcia S., Garcia-Quesada J. C., 2008: Migrability of PVC plasticizers. *Polymer Testing*, 27: 221–233.

Marie C., Vendittelli F., Sauvant-rochat M., 2015: Obstetrical outcomes and biomarkers to assess exposure to phthalates: A review. *Environment International*, 83: 116–136.

Markarian J., 2007: PVC additives-What lies ahead? *Plastics, Additives and Compounding*, 9(6): 22–25. doi: 10.1016/s1464-391x(07)70153-8.

Martine B., Marie-Jeanne T., Cendrine D., Fabrice A., Marc C., 2013: Assessment of adult human exposure to phthalate esters in the urban centre of Paris (France). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 90(1): 91–96. doi: 10.1007/s00128-012-0859-5.

Meeker J. D., Ferguson K. K., 2014: Urinary phthalate metabolites are associated with decreased serum testosterone in men, women, and children from NHANES 2011-2012. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 99(11): 4346–4352. doi: 10.1210/jc.2014-2555.

Meruvu S., Zhang J., Bedi Y. S., Choudhury M., 2016: Mono-(2-ethylhexyl) phthalate induces apoptosis through miR-16 in human first trimester placental cell line HTR-8/SVneo. *Toxicology in vitro*, 31: 35–42. doi: 10.1016/j.tiv.2015.11.010.

Moreira M. A., Andre L. C., Cardeal Z. D., 2015: Analysis of plasticiser migration to meat roasted in plastic bags by SPME-GC/MS. *Food Chemistry*, 1(178): 195–200. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.01.078.

Mortensen G. K., Main K. M., Andersson A. M., Leffers H., Skakkebaek N. E., 2005: Determination of phthalate monoesters in human milk, consumer milk, and infant formula by tandem mass spectrometry (LC-MS-MS). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 382: 1084–1092.

Moyer B., Hixon M. L., 2012: Reproductive effects in F1 adult females exposed in utero to moderate to high doses of mono-2-ethylhexylphthalate (MEHP). *Reproductive Toxicology*, 34(1): 43–50. doi: 10.1016/j.reprotox.2012.02.006.

Muczynski V., Lecureuil C., Messiaen S., Guerquin M. J., N'Tumba-Byn T., Moison D., 2012: Cellular and molecular effect of MEHP Involving LXR alpha in human fetal testis and ovary. *Plos One*, 7(10). doi: 10.1371/journal.pone.0048266.

Nardelli T. C., Erythropel H. C., Robaire B., 2015: Toxicogenomic Screening of Replacements for Di(2-Ethylhexyl) Phthalate (DEHP) Using the Immortalized TM4 Sertoli Cell Line. *Plos One*, 10(10): e0138421. doi: 10.1371 / journal.pone.0138421.

Nařízení komise (EU) č. 10/2011 o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., je prováděcím předpisem zákona č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy a k zákoníku práce

Ndhkala A. R., Ncube B., Van Standen J., 2012: Ensuring quality in herbal medicines: Toxic phthalates in plastic-packaged commercial herbal products. *South African Journal of Botany*, 82: 60–66. doi: 10.1016/j.sajb.2012.07.004.

Page B. D., Lacroix G. M., 1992: Studies into the transfer and migration of phthalate esters from aluminum esters from aluminum foil-paper laminates to butter and margarine. *Food Additives and Contaminants*, 9: 197–212. doi: 10.1080/02652039209374064.

Page B. D., Lacroix G. M., 1995: The occurrence of phthalate ester and di-2-ethylhexyl adipate plasticizers in Canadian packaging and food sampled in 1985-1989: a survey. *Food Additives and Contaminants*, 12(1): 129–151.

Pan G., Hanaoka T., Yoshimura M., Zhang S., Wang P., Tsukino H., Inoue K., Nakazawa H., Tsugane S., Takahashi K., 2006: Decreased serum free testosterone in workers exposed to high levels of di-n-butyl phthalate (DBP) and di-2-ethylhexyl phthalate (DEHP): A cross section study in China. *Environmental Health Perspectives*, 114: 1643–1648.

Picone S., Paolillo P., 2012: Chemical contaminants in breast milk. *Early Human Development*, 89(4): 117–118.

Pocar P., Fiandanese N., Secchi C., Berrini A., Fischer B., Schmidt J. S., 2012: Exposure to di(2-ethyl-hexyl) phthalate (DEHP) in utero and during lactation causes long-term pituitary-gonadal axis disruption in male and female mouse offspring. *Endocrinology*, 153(2): 937–948. doi: 10.1210/en.2011-1450.

Ray B., D'Souza A. S., Kumar V., Pugazhandhi B., D'Souza M. R., Nayak D., 2012: Ovarian development in Wistar rat treated prenatally with single dose diisobutylphthalate. *Bratislavské lékařské listy*, 113(10): 577–582. doi: 10.4149/BLL_2012_129.

- Reddy B. S., Rozati R., Reddy B. V., Raman N. V., 2006: Association of phthalate esters with endometriosis in Indian women. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 113: 515–520.
- Rhind S. M., Kyle C. E., Mackie C., Telfer G., 2007: Effects of exposure of ewes to sewage sludge-treated pasture on phthalate and alkyl phenol concentrations in their milk. *Science of the Total Environment*, 383(1-3): 70–80.
- Rodgers K. M., Rudel R. A., Just A. C., 2014: Phthalates in Food Packaging, Consumer Products, and Indoor Environments. *Toxicants in Food Packaging and Household Plastics*, 20: 31–59. doi: 10.1007/978-1-4471-6500-2_2.
- Romani F., Tropea A., Scarinci E., Federico A., Dello Russo C., Lisi L., 2014: Endocrine disruptors and human reproductive failure: the in vitro effect of phthalates on human luteal cells. *Fertility and Sterility*, 102(3): 831–837. doi: 10.1016/j.fertnstert.2014.05.041.
- Rudel R. A., Gray J. M., Engel C. L., Rawsthorne T. W., Dodson R. E., Ackerman J. M., Rizzo J., Nudelman J. L., Brody J. G., 2011: Food packaging and bisphenol A and bis(2-ethylhexyl) phthalate exposure: findings from a dietary intervention. *Environmental Health Perspectives*, 119: 914–920. doi: 10.1289/ehp.1003170.
- Ruddick J. A., Villeneuve D. C., Chu I., Nestmann E., Miles D., 1981: An assessment of the teratogenicity in the rat and mutagenicity in salmonella of mono-2-ethylhexyl phthalate. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 27: 181–186.
- Rusyn I., Peters J. M., Cunningham M. L., 2006: Effects of DEHP in the liver: Modes of action and species-specific differences. *Critical Reviews in Toxicology*, 36: 459–479.
- Sathyanarayana S., 2008: Phthalates and children's health. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 38: 34–49.
- Sathyanarayana S., Barrett E., Butts S., Wang C., Swan S. H., 2014: Phthalate exposure and reproductive hormone concentrations in pregnancy. *Reproduction*, 147(4): 401–409. doi: 10.1530/REP-13-0415.
- Scott R. C., Dugard P. H., Ramsey J. D., Rhodes C., 1987: In vitro absorption of some o-phthalate diesters through human and rat skin. *Environmental Health Perspectives*, 74: 223–227.
- Serrano S. E., Braun J., Trasande L., Dills R., Sathyanarayana S., 2014: Phthalates and diet: a review of the food monitoring and epidemiology data. *Environmental Health*, 13(1): 43. doi: 10.1186/1476-069X-13-43.

Silva M. S., Barr D. B., Reidy J. A., Kato K., Malek N. A., Hodge C. C., Hurtz D., Calafat A. M., Needham L. L., Brock J. W., 2003: Glucuronidation patterns of common urinary and serum monoester phthalate metabolites, *Archives of Toxicology*, 77: 561–567.

Silva M. J., Reidy J. A., Herbert A. R., Preau J. L., Needham L. L., Calafat A. M., 2004: Detection of Phthalate Metabolites in Human Amniotic Fluid. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 72: 1226–1231.

Singh S., Li S., 2011: Phthalates: Toxicogenomics and inferred human diseases. *Genomics*, 97: 148–157.

Sharman M., Read W. A., Castle L., Gilbert J., 1994: Levels of di-(2-ethylhexyl) phthalate and total phthalate esters in milk, cream, butter and cheese. *Food Additives and Contaminants*, 11(3): 375–385.

Shen H., 2005: Simultaneous screening and determination eight phthalates in plastic products for food use by sonication-assisted extraction/GC-MS methods. *Talanta*, 66(3): 734–739.

Shen H. Y., Jiang H. L., Mao H. L., Lu Zhou, Cao Y. F., 2007: Simultaneous determination of seven phthalates and four parabens in cosmetic products using HPLC-DAD and GC-MS methods. *Journal of Separation Science*, 30: 48–54.

Shuangling Z., Kangquan G., 2009: Migration amount of Di-2-ethylhexyl phthalate from food-grade PVC film into meat at three temperatures. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 25(1): 291–293.

Schechter A., Lorber M., Guo Y., Wu Q., Yun S. H., Kannan K., Hommel M., Imran N., Hynan L. S., Cheng D., Colacino J. A., Birnbaum L. S., 2013: Phthalate concentrations and dietary exposure from food purchased in New York state. *Environmental Health Perspectives*, 121: 473–494.

Song N., On J., Lee J., Park J., Kwon H., Jung H., Yoon G., Pyo H., 2013: Biomonitoring of urinary di(2-ethylhexyl) phthalate metabolites of mother and child pairs in South Korea. *Environment International*, 54: 65–73.

Sorensen L. K., 2006: Determination of phthalates in milk and milk products by liquid chromatography/ tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 20:1135–1143.

Stanley M. K., Robillard K. A., Staples CH. A., 2003: Introduction. *The Handbook of Environmental Chemistry*, 3: 1–7.

Staples CH. A., Peterson D. R., Parkerton T. F., Adams W. J., 1997: The environmental fate of phthalate esters: A literature review. *Chemosphere*, 35: 667–749.

Starling A., Engel L., Calafat A., Koutros S., Satagopan J., Yang G., Matthews Ch., Cai Q., Buckley J., Ji B., Cai H., Chow W., Zheng W., Gao Y., Rothman N., Xiang Y., Shu X., 2015: Predictors and long-term reproducibility of urinary phthalate metabolites in middle-aged men and women living in urban Shanghai. *Environment International*, 84: 94–106.

Startin J. R., Sharman M., Rose M. D., Parker I., Mercer A. J., Castle L., Gilbert J., 1987: Migration from plasticized films into foods. 1. Migration of di-(2-ethylhexyl)adipate from PVC films during home-use and microwave cooking. *Food Additives and Contaminants*, 4(4): 385–398. doi: 10.1080/02652038709373647.

Sun J. T., Pan L. L., Zhan, Y., Lu H. N., Tsang D. C. W., Liu W. X., Wang X. L., Li X. D., Zhu L. Z., 2016: Contamination of phthalate esters, organochlorine pesticides and polybrominated diphenyl ethers in agricultural soils from the Yangtze River Delta of China. *Science of the total environment*, 544: 670–676. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.012.

Teuten E. L., Saquing J. M., Knappe D. R. U., Barlaz M. A., Jonsson S., 2009: Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wild life. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364: 2027–2045.

Tsumara Y., Ishimitsu S., Kaihara A., Yoshii K., Nakamura Y., Tonogai Y., 2001: Di(2-ethylhexyl) phthalate contamination of retail packed lunches caused by PVC gloves used in the preparation of foods. *Food additives and contaminants*, 18(6): 569–579.

Velišek J., Hajšlová J., 2009: *Chemie potravin 2*. Tábor: OSSIS, 623 s. ISBN 978-80-86659-17-6.

Ventrice P., Ventrice D., Russoa E., Sarroa G., 2013: Phthalates: European regulation, chemistry, pharmacokinetic and related toxicity. *Environmental toxicology and pharmacology*, 36: 88–96.

Vélez M., Arbuckle T., Fraser W., 2015: Female exposure to phenols and phthalates and time to pregnancy: the Maternal-Infant Research on Environmental Chemicals (MIREC) Study. *Society for Reproductive Medicine*, 103(4): 1111–1120.

Vikelsøe J., Thomsen M., Carlsen L., 2002: Phthalates and nonylphenols in profiles of differently dressed soils. *Science of the Total Environment*, 296(1-3): 105–116.

Vyhláška MZ č. 38/2001 Sb. ve znění zákona 127/2009 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmu

Wagner M., Oehlmann J., 2009: Endocrine disruptors in bottled mineral water: total estrogenic burden and migration from plastic bottles. *Environmental Science and Pollution Research*, 16(3): 278–286. doi: 10.1007/s11356-009-0107-7.

Wang L., Jiang G. B., Cai Y. Q., He B., Wang Y. W., Shen D. Z., 2007: Cloud point extraction coupled with HPLC-UV for the determination of phthalate esters in environmental water samples. *Journal of Environmental Sciences*, 19: 874–878.

Wang W., Craig Z. R., Basavarajappa M. S., Gupta R. K., Flaws J. A., 2012: Di(2-ethylhexyl) phthalate inhibits growth of mouse ovarian antral follicles through an oxidative stress pathway. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 258(2): 288–295. doi: 10.1016/j.taap.2011.11.008.

Wang S., Yang W., Shi M., Sun X., Pang W., Wang G., 2013: GC-MS Assisted with Chemometric Methods Applied for Investigation of Migration Behavior of Phthalate Plasticizers in Fatty Foods Simulant. *Chromatographia*, 76(9–10): 529–534.

Wang J., Chen G. C., Christie P., Zhang M. Y., Luo Y. M., Teng Y., 2015: Occurrence and risk assessment of phthalate esters (PAEs) in vegetables and soils of suburban plastic film greenhouses. *Science of the Total Environment*, 1(523): 129–137.

Watkins D. J., Tellez-Rojo M. M., Ferguson K. K., Lee J. M., Solano-Gonzalez M., Blank-Goldenberg C., 2014: In utero and peripubertal exposure to phthalates and BPA in relation to female sexual maturation. *Environmental Research*, 134: 233–241. doi: 10.1016/j.envres.2014.08.010.

Weschler C. J., Nazaroff W. W., 2008: Semivolatile organic compounds in indoor environments. *Atmospheric Environment*, 42(40): 9018–9040.

Williams D. T., Blanchfield B. J., 1975: The retention, distribution, excretion, and metabolism of dibutyl phthalate-7-14 C in the rat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23: 854–858.

Wittassek M., Koch H. M., Angerer J., Bruning T., 2011: Assessing exposure to phthalates – The human biomonitoring approach. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55(1): 7–31. doi: 10.1002/mnfr.201000121.

Wormuth M., Scheringer M., Vollenweider M., Hungerbühler K., 2006: What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans? *Risk Analysis*, 26(3): 803–824. doi: 10.1111/j.1539-6924.2006.00770.x.

Wypych G., 2012: *Handbook of plasticizers*. Norwich, New York, 748 s. ISBN 9781895198508.

Yagi Y., Nakamura Y., Tomita I., Tsuchikawa K., Shimoi N., 1980: Teratogenic potential of di- and mono-(2-ethylhexyl) phthalate in mice. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 4: 533–539.

Yang J., Li Y., Wang Y., Ruan J., Zhang J., Sun Ch., 2015: Recent advances in analysis of phthalate esters in food. *Trends in Analytical Chemistry*, 72: 10–26.

Ye T., Kang M., Huang Q., Fang C., Chen Y., Shen H., 2014: Exposure to DEHP and MEHP from hatching to adult hood causes reproductive dysfunction and endocrine disruption in marine medaka (*Oryzias melastigma*). *Aquatic Toxicology*, 146: 115–126. doi: 10.1016/j.aquatox.2013.10.025.

Xie Z., Ebinghaus R., Temme CH., Caba A., Ruck W., 2005: Atmospheric concentrations and air–sea exchanges of phthalates in the North Sea (German Bight). *Atmospheric Environment*, 39(18): 3209–3219. doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.02.021.

Xue M. G., Wang S. F., Huang C. X., Xia N. N., 2010: The Analysis of Organic Contaminants in Printing Paper Food Packaging Materials. Proceedings of the 17th iapri world conference on packaging. *Scientific Research Publishing*, USA, 360–363.

Zeng F., Cui K., Xie Z., Liu M., Li Y., Lin Y., Zeng Z., Li F., 2008: Occurrence of phthalate esters in water and sediment of urban lakes in a subtropical city, Guangzhou, South China. *Environment International*, 34(3): 372–380.

Zeng F., Cui K., Xie Z., Wu L., Luo D., Chen L., Lin Y., Liu M., Sun G., 2009: Distribution of phthalate esters in urban soils of subtropical city, Guangzhou, China. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2-3): 1171–1178.

Zhang K., Noonan G. O., Begley T. H., 2008: Determination of 2,6-diisopropyl-naphthalene (DIPN) and n-dibutylphthalate (DBP) in food and paper packaging materials from US market places. *Food Additives and Contaminants*, 25(11): 1416–1423. doi: 10.1080/02652030802163380.

Zhang S. H., Guo K. Q., 2009: Migration amount of Di-2-ethylhexyl phthalate from food-grade PVC film into meat at three temperatures. *Transaction of the Chinese society of Agricultural engineering*, 25(1): 291–293.

Zhang X. F., Zhang L. J., Li L., Feng Y. N., Chen B., Ma J. M., 2013: Diethylhexyl phthalate exposure impairs follicular development and affects oocyte maturation in the mouse. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 54(5): 354–361. doi: 10.1002/em.21776.

Zhang T., Li L., Qin X. S., Zhou Y., Zhang X. F., Wang L. Q., 2014: Di-(2-ethylhexyl) phthalate and bisphenol A exposure impairs mouse primordial follicle assembly in vitro. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 55(4): 343–353. doi: 10.1002/em.21847.

Zhang Y., Caob Y., Shi H., Jianga X., Zhao Y., Fang X., Xie Ch., 2015: Could exposure to phthalates speed up or delay pubertal onset and development? A 1.5-year follow-up of a school-based population. *Environment International*, 83(1): 41–49.

Zhu Y., Wan Y., Li Y., Zhang B., Zhou A., Cai Z., Qian Z., Zhang Ch., Huo W., 2016: Free and total urinary phthalate metabolite concentrations among pregnant women from the Healthy Baby Cohort (HBC), China. *Environment international*, 88: 67–73. doi: 10.1016/j.envint.2015.12.004.

Zorníková G., Jarošová A., Puškárová L., 2010: Vliv mrazírenského skladování balených kuřat na výskyt di-n-butyl ftalátu a di-etyhlhexyl ftalátu ve tkáních kuřat. In *Sborník XXXVI. Semináře o jakosti potravin a potravinových surovin: Ingrovy dny*. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 300–305.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Struktura di-n-butyl ftalátu (Frederiksen et al., 2007).....	14
Obr. 2	Struktura di-2-ethylhexyl ftalátu (Frederiksen et al., 2007)	15
Obr. 3	Biotransformace ftalátů v organismu (Frederiksen et al., 2007)	31
Obr. 4	Schéma metabolismu DEHP v organismu (Rusyn et al., 2006)	33
Obr. 5	Výroba modelového masného výrobku typu „Gothajský salám“	45
Obr. 6	Výroba a skladování modelového masného výrobku typu „Gothajský salám“ ..	46
Obr. 7	Kontrola teploty a následné šokové chlazení modelového masného výrobku	46
Obr. 8	Vzorky modelových masných výrobků typu „Gothajský salám“	47
Obr. 9	Separace ko-extraktů od ftalátů pomocí gelové permeační chromatografie	49
Obr. 10	Přečišťování vzorku pomocí koncentrované kyseliny sírové.....	50
Obr. 11	Chromatografický záznam standardů DBP a DEHP	51
Obr. 12	Chromatografický záznam detekce PAE ve vzorku obalového materiálu	51
Obr. 13	Chromatografický záznam detekce PAE ve vzorku obalového materiálů proložený záznamem standardů DBP a DEHP.....	51
Obr. 14	Chromatografický záznam detekce PAE ve vzorku masných výrobků	52
Obr. 15	Průměrné koncentrace (y ; $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) DBP a DEHP (x) v obalech masných výrobků	62
Obr. 16	Zastoupení DBP a DEHP (%) v obalech masných výrobků	62
Obr. 17	Zastoupení DBP, DEHP a DBP+DEHP (y ; $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) v potištěných (SP) a nepotištěných (BP) částech obalů masných výrobků	71
Obr. 18	Koncentrace DBP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)	80
Obr. 19	Koncentrace DEHP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)	81
Obr. 20	Koncentrace DBP+DEHP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)	82
Obr. 21	Koncentrace DBP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích s 10% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)	97
Obr. 22	Koncentrace DBP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích s 30% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)	98
Obr. 23	Koncentrace DBP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích s 50% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)	99

Obr. 24 Koncentrace DEHP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích s 10% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)	100
Obr. 25 Koncentrace DEHP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích s 30% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)	101
Obr. 26 Koncentrace DEHP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích s 50% tučností po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování (x ; dny)	102
Obr. 27 Koncentrace DBP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích s obsahem tuku 10 %, 30 % a 50 % po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování.....	103
Obr. 28 Koncentrace DEHP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích s obsahem tuku 10 %, 30 % a 50 % po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování.....	105
Obr. 29 Koncentrace DBP+DEHP (y ; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v masných výrobcích s obsahem tuku 10 %, 30 % a 50 % po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování	106
Obr. 30 Podíl (%) použitého obalu, doby skladování a obsahu tuku na celkový obsah DBP+DEHP v masných výrobcích.....	110

9 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Fyzikálně-chemické vlastnosti ftalátů (Velíšek a Hajšlová, 2009)	13
Tab. 2 Využití nejčastěji se vyskytujících ftalátů (Heudorf et al., 2007)	17
Tab. 3 Eliminace DEHP ledvinou (Ventrice et al., 2013)	30
Tab. 4 Nejčastěji se vyskytující ftaláty a jejich metabolity v moči (Ejaredar et al., 2015)	32
Tab. 5 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v obalech masných výrobků ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ a $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl; ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	54
Tab. 6 Koncentrace DBP, DEHP a DBP+DEHP v potištěných (SP) a nepotištěných (BP) částech obalů masných výrobků ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$ a $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl); ND (nedetekováno) $<0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	65
Tab. 7 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 68.. 74	
Tab. 8 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 69.. 74	
Tab. 9 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 70.. 75	
Tab. 10 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 71 .. 75	
Tab. 11 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 72.. 76	
Tab. 12 Koncentrace DBP a DEHP ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v díle; ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	76
Tab. 13 Koncentrace DBP a DEHP ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v masných výrobcích (vz. 68, 69, 70, 71 a 72) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování; ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	77
Tab. 14 Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu 81 .. 85	

Tab. 15	Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu	82.. 85
Tab. 16	Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu	83.. 86
Tab. 17	Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu	84.. 86
Tab. 18	Koncentrace DBP a DEHP ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v obalu	85.. 87
Tab. 19	Koncentrace DBP a DEHP ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v díle; ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	87
Tab. 20	Koncentrace DBP a DEHP ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a základní statistické údaje (průměrná hodnota, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka a rozptyl) v masných výrobcích s obsahem tuku 10, 30 a 50 % (vz. 81, 82, 83, 84 a 85) po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování ND (nedetekováno) $<0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	88

10 SEZNAM ZKRATEK

2-EH – 2-ethylhexanol
2-EHA – 2-ethylhexanová kyselina
2cx-MMHP – mono(2-karboxymethylhexyl) ftalát
5cx-MEPP – mono(2-ethyl-5-karboxypentyl) ftalát
610P – di-(n-hexyl, n-octyl, n-decyl) ftalát
ADH – alkoholdehydrogenáza
AhR – aryl hydrokarbon receptor
ALDH – aldehyddehydrogenáza
ATBC – acetyltributyl citrát
BBP – benzylbutyl ftalát
BOP – butyl-2-ethylhexyl ftalát
CPSIA – Consumer product safety improvement
D711P – di-(heptyl, nonyl, undecyl) ftalát
DAD – diode array detector
DAP – di-allyl ftalát
DBP – di-n-butyl ftalát
DCHP – di-cyklohexyl ftalát
DEHA – di-ethylhexyl adipát
DEHP – di-2-ethylhexyl ftalát
DEP – di-ethyl ftalát
DHP – di-hexyl ftalát
DiBP – di-isobutyl ftalát
DiDP – di-isodecyl ftalát
DiNA – di-isononyl adipát
DiNP – di-isononyl ftalát
DiOP – di-isooctyl ftalát
DiPN – 2,6-di-isopropyl ftalát
DMP – di-methyl ftalát
DOA – di-n-octyl adipát
DOP – di-n-octyl ftalát
DPP – di-propyl ftalát
DUP – di-undecyl ftalát

DTDP – di-tridecyl ftalát
EFSA – European food safety authority
EPA – Environmental protection agency
FSH – folikulostimulující hormon
fT4 – volný tyroxin
GC – gas chromatography
GC-MS – gas chromatography-mass spectrometry
GPC – gel permeation chromatography
HPLC – high performance liquid chromatography
HPLC-MS – high performance liquid chromatography-mass spektrometry
IA – izoftalová kyselina
IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry
K_{OW} – koeficient oktan-1-ol/voda
LH – luteinizační hormon
MBeP – mono-benzyl ftalát
MBP – mono-butyl ftalát
MCNP – mono-(carboxynonyl) ftalát
MCPP – mono-(3-carboxypropyl) ftalát
MECP – mono-(2-ethyl-5-carboxypentyl) ftalát
MEHHP – mono(2-ethyl-5-hydroxyhexyl) ftalát
MEHP – mono-ethylhexyl ftalát
MEOHP – mono(2-ethyl-5-oxohexyl) ftalát
MEP – mono-ethyl ftalát
MiBP – mono-isobutyl ftalát
MiNP – mono-isononyl falát
ML – migrační limit
MMP – mono-methyl ftalátu
MOP – mono-n-octyl ftalát
NPK-P – nejvyšší přípustné koncentrace chemických látek v pracovním ovzduší
PA – phthalic acid
PAE/PAEs – phthalic acid ester/esters
PEC – předpokládaná environmentální koncentrace
PEL – přípustný expoziční limit
PET – polypropylen tereftalát

PPAR – peroxisome proliferator-activated receptor
PVC – polyvinylchlorid
PP – polypropylen
PPS – peroxizomové proliferátory
PTS – perzistentní toxické látky
SCF – Scientific Committee for Food
SML – specifický migrační limit
T3 – trijodtyronin
T4 – tyroxin
TA – kyselina tereftalová
TDI – tolerable daily intake
TSH – tyreotropin
UGT – uridin 5'-difosfoglukuronyl transferáza
UV – ultrafialové záření
UV-VIS – ultrafialovo-viditelná spektroskopie

11 SEZNAM PUBLIKACÍ

Vědecké publikace v časopise s IF:

Bogdanovičová S., Jarošová A., Kameník J., 2015: Detection of phthalic acid esters in the packaging films of meat products. *Acta Veterinaria Brno*, 83(1): 45–50. ISSN 0001-7213.

Vědecké publikace v časopise bez IF:

Bogdanovičová S., Jarošová A., Kameník J., 2014: Detection of di-n-butyl phthalate and di-2-ethylhexyl phthalate in packages of meat products. In *POLÁK, O. -- CERKAL, R. -- ŠKARPA, P. MendelNet 2014 - Proceedings of International PhD Students Conference. 1. vyd. Brno, Czech Republic: Mendel University in Brno*, 398–402. ISBN 978-80-7509-174-1.

Jarošová A., **Bogdanovičová S.**, 2015: Phthalate migration from packaging materials into food. *Potravinářstvo - Food Science (elektronická verze)*, 9(1): 275–279. ISSN 1337-0960.

Bogdanovičová S., Jarošová A., 2015: Detection of phthalates in packages and monitoring their migration into products. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 63(5): 1459–1464. ISSN 1211-8516.

Bogdanovičová S., Jarošová A., Jandásek J., Mihok M., 2015: The migration of phthalates from packaging into food depending on the heat processing and fat content of meat products. *MendelNet 2015 - Proceedings of International PhD Students Conference. Brno, Czech Republic: Mendel University in Brno*, 337–342.

Bogdanovičová S., Jarošová A., Jandásek J., 2015: Representation of phthalates in the packaging of meat products. *Maso international - Journal of Food Science and Technology*.

Jarošová A., **Bogdanovičová S.**, 2016: Phthalates in meat products in dependence on the fat content. *Potravinářstvo - Food Science (elektronická verze)*, 10(1): ISSN 1337-0960.

Tuzemské odborné časopisy:

Bogdanovičová S., Jarošová A., Kameník J., 2014: Monitoring esterů kyseliny ftalové v obalech masných výrobků. *Maso*, 5(4): 56–58. ISSN 1210-4086.

Bogdanovičová S., Jarošová A., 2015: Vliv tepelného opracování na migraci di-n-butyl ftalátu a di-2-ethylhexyl ftalátu z obalů do masných výrobků. *Maso*, 2(2): 50–53. ISSN 1210-4086.

Bogdanovičová S., Jarošová A., Jandásek J., 2015: Zastoupení ftalátů v obalech masných výrobků. *Maso*, 2(7): 38–42.

Bogdanovičová S., Jarošová A., Jandásek J., 2016: Ftaláty v potištěných a nepotištěných částech obalů masných výrobků. *Maso*, 3: 51–54.

Příspěvky ve sbornících:

Bogdanovičová S., Jarošová A., Daňková R., 2014: Estery kyseliny ftalové v obalech masných výrobků. *Sborník příspěvků XL. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin - Ingrovy dny 2014. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 73–80. ISBN 978-80-7375-944-5.*

Bogdanovičová S., Jarošová A., Kameník J., 2014: Zastoupení DBP a DEHP v obalech masných výrobků. *In XVI. konference mladých vědeckých pracovníků s mezinárodní účastí. 16. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 62–64. ISBN 978-80-7305-670-4.*

Bogdanovičová S., Jarošová A., 2015: Monitoring the content of phthalates in the packaging of meat products with printing and without printing. *In XX Międzynarodowa Konferencja Studenckich Kół Naukowych i XXXII Sejmik SKN Wrocław, 14-15 maja 2015 r. 13. vyd.*

Bogdanovičová S., Jarošová A., 2015: Vliv tepelného opracování na migraci di-n-butyl ftalátu a di-2-ethylhexyl ftalátu z obalů do masných výrobků. *Ingrovy dny 2015. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 78–85. ISBN 978-80-7509-220-5.*

Bogdanovičová S., Jarošová A., Jandásek J., 2015: Zastoupení ftalátů v obalech masných výrobků. *Hygiena a technologie potravin - XLV. Lenfeldovy a Höklovy dny. 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno*, 83–86. ISBN 978-80-7305-762-6.

Jarošová A., **Bogdanovičová S.**, Jandásek J., 2015: Uvolňování ftalátů do balených potravin v závislosti na použitém obalu. *In STARUCH, L. Additives and Contaminants in Foodstuffs 2015. 1. vyd. Bratislava*, 39–43. ISBN 978-80-89597-32-1.

Bogdanovičová S., Jarošová A., Jandásek J., 2016: Phthalates in printed and anprinted packages of meat products. *Ingrový dny 2016. Brno: Mendelova univerzita v Brně*, 89–97. ISBN 978-80-7509-405-6

Spoluautor sborníků:

Jůzl M., Kalhotka L., Dostálová Y., **Bogdanovičová S.**, 2015: Fulltextový sborník XLI. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin. 1. vyd. *Mendelova univerzita v Brně: Mendelova univerzita v Brně*, 335 s. ISBN 978-80-7509-220-5.

Jůzl M., Kalhotka L., Nedomová Š., Jarošová A., Dostálová J., Tremlová B., Dostálová Y., **Bogdanovičová S.**, Dvořák L., Teplá J., Strnková J., 2015: XLI. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin - "Ingrový dny 2015". 3. 3. 2015 - 4. 3. 2015, *Mendelova univerzita v Brně (CZ)*. URL: http://utp.af.mendelu.cz/cz/seminare/ingrový_dny-2015

Jůzl M., Mullerová M., **Bogdanovičová S.**, 2016: Sborník abstraktů XLII. konference o jakosti potravin a potravinových surovin. *Mendelova univerzita v Brně: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně*, 110 s. ISBN 978-80-7509-401-8.

Jůzl M., Mullerová M., **Bogdanovičová S.**, 2016: Sborník příspěvků XLII. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin. 1. vyd. *Mendelova univerzita v Brně: Mendelova univerzita v Brně*, 334 s. ISBN 978-80-7509-405-6.

ANOTACE

Balení potravin je jedním z nejdůležitějších procesů pro udržení trvanlivosti, transportovatelnosti a distribuce potravin. Je však nutné vnímat možnou migraci látek, v našem případě ftalátů, z obalů do potravin. Tyto látky se používají převážně jako změkčovadla při výrobě plastových hmot. V materiálu nejsou pevně vázány kovalentní vazbou, proto se pomalu uvolňují do okolního prostředí těkáním, vyluhováním, nebo migrací. Mezi toxické a nejčastěji se vyskytující ftaláty patří di-n-butyl ftalát (DBP) a di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP). Jedním ze zdrojů kontaminace potravin jsou materiály, se kterými přichází potraviny do styku.

Cílem předložené práce bylo stanovení koncentrace di-n-butyl ftalátu a di-2-ethylhexyl ftalátu v obalech, které se používají na balení masných výrobků, vybrané obaly použít pro zabalení modelového masného výrobku typu Gothajský salám a sledovat migraci ftalátů z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování, použitém obalu a tučnosti díla. Vzhledem k přítomnosti ftalátů v potiskových barvách dále analyzovat potištěné a nepotištěné části obalů, ve snaze potvrdit nebo vyvrátit hypotézu, zda potištěná část obalu představuje vyšší riziko pro zabalenou potravinu.

V předložené práci bylo analyzováno 160 vzorků obalů masných výrobků. Z této skupiny obalů bylo pro analýzu potištěných a nepotištěných částí obalů použito 52 obalů. Pro sledování migrace di-n-butyl ftalátu a di-2-ethylhexyl ftalátu z obalů do masných výrobků byl v poloprovozních podmínkách na Ústavu technologie potravin, Mendelovy univerzity v Brně vyroben modelový masný výrobek typu Gothajský salám. V rámci *pokusy 1* byla sledována migrace ftalátů z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování a použitém obalu. Byly vyrobeny modelové masné výrobky s 30% tučností, které byly plněny do 5 textilních barevných obalů. V *pokusy 2* byla sledována migrace ftalátů z obalů do masných výrobků v závislosti na době skladování, použitém obalu a obsahu tuku. Byl vyroben modelový masný výrobek s 10%, 30% a 50% tučností, který byl plněn do 4 plastových obalů s potiskem a 1 celulózoového obalu s potiskem. Byla provedena analýza díla před balením výrobku a analýza masného výrobku po 1., 7., 14., 21. a 28. dni skladování. Pro každý obal bylo vyrobeno 30 vzorků salámů s danou tučností. V rámci pokusu 1 bylo celkem vyrobeno a zabaleno 150 vzorků. V pokusu 2 bylo celkem vyrobeno a zabaleno 450 vzorků (150 vzorků s 10% tučností, 150 vzorků s 30% tučností a 150 vzorků s 50% tučností). Všechny vzorky byly skladovány při teplotě 4 °C.

Koncentrace DBP se v analyzovaných obalech pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $94,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($89,3 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku a koncentrace DEHP se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $214,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($188,0 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku. Nejvyšší koncentrace DBP+DEHP v analyzovaných obalech byla v množství $234,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ($205,5 \text{ } \mu\text{g.dm}^{-2}$) původního vzorku. Dle statistického zpracování dat byl zjištěn vysoce významný rozdíl ($p < 0,001$) v obsahu DBP a DEHP v analyzovaných obalech masných výrobků, kdy koncentrace DEHP byla prokazatelně vyšší. Výsledky z analýzy potištěných a nepotištěných části obalů nevykazovaly statisticky průkazný rozdíl v obsahu DBP ($p = 0,2383$) a DEHP ($p = 0,3927$).

Stanovené koncentrace PAE v obalech masných výrobků byly v souladu s limitem uvedeným v nařízení komise (EU) č. 10/2011, který definuje, že výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmy nesmí uvolňovat do potravin své vlastní složky v množství přesahujícím 10 mg.dm^{-2} nebo 60 mg.kg^{-1} potraviny nebo simulantu potravin. Toto nařízení definuje rovněž specifický migrační limit (SML), který je pro DEHP $1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pro DBP $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$. Specifický migrační limit byl sledován na 10 vybraných obalech.

V *pokus* 1 byla zaznamenána zvyšující se koncentrace DBP a DEHP v masných výrobcích v závislosti na době skladování. Specifický migrační limit pro DBP a DEHP byl překročen u všech masných výrobků zabalených do textilních barevných obalů v rámci sledovaného období (28 dní). Koncentrace DBP se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $11,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku. Koncentrace DEHP se pohybovala v rozmezí od $0,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ do $28,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku. Dle statistického zpracování naměřených hodnot byla prokázána vysoce významná průkaznost v migraci DBP ($p < 0,001$), DEHP ($p < 0,001$) a DBP+DEHP ($p < 0,001$) v závislosti na době skladování.

V *pokus* 2 byl specifický migrační limit pro DBP a DEHP překročen u většiny masných výrobků zabalených do 4 plastových obalů s potiskem. Masné výrobky zabalené do celulózového obalu s potiskem nepřekročili SML pro DBP za celé sledované období (28 dní). SML pro DEHP byl překročen pouze u masného výrobku zabaleného do celulózového obalu s potiskem, který obsahoval 50 % tuku. Migrace ftalátu měla stoupající tendenci v závislosti na obsahu tuku. Koncentrace DBP se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot ($<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ původního vzorku (10 % tuku), od nedetekovatelných hodnot ($<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) do $2,9$

mg.kg⁻¹ původního vzorku (30 % tuku) a od nedetekovatelných hodnot (<0,2 mg.kg⁻¹) do 8,0 mg.kg⁻¹ původního vzorku (50 % tuku). Koncentrace DEHP se pohybovala v rozmezí od nedetekovatelných hodnot (<0,2 mg.kg⁻¹) do 3,6 mg.kg⁻¹ původního vzorku (10 % tuku), od 0,7 mg.kg⁻¹ do 3,8 mg.kg⁻¹ původního vzorku (30 % tuku) a od 1,3 mg.kg⁻¹ do 11,7 mg.kg⁻¹ původního vzorku (50 % tuku). Dle statistického zpracování naměřených hodnot byla prokázána vysoce významná průkaznost v migraci DBP (p<0,001), DEHP (p<0,001) a DBP+DEHP (p<0,001) v závislosti na době skladování a obsahu tuku.

Pro vyhodnocení faktorů migrace DBP+DEHP byla provedena statistická analýza naměřených hodnot. Nejvyšší podíl vlivu na migraci DBP+DEHP z obalů do masných výrobků měl obsah tuku zabalené potraviny. Obsah tuku se na migraci analyzovaných ftalátů podílel z 68 %. Druhým významným faktorem migrace ftalátů byla doba skladování. Tento faktor se na migraci analyzovaných ftalátů podílel ze 17 %. Posledním faktorem ovlivňující migraci ftalátů byl použitý obal. V předložené práci se použitý obal na migraci ftalátů podílel z 15 %.

Monitoring ftalátů je nezbytný vzhledem k jejich negativnímu působení na lidské zdraví. Vzhledem k překračujícím specifickým migračním limitům u analyzovaných vzorků je vhodné omezit používání ftalátů při výrobě potravinářských obalů. Jednou z cest postupného snižování obsahu ftalátů v obalech je prosazovat náhrady toxických ftalátů jinými alternativními změkčovadly, a to zvláště při výrobě materiálů používaných v zemědělství, potravinářství a zdravotnictví. Výzva týkající se úplného nebo částečného nahrazení ftalátů alternativními změkčovadly je velmi aktuální. V současné době je mnoho publikovaných prací, které se věnují možnosti použití změkčovadel získaných z rostlinných olejů (epoxidované oleje, glycerol a cardanol), cukerných alkoholů, esterů (sorbitol, xylitol) a citrátů. Jak z těchto přírodních látek vyrobit účinné změkčovadla je nyní dobře známo, nicméně, náklady na výrobu alternativních změkčovadel jsou vyšší. Tato změkčovadla zatím ještě nedosáhly požadovaného využití z hlediska přínosů, jelikož jejich schopnost plastifikace je ve srovnání se syntetickými změkčovadly o něco nižší. V neposlední řadě je nutno zmínit, že, i když se poptávka po alternativních produktech neustále zvyšuje, hlubší charakteristiku jejich toxicity je potřeba objasnit, jelikož přírodní alternativní změkčovadla nemusí být vždy netoxické.