

Ročník XIII, číslo 1, 2022
Volume XIII, Number 1, 2022

Journal of

**Tourism, Hospitality and
Commerce**



Vysoká škola obchodní a hotelová s.r.o.
College of Business and Hotel Management
Ltd.

ISSN 1804-3836

Journal of Tourism, Hospitality and Commerce

vědecko-odborný recenzovaný časopis

Vydavatel/Publisher:

Vysoká škola obchodní a hotelová s.r.o
Bosonožská 9
62500 Brno
IČO: 25325078

Nakladatelský editor/Executive editor:

prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.

Odborný editor/Responsible editor:

Ing. Pavla Burešová, Ph.D.

Technický editor/Technical editor:

Ing. Pavla Burešová, Ph.D.

Překlady do anglického jazyka/Translations in to English:

Mgr. Ivana Daňhelová

Členové redakční rady/Editorial Board members:

prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc. (VŠOH) – předseda
prof. Ing. Jozef Golian, Dr. (FBP SPU v Nitře)
prof. Ing. Květoslava Šustová, Ph.D. (VŠOH)
doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc. (VŠOH)
doc. Ing. Miloslava Chovancová, CSc. (FAME UTB ve Zlíně)
Mgr. Tomáš Jeřábek, Ph.D., MBA (VŠOH)
Ing. Pavel Taraba, Ph.D. (FLKŘ UTB ve Zlíně)
Ing. Ján Sidor, PhD. (Ekonomická univerzita Bratislava)
Ing. Marina Sedláková (Asociace průvodců ČR)

Frekvence vydání: 2krát ročně/Published twice a year

Distribuce/Distributor: Vysoká škola obchodní a hotelová s.r.o

Elektronická forma

Evidenční číslo periodického tisku: MKČR E 19523/Registration No: MK ČR E 19523

ISSN 1804-3836 (Print)

© Vysoká škola obchodní a hotelová s.r.o.

OBSAH – CONTENTS

EDITORIAL	4
SLEDOVANIE OBSAHU MALONEDIALDEHYDU A TVB-N V MÄSE KAPRA OBYČAJNÉHO (CYPRINUS CARPIO) POČAS SKLADOVANIA V MRAZE	
MONITORING OF MALONEDIALDEHYDE AND TVB-N IN CYPRINUS CARPIO MEAT DURING FROST STORAGE	5
<i>Peter HERC, Juraj ČUBOŇ, Peter HAŠČÍK, Matej ČECH, Marek BOBKO, Lukáš JURČAGA, Jana TKÁČOVÁ</i>	
SILICA ZO ŠALVIE MUŠKÁTOVEJ. MOŽNOSTI JEJ VYUŽITIA AKO ANTIFUNGÁLNEHO AGENSU PRI SKLADOVANÍ CHLEBA	
CLARY SAGE ESSENTIAL OIL: POSSIBILITIES OF USE AS AN ANTIFUNGAL AGENT IN BREAD STORAGE	13
<i>Veronika VALKOVÁ, Hana ĎÚRANOVÁ, Lucia GALOVIČOVÁ, NERAD L. VUKOVIC, Milena VUKIC, Miroslava KAČÁNIOVÁ</i>	
OBALY NA BALENIE MÄSA	
MEAT PACKAGING	21
<i>Juraj ČUBOŇ, Peter HERC, Peter HAŠČÍK, Jana TKÁČOVÁ, Lukáš HLEBA, Miroslava HLEBOVÁ, Alžbeta JAROŠOVÁ</i>	
NUTRIČNÉ A ZDRAVOTNÉ BENEFITY KONZUMÁCIE KURACIEHO MÄSA - REVIEW	
NUTRITIONAL AND HEALTH BENEFITS OF CHICKEN MEAT CONSUMPTION – REVIEW	28
<i>Matej ČECH, Peter HAŠČÍK, Miroslava KAČÁNIOVÁ, Marek BOBKO, Juraj ČUBOŇ, Peter HERC, Lukáš JURČAGA</i>	
ANTIOXIDANT PRE MÄSOVÉ VÝROBKY – REVIEW	
CITRUS PROCESSING BY-PRODUCTS AS ANTIOXIDANT FOR MEAT PRODUCTS – A REVIEW	38
<i>Lukáš JURČAGA, Marek BOBKO, Matej ČECH, Peter HERC, Alžbeta DEMIANOVÁ, Katarína POLÁKOVÁ</i>	
FTALÁTY V OBALOCH NA POTRAVINY	
PHTHALATES IN FOOD PACKAGING	48
<i>Juraj ČUBOŇ, Alžbeta JAROŠOVÁ, Peter HERC, Peter HAŠČÍK, Jana TKÁČOVÁ, Lukáš HLEBA, Miroslava HLEBOVÁ</i>	

EDITORIAL

Časopis Journal of Tourism, Hospitality and Commerce uveřejňuje statě vědeckého i přehledového charakteru, zabývající se tématy z oblasti cestovního ruchu, gastronomie, bezpečnosti potravin a hotelnictví.

V roce 2022 přináší první číslo třináctého ročníku vědeckého časopisu JTHC velmi zajímavé články zaměřené na bezpečnost potravin při sledování obsahu malondialdehydu v mase ryb, vliv antioxidantů na kvalitu masných výrobků, obaly, ftaláty v obalech potravin, silicemi šalvěže muškétové a jejich vlivu na skladování chleba a nutričními benefity kuřecího masa.

The Journal of Tourism, Hospitality and Commerce publishes articles of a scientific and survey nature, dealing with topics in the field of tourism, gastronomy, food safety and hospitality.

In 2022, the first issue of the thirteenth edition of the scientific journal JTHC brings very interesting articles focused on food safety in monitoring malondialdehyde content in fish meat, on the effect of antioxidants on meat product quality, on packaging, phthalates in food packaging, on nutmeg sage essential oils and their effect on bread storage and on nutritional benefits of chicken meat.

Brno, 1.4.2022

prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.
předseda redakční rady
The Chairman of Editorial Board

SLEDOVANIE OBSAHU MALONDIALDEHYDU A TVB-N V MÄSE KAPRA OBYČAJNÉHO (*CYPRINUS CARPIO*) POČAS SKLADOVANIA V MRAZE

MONITORING OF MALONEDIALDEHYDE AND TVB-N IN *CYPRINUS CARPIO* MEAT DURING FROST STORAGE

Peter Herc, Juraj Čuboň, Peter Haščík, Matej Čech, Marek Bobko, Lukáš
Jurčaga, Jana Tkáčová

Abstrakt:

Rybie mäso je pre svoju nutričnú a stolovú hodnotu vyhľadávanou potravinou, preto cieľom práce bolo zhodnotiť hlavný trhovú druh na Slovensku. Vzorky boli odobraté priamo v spracovateľskej spoločnosti, ochladené vo vločkovom ľade a šokovo zmrazené (-36 °C). Experiment zahŕňal 10 rýb Kapra obyčajneho (*Cyprinus carpio*) s priemernou hmotnosťou 3 kg. Vzorky od všetkých jedincov boli odobraté na mieste porážky na analýzu oxidačnej stability (obsah malondialdehydu), celkového prchavého zásaditého dusíka (TVB-N). Prvé analýzy sa uskutočnili do 24 hodín post mortem a následne prvý a druhý mesiac skladovania v mraze pri -18 °C. Jednotlivé analyzované parametre boli spracované v programe Microsoft Excel a GraphPad Prism 6 (Turkeyho test) na štyroch úrovniach preukaznosti P - 0,05; 0,01; 0,001; 0,0001. Obsah TVB-N po prvom mesiaci skladovania bol výrazne vyšší ako po porážke. Druhý mesiac skladovania nebol nárast TVB-N taký výrazný ako v prvom mesiaci skladovania. Obsah malondialdehydu mal tak isto ako to bolo pri TVB-N tendenciu rásť viac v prvom mesiaci skladovania ako v druhom mesiaci skladovania. Vzorky Kapra rybníčného sa ďalej uchovávajú v mrazničke a budeme ich každý ďalší mesiac analyzovať. Jednotlivé analyzované parametre boli spracované v programe Microsoft Excel a GraphPad Prism 6 (Turkeyho test) na štyroch úrovniach preukaznosti P - 0,05; 0,01; 0,001; 0,0001.

Kľúčové slová: ryby, mäso, oxidácia, degradácia, tuky, bielkoviny

Abstract:

Fish meat is a sought-after food for its nutritional and table value; therefore, the aim of the work was to evaluate the main market species in Slovakia. Samples were taken directly at the processing company, cooled in flake ice and shock-frozen (-36 °C). The experiment involved 10 fish carp (*Cyprinus carpio*) with an average weight of 3 kg. Samples from all individuals were taken at the site of slaughter for analysis of oxidative stability (malondialdehyde content), total volatile basic nitrogen (TVB-N). The first analyzes were performed within 24 hours post mortem and then the first and second months of cold storage at -18 °C. The individual analyzed parameters were processed in Microsoft Excel and GraphPad Prism 6 (Turkey test) at four levels of evidence P - 0.05; 0.01; 0.001; 0.0001. The TVB-N content after the first month of storage was significantly higher than after slaughter. The second month of storage, the increase in TVB-N was not as significant as in the first month of storage. As in the case of TVB-

N, malondialdehyde content tended to increase more in the first month of storage than in the second month of storage. Carp samples are still stored in the freezer and will be analyzed every other month.

Key words: fish, meat, oxidation, degradation, fats, proteins

ÚVOD

Mäso rýb sa rozdeľuje na svetlú a tmavú a medzi sebou ich rozlišujeme chemickým zložením, nutričnou hodnotou a fyziologickým významom. U väčšiny rýb prevláda svetlá svalovina (**Rehbein et al., 2009**). Rybie mäso je tiež cenným zdrojom základných stopových prvkov (meď, železo, jód, mangán, selén, zinok), väčšiny vitamínov skupiny B a radu ďalších mikroživín. Obsah základných výživných látok v mäse rýb závisí od mnohých faktorov (**De Smet, 2012**). Sensorické vlastnosti, kvalitu a súdržnosť rybieho mäsa ovplyvňuje najmä jeho chemické zloženie. Rýchle kazenie zapríčiňuje vysoký obsah vody, ktorý vytvára dobré podmienky pre rast mikroorganizmov (**Pipová et al., 2006**).

Tabulka 1 Základné chemické zloženie vybraných druhov rýb (g.100g⁻¹)

	Kapor	Sumec	Štuka	Zubač	Pstruh	Sleď	Makrela	Tuniak
Voda	72	72	80	78	78	63	98	62
Tuk	7	11	0,9	0,7	2	18	12	16
Bielkoviny	19	15	18	19	19	17	19	22

Rybie mäso, ako živočíšny zdroj bielkovín, je charakteristické obsahom bielkovín 15-20 % (**Pipová et al., 2006**). Bielkoviny tohto živočíšneho druhu obsahujú esenciálne aminokyseliny, ktoré sú vo vyváženom a priaznivom pomere pre človeka. Označujeme ich za plnohodnotné a taktiež ľahko stráviteľné (**Buchtová, 2001**). Ľahká a rýchla kulinárska úprava rybieho mäsa je spojená z faktom, že rybie mäso obsahuje minimálne množstvá spojivových bielkovín (**Buchtová, 2001**). Pri rybách sa kladie dôraz na enzymatickou dekarboxyláciou vzniknutý histamín (biogénny amín), ktorý je spojený s nežiaducimi alergiami u citlivých ľudí (**Pipová et al., 2006**).

Ryby podľa obsahu tuku delíme na:

Chudé – max 2 % tuku (štuka, ostriež, pstruh)

Stredne tučné – 2-10 % tuku (kapor, platesy)

Tučné – viac ako 10 % tuku (sumec, úhor, makrela) (**Buchtová, 2001**).

Ryby, sladkovodné aj morské, sú mimoriadne bohatým zdrojom polynenasýtených mastných kyselín určených na ľudskú konzumáciu. Morské druhy rýb sa zvyčajne vyznačujú vysokou hladinou n-3 PUFA, najmä EPA a DHA, čo z nich robí vynikajúci zdroj týchto živín v strave človeka (**Xiyang, 2020**). Ryby sú hlavným zdrojom n-3 PUFA kyseliny eikozapentaénovej (EPA, C20: 5 n-3) a kyseliny dokozahexaénovej (DHA, C22:6 n-3), ktorým sa pripisuje veľa zdravotných účinkov. Mäso iných druhov zvierat je v týchto PUFA chudobnejšie, ale je hlavným zdrojom PUFA u ľudí, ktorí ryby nejedia (**De Smet, 2012**). **Osman et al. (2001)** skúmali obsah tuku v rôznych druhoch morských rýb a uvádzajú, že väčšina rýb mala obsah tuku pod 5 %.

Tabulka 2 Porovnanie obsahu vybraných mastných kyselín v mäse kapra obyčajného a tresky severnej (g.100g⁻¹FAME)

Mastná kyselina	Kapor obyčajný	Treska severná
Laurinová	0,07	
Myristová	2,28	2,95
Palmitová	17,77	20,90
Steárová	4,30	11,10
Olejová	16,58	11,20
Vakcénová	4,86	5,90
Linolová	1,61	1,20
Linolenová	4,50	0,88
Arachidónová	5,47	0,12
Eikozapentaenová	9,34	8,94
Dokozapentaenová	6,77	3,31
Dekozahexaenová	14,56	4,15

Komprda et al. (2003) uvádzajú, že obsah cholesterolu kapra je 73,5 mg.100 g⁻¹. **Osman et al. (2001)** konštatujú, že obsah cholesterolu v rybom mäse je premenlivý. Morské druhy rýb majú obsah cholesterolu 37,1-49,1 mg.100 g⁻¹.

Degradácia bielkovín a oxidácia tukov

Proteolýza, oxidácia a fosforylácia bielkovín, majú významné úlohy počas obdobia zrenia mäsa a prispievajú k variabilite kvality (**Carlin, 2018**). Počas skladovania a prepravy dochádza k znehodnocovaniu mäsa rýb prostredníctvom mikrobiálnych a enzymatických reakcií. Chemické a biologické zmeny vyvolané pôsobením enzýmov, najmä proteáz. V záujme zachovania kvality mäsa rýb by mala byť minimalizovaná degradácia proteínov sprostredkovaných proteázami. Okrem bežne používaných spôsobov konzervácie, ako je napríklad mrazenie alebo chladenie, sa môžu použiť prísady, ktoré znižujú aktivitu proteázy. Na získanie prvotriednej kvality rybieho mäsa a výrobkov z neho sa môžu použiť potravinové inhibítory proteázy (PI) (**Singh a Benjakul, 2018**).

Obsah celkového prchavého bázičného dusíka (TVB-N) je zásadný priamy ukazovateľ hodnotenia čerstvosti a bezpečnosti mäsa. TVB-N je látka obsahujúca alkalický dusík, ktorá sa vytvára rozkladom bielkovín v dôsledku enzymatickej degradácie a mikrobiálny účinok počas znehodnocovania potravín na báze zvierat. TVB-N v mäse obsahuje amoniak, trimetylamín a dimetylamín. Počas kazení sa môže TVB-N kombinovať s rozkladanými organickými kyselinami, za vzniku soli základného dusíka (+ NH₄ · R⁻), ktorá sa môže zvýšiť obsah TVB-N v mäse (**Li et al., 2019**). Celkový obsah prchavého bázičného dusíka (TVB-N) v mäse je kľúčovým faktorom pri meraní kvality mäsa a takisto jeho čerstvosti počas skladovania (**Lee et al., 2018**).

Oxidácia tukov sa začína získaním produktu čiže pri mäse usmrtením zvierat a končí sa konzumáciou. Proces degradácie ovplyvňuje skladovanie, spracovanie, manipulácia a preprava, preto by sa mali pri týchto úkonoch dbať na kontrolu ideálnych podmienok (**Dominguez et al., 2019**). Hlavnými faktormi, ktoré ovplyvňujú oxidáciu lipidov v mäse, sú obsah tuku a zloženie mastných kyselín, pretože mastné kyseliny sú substrátom oxidačných procesov. V mäse sú lipidy usporiadané do triglyceridy a fosfolipidy s nízkym podielom iných typov lipidov, ako sú napríklad voľné mastné kyseliny, cholesterol alebo vitamíny. Množstvo intramuskulárneho tuku priamo koreluje s obsahom triglyceridov, pretože to sú rezervné lipidy (približne 95 % mäsových lipidov) (**Pereira et al., 2018**), zatiaľ čo obsah fosfolipidov

predstavuje asi 500 mg.100g⁻¹ mäsa a je konštantný, pretože sa nachádzajú v membránach a ich počet sa nemení. Vytvorené produkty oxidáciou môžeme deliť na primárne a sekundárne, ktoré sú ďalej ukazovateľmi oxidácie. Primárne produkty oxidácie sú napríklad hydroperoxydy a konjugované diény (**Niki et al., 2005**).

Reakciou sekundárnych produktov oxidácie s inými látkami obsiahnutými v mäse je podporená ďalšia oxidácia. Reakcie aminokyselín s reaktívnymi bočnými reťazcami má za následok tvorbu karbonylových zlúčenín (**Kristinsson, 2014**). Široká škála sekundárnych produktov zahŕňa zlúčeniny ako malondialdehyd (MDA), propanal a hexanal, ktoré spôsobujú žltnutie mäsa, pričom koncentráciu malondialdehydu môžeme pokladať za ukazovateľ jeho čerstvosti (**Ross a Smith, 2006**). Malondialdehyd (MDA) je trojuhlíkatá zlúčenina, ktorá vzniká po štiepení peroxidovaných PUFA, je jedným z hlavných produktov peroxidácie lipidov. V dôsledku toho dochádza v oxidácii lipidov k podstatnému množstvu aldehydov (**Pereira et al., 2018**).

MATERIÁL A METÓDY

Vzorky boli odobraté priamo v spracovateľskej spoločnosti, ochladené vo vložkovom ľade a šokovo zmrazené (-36 °C). Experiment zahŕňal 10 jedincov Kapra rybníčaného s priemernou hmotnosťou 3 kg. Po usmrtení, jatočnom opracovaní a šokovom zmrazení boli ryby uchované pri -18 °C. Štandardizáciu vzorky sme zabezpečili tým, že na analýzy boli odobrané z jednej časti tela, a to pod chrbtovou plutvou smerom k brušnej dutine. Vzorky boli odobraté vždy z ešte zamrzutej ryby, aby sme zabezpečili, že meranie nebude ovplyvňovať rozmrazenie prípadne iné faktory skladovania. Pripravené vzorky boli ihneď po odobratí podrobené analýzám.

Stanovenie celkových prchavých dusíkatých zásad (TVB-N) destiláciou vodnou parou a následnou titráciou

Postup:

- Extrakcia prchavých dusíkatých zásad zo vzorky zhomogenizovaného mäsa použitím roztoku 0,6 mol l⁻¹ kyseliny chloristej,
- Destilácia extraktu vodnou parou a zachytenie prchavých zásaditých zložiek do nádrže na kyslý absorbent,
- Stanovenie koncentrácie TVB-N titráciou absorbovaných zásaditých látok použitím Tashiro indikátora.

Titráciu roztoku v zbernej nádobke s kyselinou chlorovodíkovou, sa vypočítala koncentrácia TVB-N.

$$\text{TVB} - \text{N (mg. 100g}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{V1} - \text{V0}) \times 0,14 \times 2 \times 100}{\text{M}}$$

V1 = objem roztoku 0,01 mol kyseliny chlorovodíkovej v ml na vzorku,

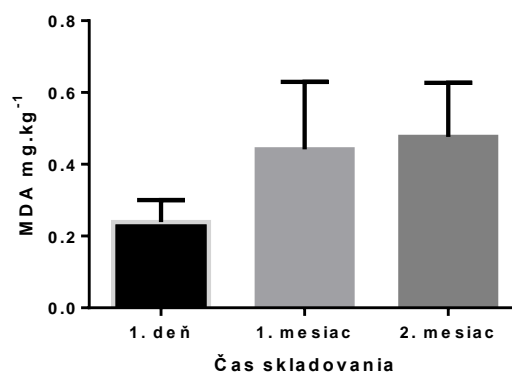
V0 = objem roztoku 0,01 mol kyseliny chlorovodíkovej v ml na slepý pokus,

M = hmotnosť vzorky v g.

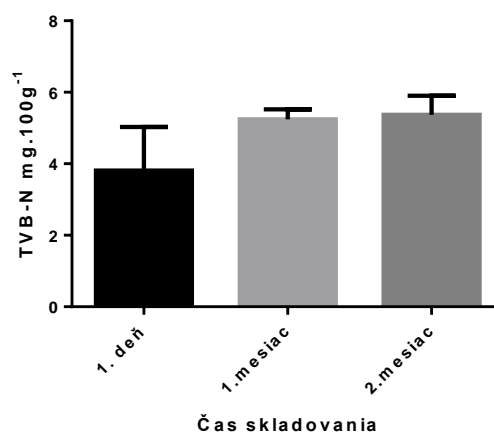
Analýza oxidačnej stability (TBARS) stanovením koncentrácie malondialdehydu podľa **Jurčagu et al. (2021)** Princíp: spektrofotometrické stanovenie farebného komplexu, ktorý vzniká reakciou 2 molekúl TBA a MDA pri vlnovej dĺžke 532 nm.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Obsah malondialdehydu v mäse kaprov po prvom a druhom mesiaci skladovania v mraze bol signifikantne vyšší ($p \leq 0,05$) ako v prvý deň *post mortem*. Podobné výsledky zaznamenali vo svojej práci aj **Khalili-Tilami et al. (2022)**, ktorý skúmali tvorbu malondialdehydu počas štyroch mesiacov s opakovaním merania každé 2 mesiace a zistili, že obsah malondialdehydu vo vzorkách pomletého mäsa Kapra rybničného sa dlhším časom skladovania preukazne ($p \leq 0,05$) zvyšoval. Po prvom a druhom mesiaci skladovania sme zaznamenali preukazne ($p \leq 0,05$) vyšší obsah TVB-N ako prvý deň skladovania. Štúdia **Morachis-Valdez et al. (2017)**, poukazuje na ešte prijateľné hodnoty obsahu TVB-N v mäse kapra rybničného pre konzumáciu a udávajú, že obsah TVB-N 25-40 mg.100g⁻¹ je stále vhodná na konzumáciu. Ich experiment pozostával zo sledovania filiet z kapra počas piatich mesiacov skladovania v mraze pri -18 °C. Obsah TVB-N už na začiatku experimentu bol u nich vysoký a prevyšoval hodnoty nášho prvého merania dvojnásobne. Po piatich mesiacoch skladovania bol obsah TVB-N vzorky 18-20 mg.100g⁻¹, čo je ešte prijateľné pre konzumenta.



Graf 1 Obsah malondialdehydu mg.kg⁻¹ počas dvoch mesiacov skladovania
Zdroj: Vlastné spracovanie



Graf 2 Obsah TVB-N mg.100g⁻¹ počas dvoch mesiacov skladovania
Zdroj: Vlastné spracovanie

ZÁVER

Mrazenie potravín a hlavne mrazenie a skladovanie všetkých druhov mias si vyžaduje špeciálnu pozornosť. Nadprodukcia potravín núti obchodníkov k dlhodobému skladovaniu a následnej nutričnej degradácii produktov alebo výrobkov. Dlhodobé skladovanie rybieho mäsa všeobecne je veľmi špecifické pretože obsahuje vysoký pomer mononenasýtených a polynenasýtených mastných kyselín, ktoré ľahko podliehajú oxidácií. Z našich výsledkov vyplýva, že aj pri mraziarenskom skladovaní mäsa Kapra obvyčajného signifikantne rastie obsah meraných degradačných metabolitov a tým ovplyvňuje aj sensorické a nutričné ukazovatele pri konzumácii po skladovaní. Vzorky budeme naďalej skladovať do 6 mesiacov a každý mesiac ich podrobíme ďalším analýzám.

Použitá literatúra

- BUCHTOVÁ, Hana. *Hygiena a technologie zpracování ryb a ostatních vodních živočichů: Alimentární onemocnění z ryb; Mrazírenství*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2001. ISBN 80-7305-401-9.
- CARLIN, K. Postmortem muscle protein degradation and meat quality. *Journal of Animal Science* [online]. 2018, **96**(suppl_3), 272-272 [cit. 2022-02-28]. ISSN 0021-8812. Dostupné z: doi:10.1093/jas/sky404.596
- CITIL, O. B. - SARIYEL, V. - AKOZ M. 2015. Fatty Acid Composition of Muscle Lipids of *Cyprinus carpio* L. Living in Different Dam Lake, Turkey. In *International Journal of Animal and Veterinary Sciences*, vol 9, no. 7. ISSN 2455-2518. waset.org/Publication/10003373
- DOMÍNGUEZ, Rubén, Mirian PATEIRO, Mohammed GAGAOUA, Francisco J. BARBA, Wangang ZHANG a José M. LORENZO. A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Antioxidants* [online]. 2019, **8**(10) [cit. 2022-02-28]. ISSN 2076-3921. Dostupné z: doi:10.3390/antiox8100429
- JURČAGA, Lukáš, Marek BOBKO, Adriana KOLESÁROVÁ, Alica BOBKOVÁ, Alžbeta DEMIANOVÁ, Peter HAŠČÍK, Lubomír BELEJ, Andrea MENDELOVÁ, Ondřej BUČKO, Miroslav KROČKO a Matej ČECH. Blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) and Kamchatka Honeysuckle (*Lonicera caerulea* var. *Kamtschatica*) Extract Effects on Technological Properties, Sensory Quality, and Lipid Oxidation of Raw-Cooked Meat Product (Frankfurters). *Foods* [online]. 2021, **10**(12) [cit. 2022-02-28]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10122957
- KOMPRDA, T. – ZELENKA, J. – FAJMONOVÁ, E. – BAKAJ, P. – PECHOVÁ, P. 2003. Cholesterol Content in Meat of Some Poultry and Fish Species As Influenced by Live Weight and Total Lipid Content. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol 51, no. 26, pp. 7692–7697. ISSN 1520-5118. Dostupné na: <https://doi.org/10.1021/jf030378r>
- KHALILI TILAMI, T. S., S. SAMPELS, A. TOMČALA a J. MRÁZ. Essential fatty acids composition and oxidative stability of frozen minced carp meat. *International Journal of Food Properties* [online]. 2022, **25**(1), 204-213 [cit. 2022-02-28]. ISSN 1094-2912. Dostupné z: doi:10.1080/10942912.2022.2030751
- KRISTINSSON, Hordur G., ed. *Antioxidants and Functional Components in Aquatic Foods* [online]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2022-02-28]. ISBN 9781118855102. Dostupné z: doi:10.1002/9781118855102
- LEE, Hoonsoo, Moon S. KIM, Wang-Hee LEE a Byoung-Kwan CHO. Determination of the total volatile basic nitrogen (TVB-N) content in pork meat using hyperspectral fluorescence imaging. *Sensors and Actuators B: Chemical* [online]. 2018, **259**, 532-539 [cit. 2022-02-28]. ISSN 09254005. Dostupné z: doi: 10.1016/j.snb.2017.12.102
- LI, Yanlei, Xiuying TANG, Zhixiong SHEN a Jun DONG. Prediction of total volatile basic nitrogen (TVB-N) content of chilled beef for freshness evaluation by using viscoelasticity based on

airflow and laser technique. *Food Chemistry* [online]. 2019, **287**, 126-132 [cit. 2022-02-28]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.213

MORACHIS-VALDEZ, Ana Gabriela, Leobardo Manuel GÓMEZ-OLIVÁN, Imelda GARCÍA-ARGUETA, María Dolores HERNÁNDEZ-NAVARRO, Daniel DÍAZ-BANDERA a Octavio DUBLÁN-GARCÍA. Effect of Chitosan Edible Coating on the Biochemical and Physical Characteristics of Carp Fillet (*Cyprinus carpio*) Stored at -18°C . *International Journal of Food Science* [online]. 2017, **2017**, 1-10 [cit. 2022-02-28]. ISSN 2356-7015. Dostupné z: doi:10.1155/2017/2812483

NIKI, Etsuo, Yasukazu YOSHIDA, Yoshiro SAITO a Noriko NOGUCHI. Lipid peroxidation: Mechanisms, inhibition, and biological effects. *Biochemical and Biophysical Research Communications* [online]. 2005, **338**(1), 668-676 [cit. 2022-02-28]. ISSN 0006291X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.bbrc.2005.08.072

OSMAN, H, A.R SURIAH a E.C LAW. Fatty acid composition and cholesterol content of selected marine fish in Malaysian waters. *Food Chemistry* [online]. 2001, **73**(1), 55-60 [cit. 2022-02-28]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/S0308-8146(00)00277-6

PEREIRA, LÚCIA F., Ana a Virgínia KELLY G. ABREU. Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products. AHMED MANSOUR, Mahmoud, ed. *Lipid Peroxidation Research* [online]. IntechOpen, 2020, 2020-1-22 [cit. 2022-02-28]. ISBN 978-1-83968-547-7. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.81533

PIPOVÁ, M., BUCHTOVÁ, H., CABADAJ, R., GIMA, J., HANZEL, S., IGLOVSKÁ, N., KANTÍKOVÁ, M., KOHÚT, J., KOŠUTH, P., KOZÁK, A., NAGY, J., PLIEŠOVSKÝ, J., RAJSKÝ, D., SOKOL, J., STEINHAUSEROVÁ, I., VEČEREK, V.: Hygiena a technológia spracovania sladkovodných a morských rýb. Košice: Univerzita veterinárskeho lekárstva, 2006. ISBN 80-8077-048-4, 417 s. Dostupné z <https://katalog.vfu.cz/>

REHBEIN H., OEHLENSCHLÄGER J., (2009), *Fishery Products. Quality, safety and authenticity*, ISBN 978-1-4051-4162-8, 23-34 s. Dostupné z <http://www.was.org/Shopping/fishery>

ROSS, Carolyn F. a Denise M. SMITH. Use of Volatiles as Indicators of Lipid Oxidation in Muscle Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2006, **5**(1), 18-25 [cit. 2022-02-28]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: doi:10.1111/j.1541-4337.2006.tb00077.x

SINGH, Avtar a Soottawat BENJAKUL. Proteolysis and Its Control Using Protease Inhibitors in Fish and Fish Products: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2018, **17**(2), 496-509 [cit. 2022-02-28]. ISSN 15414337. Dostupné z: doi:10.1111/1541-4337.12337

DE SMET, S. Meat, poultry, and fish composition: Strategies for optimizing human intake of essential nutrients. *Animal Frontiers* [online]. 2012, **2**(4), 10-16 [cit. 2022-02-28]. ISSN 2160-6056. Dostupné z: doi:10.2527/af.2012-0057

XIYANG, Z. – XI, N. – XIAOXIAO, H. – XIAN, S. – XINJIAN, Y. – YUANXIONG, CH. - RI-QING, Y. – YUPING, W. 2020. Fatty acid composition analyses of commercially important fish species from the Pearl River Estuary, China. In *PLoS One*, vol 15, no. 1, pp. ISSN 1932-6203. Dostupné na: <https://doi.org10.1371/journal.pone.0228276>

ZHANG, Xiyang, Xi NING, Xiaoxiao HE, et al. Fatty acid composition analyses of commercially important fish species from the Pearl River Estuary, China. *PLOS ONE* [online]. 2020, **15**(1) [cit. 2022-02-28]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi: 10.1371/journal.pone.0228276

PodĎakovanie

Práca bola vypracovaná s podporou projektu Dopytovo-orientovaného výskumu pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kontaktné údaje:

Peter Herc, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences Institute of Food Sciences, Department of Technology and Quality of Animal Products, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: peter.herc96@gmail.com. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2366-8324>

Juraj Čuboň, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences Institute of Food Sciences, Department of Technology and Quality of Animal Products, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: juraj.cubon@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1388-1527>

Lukáš Jurčaga, University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences Institute of Food Sciences, Department of Technology and Quality of Animal Products, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: xjurcaga@uniag.sk ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9693-4796>

Marek Bobko, University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences Institute of Food Sciences, Department of Technology and Quality of Animal Products, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: marek.bobko@uniag.sk

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4699-2087>

Peter Haščík, University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences Institute of Food Sciences, Department of Technology and Quality of Animal Products, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: peter.hascik@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3402-5658>

Matej Čech University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences Institute of Food Sciences, Department of Technology and Quality of Animal Products, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia, E-mail: xcech@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3260-2447>

Jana Tkáčová, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: tkacova.jt@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8236-2536>

Přijato: 24.2.2022

Recenzováno: 3.3.2022

Akceptováno: 11.3.2022

SILICA ZO ŠALVIE MUŠKÁTOVEJ. MOŽNOSTI JEJ VYUŽITIA AKO ANTIFUNGÁLNEHO AGENSU PRI SKLADOVANÍ CHLEBA

CLARY SAGE ESSENTIAL OIL: POSSIBILITIES OF USE AS AN ANTIFUNGAL AGENT IN BREAD STORAGE

Veronika Valková, Hana Ďúranová, Lucia Galovičová, Nenad L. Vukovic,
Milena Vukic, Miroslava Kačániová

Abstrakt:

V našej štúdií boli hodnotené *in vitro* a *in situ* antifungálne účinky rastlinnej silice *Salvia sclarea* (šalvia muškátová, SCRS) na rast troch vybraných kmeňov mikroskopických húb rodu *Penicillium* (*P.*; *P. expansum*, *P. citrinum*, *P. crustosum*). Za týmto účelom bola použitá disková difúzna metóda (*in vitro*) a kontaktná metóda s parou (*in situ*). Okrem toho sa skúmal chemický profil SCRS pomocou analýzy plynovej chromatografie/hmotnostnej spektrometrie (GC/MS). Naše výsledky ukázali, že primárnymi prchavými zlúčeninami SCRS boli linalylacetát (49,1 %), linalyl (20,6 %) a (Z)-karyofylén (5,1 %). V rámci analýzy *in vitro* sme zistili, že antifungálna aktivita SCRS voči všetkým analyzovaným kmeňom húb závisela od koncentrácie oleja ($P < 0,05$), pričom uvedená silica (v koncentrácii $\geq 250 \mu\text{L/L}$) vykazovala iba slabé antifungálne účinky na rast *P. expansum* a *P. crustosum*. Rovnaký trend bol zaznamenaný i v experimentoch *in situ*, v ktorých boli najsilnejšie ($P < 0,05$) inhibičné aktivity SCRS voči všetkým trom vybraným kmeňom *Penicillium* pozorované iba pri jej najvyššej použitej koncentrácii (500 $\mu\text{L/l}$). Zistenia našej štúdií naznačujú, že SCRS sa javí ako perspektívna prírodná antifungálna látka, ktorá môže byť využitá v potravinárskom priemysle, najmä v oblasti pekárenských produktov.

Kľúčová slova: *Salvia sclarea*, chemický profil, antifungálna aktivita, chlieb

Abstract:

In the current study, an antifungal *in vitro* and *in situ* effects of *Salvia sclarea* essential oil (clary sage, SCEO) against three *Penicillium* (*P.*) spp. (*P. expansum*, *P. citrinum*, *P. crustosum*) were evaluated. In this concept, disc diffusion (*in vitro*) and vapor phase (*in situ*) methods were applied. Moreover, the chemical profile of SCEO using Gas chromatography/Mass spectrometry (GC/MS) analysis was determined. Our results revealed that the primary volatile compounds of SCEO were linalyl acetate (49.1%), linalyl (20.6%), and (Z)-caryophyllene (5.1%). Regarding an *in vitro* analysis, the antifungal activity of SCEO against all analyzed fungi strains depended on oil concentration ($P < 0.05$), and only the weak antifungal activities of the oil (in concentration $\geq 250 \mu\text{L/L}$) were detected against *P. expansum* and *P. crustosum*. The same trend was also observed in *in situ* experiments showing the strongest ($P < 0.05$) inhibitory activities of SCEO in the highest concentration (500 $\mu\text{L/L}$) against all three *Penicillium* strains. Our report suggests that SCEO, as a promising natural antifungal substance, can be utilized in the food industry, especially in bakery goods.

Key words: *Salvia sclarea*, clary sage, chemical profile, antifungal activity, bread

Úvod

V poslednom období sa v potravinárskom priemysle čoraz viac kladie dôraz na elimináciu používania syntetických aditív ako antimikrobiálnych látok, a to z dôvodu ich nežiadúcich účinkov na ľudské zdravie (toxicita a karcinogenita), ako aj zvyšujúcej sa odolnosti mikroorganizmov voči ich pôsobeniu (Feng a Zweng, 2007; Macwan *et al.*, 2016). Preto sa pozornosť vedeckej komunity sústreďuje na hľadanie prírodných alternatív, ktoré by svojimi vlastnosťami nahradili syntetické látky (Macwan *et al.*, 2016). Vzhľadom na preukázané biologické aktivity, vrátane antioxidantných a antimikrobiálnych vlastností, sa do popredia dostávajú hydroalkoholové extrakty a rastlinné silice (RS), ktoré sa nachádzajú v pletivách aromatických bylín a korenín (Burt, 2004; Ghaima *et al.*, 2013; Macwan *et al.*, 2016).

Rastlinné silice sú definované ako vysoko koncentrované a komplexné zmesi aromatických látok (Tongnuanchan *et al.*, 2014), ktoré sú produktmi sekundárneho metabolizmu rastlín (Giacometti *et al.*, 2018). Tieto aromatické prchavé látky sa zvyčajne získavajú rôznymi extrakčnými technikami, ako sú parná destilácia, hydrodestilácia a destilácia superkritickým oxidom uhličitým (Tongnuanchan *et al.*, 2014).

Za cenný zdroj sekundárnych metabolitov sa považujú aj aromatické byliny patriace do čeľade Lamiaceae, ktoré sa často aplikujú ako sľubná surovina pri vývoji mnohých produktov v potravinárskom a kozmetickom priemysle (Trivellini *et al.*, 2016). Z tejto čeľade patrí rod šalvia (*Salvia* L.) medzi najdôležitejšie aromatické druhy, ktoré sa používajú ako koreniny v potravinách, esencie v kozmetických výrobkoch alebo ako liečivá na terapiu rôznych ochorení (Vergine *et al.*, 2019). Znáмым faktom je, že *Salvia* L. zahŕňa asi 900 druhov, ktoré sú rozšírené po celom svete (Russo *et al.*, 2013). Spomedzi nich je *Salvia sclarea*, známa ako šalvia muškátová, jedným z najuznávanejších druhov už od obdobia staroveku (Durling *et al.*, 2007). Výsledky nedávnych štúdií poukazujú na skutočnosť, že RS získané zo *Salvia sclarea* (SCRS) disponujú analgetickými, protizápalovými (Aćimović *et al.*, 2018), antidiabetickými (Raafat *et al.*, 2018), antioxidantnými, antibakteriálnymi (Imane *et al.*, 2020) a antifungálnymi vlastnosťami, ktoré sú podmienené ich chemickým profilom (Kumar Singh *et al.*, 2021). Čo sa týka chemického zloženia, tieto RS vo všeobecnosti obsahujú rôzne skupiny terpenov vrátane monoterpenov (napr. α -pinén, kamfén, β -pinén), okysličených monoterpenov (napr. α -terpineol, linalyl, karvakrol), seskviterpenov (napr. β -bourbonén, β -karyofylén), esterov (napr. nerylacetát a linalylacetát) a alifatických alkoholov (napr. cis-3-hexén-1-ol; Karayel, 2020). Rozdiely v chemickom zložení SCRS môžu byť determinované rôznymi faktormi, medzi ktoré patria geografické prostredie pestovanej rastliny, rôzne časti rastlín použité extrakciu alebo taktiež rôzne podmienky jej pestovania a zberu (Gülçin *et al.*, 2004).

Predkladaná štúdia je zameraná na poskytnutie nových poznatkov o antifungálnom účinku komerčne dostupnej SCRS (získanej parnou destiláciou) na rast vybraných kmeňov mikroskopických vláknitých húb rodu *Penicillium* (*P.*; *P. expansum*, *P. citrinum*, *P. crustosum*) naočkovaných na plátky pšeničného chleba. Pre získanie komplexného prehľadu bola SCRS taktiež analyzovaná z hľadiska jej chemického zloženia, antioxidantnej aktivity a antifungálnej aktivity v *in vitro* podmienkach. Dosiahnuté údaje môžu podporiť aplikáciu SCRS ako prírodného prostriedku za účelom predĺženia trvanlivosti pekárenských výrobkov.

MATERIÁL A METÓDY

Použitá rastlinná silica

V rámci experimentálnych prác bola použitá komerčne dostupná *Salvia sclarea* rastlinná silica (SCRS; Hanus s.r.o., Nitra, Slovensko), ktorá bola vyrobená parnou destiláciou čerstvých stoniek, listov a kvetov rastliny.

Stanovenie chemického profilu RS

Na determináciu chemického zloženia SCRS bol použitý plynový chromatograf Agilent 6890N spojený s kvadrupólovým hmotnostným spektrometrom 5975B, ako vo svojej štúdii uvádza **Valková et al. (2022)**.

Použité mikroskopické vláknité huby

Na uskutočnenie experimentu boli použité tri kmene mikroskopických vláknitých húb rodu *Penicillium* (*P. expansum*, *P. citrinum* a *P. crustosum*). Uvedené kmene húb boli izolované z bobúľ vínnej révy (*Vitis vinifera* L.) a následne boli identifikované pomocou sekvenovania 16S rRNA génu a prostredníctvom ionizačnej techniky MALDI-TOF MS.

Stanovenie *in vitro* antifungálnej aktivity

Na testovanie antifungálnej aktivity RS bola použitá plynná difúzna disková metóda podľa metodiky **Valkovej et al. (2022)** s minoritnými modifikáciami. Pred začatím experimentu boli kmene húb aeróbne kultivované na Sabouraud dextrózovom agare (SDA; Oxoid, Basingstoke, UK) pri teplote 25 °C počas 5 dní. Po kultivácii bolo z jednotlivých kmeňov húb pripravené inokulum disponujúce optickou hustotou 0,5 McFarlandovho štandardu. V rámci realizácie samotného experimentu bola ďalej alikvótna časť (100 µl) pripraveného inokula naočkovaná na SDA, ktorý bol naliaty do spodnej časti Petriho misiek. Následne boli disky filtračného papiera (s priemerom 6 mm) impregnované 10 µl RS, ktorá bola pomocou 0,1 % DMSO nariedená na 4 koncentrácie (62,5, 125, 250 a 500 µL/L). Impregnované disky boli v ďalšom kroku alokované na povrch SDA. Uzavreté Petriho misky boli ďalej aeróbne inkubované pri teplote 25 °C počas 5 dní. Po ukončení inkubácie boli merané priemery inhibičných zón v mm. Hodnoty inhibičnej aktivity boli vyjadrené nasledovne: slabá antifungálna aktivita (5 – 10 mm); <stredná antifungálna aktivita (5 – 10 mm); <veľmi silná antifungálna aktivita (zóna >15 mm).

Stanovenie *in situ* antifungálnej aktivity

Ako substrát pre rast analyzovaných druhov húb bol použitý pšeničný chlieb, ktorý sa zaraďuje medzi bežne konzumované potraviny. Bochníky chleba boli vyrobené v Laboratóriu cereálnych technológií (Výskumné centrum AgroBioTech, SPU v Nitre) podľa postupu **Valkovej et al. (2020)**. Vzorky upečeného a vychladnutého chleba boli nakrájané na plátky s hrúbkou 150 mm, ktoré boli umiestnené do 0,5 L sterilných sklenených nádob. Na vzorky chleba boli následne použitím mikrobiologického očka naočkované spóry analyzovaných kmeňov mikroskopických vláknitých húb. Nariedená RS v koncentráciách: 62,5 µL/L, 125 µL/L, 250 µL/L a 500 µL/L (RS + etylacetát; kontrolná vzorka iba etylacetát) bola rovnomerne aplikovaná na sterilný filtračný papierový disk (6 cm), ktorý bol vložený do krytu sklenenej nádoby (1 min. sa papier ponechal sušiť kvôli odpareniu etylacetátu). Nádoby boli ďalej hermeticky uzavreté a udržiavané v tme pri teplote 25 °C ± 1 °C po dobu 14 dní. Po uplynutí 14 dní boli hodnotené kolónie s viditeľným rastom mycélia a viditeľnou sporuláciou (**Valková et al., 2022**).

Veľkosť kolónií mikroskopických vláknitých húb bola hodnotená využitím stereologických metód (**Valková et al., 2022**). Použitím ImageJ softvéru boli najprv počítané body stereologickej mriežky spadajúce do oblasti kolónií a do referenčného priestoru (použitý substrát pre rast mikroorganizmov, tj. chlieb), následne bola stanovená objemová hustota týchto kolónií. Antifungálna aktivita RS bola vyjadrená ako inhibícia rastu mycélií (IRM; %) mikroskopických húb pomocou vzorca:

$$IRM = [(C - T) / C] * 100 \quad (1)$$

kde C predstavuje rast mikroskopických húb (vyjadrený ako objemová hustota) kontrolnej skupiny a T predstavuje rast mikroskopických húb exponovaných účinkom RS (experimentálna skupina).

Štatistická analýza

Všetky analýzy boli realizované triplikátne. Namerané hodnoty boli hodnotené pomocou štatistického balíka. Pomocou programu Prism 8.0. (GraphPad Software, San Diego, Kalifornia, USA) boli údaje analyzované jednosmernou analýzou rozptylu (ANOVA), po ktorej nasledoval Tukeyho test ($P < 0,05$).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Stanovené prchavé látky ve zložení RS

Napriek tomu, že mechanizmy pôsobenia RS doposiaľ ešte neboli úplne objasnené, známym faktom je, že ich biologické aktivity súvisia s ich chemickým zložením (**Kazemi, 2015**). Preto bola táto časť štúdie zameraná na stanovenie prchavých zložiek vyskytujúcich sa v chemickej koncepcii SCRS. Z výsledkov analýz je možné konštatovať, že v chemickom profile RS získanej z muškátovej šalvie bolo detegovaných 39 rôznych zlúčenín, ktoré predstavovali 99,7 % z celkového množstva silice (**Tabulka 1**). Primárnymi zložkami RS boli linalyl acetát (49,1 %), linalyl (20,6 %) a (Z)-karyofylén (5,1 %).

Tabulka 1 Chemický profil rastlinnej silice z muškátovej šalvie

č.	RI ^a	Zlúčeniny ^b	% ^c	č.	RI ^a	Zlúčeniny ^b	% ^c
1	858	(E)-3-hexenol	tr	20	1238	neral	tr
2	938	α -pinén	2,4	21	1255	linalyl acetát	49,1
3	948	kamfén	tr	22	1286	bornyl acetát	0,6
4	977	sabinén	tr	26	1299	geranyl formát	tr
5	980	β -pinén	0,2	27	1364	neryl acetát	1,7
6	992	β -myrcén	0,6	28	1379	α -kopaén	0,2
7	1004	α -felandrén	tr	29	1380	geranyl acetát	4,4
8	1009	δ -3-karén	tr	30	1385	β -bourbonén	tr
9	1016	α -terpinén	tr	31	1388	β -elemén	0,2
10	1023	<i>p</i> -cimén	4,9	32	1408	α -gurjunene	tr
11	1028	α -limonén	2,2	33	1422	(Z)-karyofylén	5,1
12	1038	(E)- β -ocimén	0,3	34	1456	α -humulén	tr
13	1047	(Z)- β -ocimén	0,5	35	1483	germakrén D	0,2
14	1074	(E)-linalool oxid	tr	36	1498	ledén	tr
15	1088	α -terpinolén	tr	37	1502	bicyklo germakrén	0,2
16	1089	(Z)-linalool oxid	tr	38	1525	δ -kadinén	tr
17	1098	linalyl	20,6	39	1583	karyofylén oxid	0,3
18	1189	α -terpineol	4,9				
19	1227	nerol	1,1			celkem	99,7

Poznámky: ^a Hodnoty retenčných indexov na kolóne HP-5MS; ^b Identifikované zlúčeniny; ^c zlúčeniny identifikované v množstvách menších ako 0,1 %.

Na základe výsledkov analýz môžeme usúdiť, že našu SCRS je možné klasifikovať do chemotypu linalyl/linalyl acetát, ktorý sa považuje za jeden z najcennejších chemotypov (**Hristova et al., 2013**). Obe zlúčeniny pritom sumárne predstavovali až 69,7 % celkovej RS. Tieto zistenia korešpondujú s výsledkami štúdií **Kumar-Singh et al. (2021)**, **Hristova et al. (2013)**, **Sharapov et al. (2015)**, v ktorých pomer linalyl acetátu: linalylu bol nasledovný: 61,33

%: 36,33 %; 56,88 %: 20,75 %; 17,59 %: 23,47 % (v tomto poradí). Rozdiely v pomere linalyl: linalyl acetát ve zložení RS môžu, byť zapríčinené enzymatickými a kyslými degradačnými reakciami, ktoré často prebiehajú počas drvenia čerstvých rastlín *S. sclarea* pred ich extrakciou (Casabianca *et al.*, 1998). Navyše rozdielne percentuálne zastúpenie týchto dvoch látok môže byť pripísané aj tepelnej hydrolýze, nastávajúcej v priebehu destilácie SCRS, ktorá zapríčiňuje konverziu linalyl acetátu na linalyl (Noge *et al.*, 2010). Okrem uvedených faktorov, pomer linalyl : linalyl acetát môže variovať aj v závislosti od času destilácie a fázy kvitnutia rastliny (Cantor *et al.*, 2018).

In vitro antifungálna aktivita RS

V **Tabulke 2** sú uvedené výsledky diskovej difúznej metódy. Z výsledkov analýz jasne vyplýva, že hodnoty antifungálnej aktivity SCRS voči všetkým analyzovaným kmeňom húb záviseli od jej koncentrácie, pričom so zvyšujúcou sa koncentráciou sa zväčšovali aj zóny inhibície ($P < 0,05$). Čo sa týka samotnej účinnosti SCRS voči analyzovaným kmeňom, detegovaná bola iba slabá antifungálna aktivita RS (v koncentrácii $\geq 250 \mu\text{L/L}$), a to voči rastu *P. expansum* a *P. crustosum*. Vo zvyšných prípadoch boli pozorované len veľmi slabé inhibičné účinky analyzovanej silice.

Tabulka 2 Antifungálna aktivita SCRS voči analyzovaným kmeňom húb v podmienkach *in vitro* (mm)

Kmene húb	SCRS ($\mu\text{L/L}$)			
	62,5	125	250	500
<i>P. expansum</i>	0,58 \pm 0,33 ^a	3,33 \pm 1,15 ^b	5,00 \pm 1,73 ^{b*}	7,33 \pm 1,53 ^{b*}
<i>P. citrinum</i>	0,00 \pm 0,00 ^a	2,67 \pm 1,15 ^b	4,33 \pm 1,53 ^b	6,00 \pm 1,00 ^{c*}
<i>P. crustosum</i>	2,67 \pm 0,58 ^a	4,67 \pm 1,15 ^b	5,67 \pm 1,53 ^{b*}	7,00 \pm 1,00 ^{bc*}

Poznámky: Priemer \pm smerodajná odchýlka. Hodnoty vyznačené rôznymi hornými indexmi v rovnakom riadku sú signifikantne odlišné ($P < 0,05$). * Slabá antifungálna aktivita (zóna 5-10 mm).

Antifungálne vlastnosti RS zo šalvie muškátovej boli predmetom mnohých výskumných prác (Pitarokili *et al.*, 2002; Hristova *et al.*, 2013). V súlade s našimi výsledkami Pitarokili *et al.* (2002) odhalili od dávky závislý inhibičný účinok SCRS na rast mycélií *Fusarium (F.) oxysporum*, *Sclerotinia (S.) sclerotiorum* a *Sclerotium (S.) cepivorum*. Konkrétnejšie, autori stanovili celkovú inhibíciu rastu *S. sclerotiorum*, ktorá bola vyvolaná SCRS v koncentrácii 1000 $\mu\text{L/L}$. Na druhej strane, rast *S. cepivorum* (94,44 %) a *F. oxysporum* (72,04 %) bol inhibovaný vyššou koncentráciou analyzovanej silice (2000 $\mu\text{L/L}$). Predpokladáme, že antifungálnu aktivitu nášho SCRS je možné pripísať hlavne vysokému obsahu linalyl acetátu a linalylu. Túto skutočnosť potvrdzuje aj štúdia Hristovej *et al.* (2013), v ktorej boli zaznamenané antifungálne účinky týchto dvoch látok na rast 30 klinických izolátov patriacich k druhom *Candida (C.) albicans*, *C. tropicalis*, *C. krusei*, *C. glabrata* a *C. parapsilosis*.

In situ antifungálna aktivita RS

Antimikrobiálna účinnosť RS aplikovaných na potraviny prostredníctvom priameho kontaktu bola preukázaná v mnohých výskumných prácach. Avšak parná fáza silice, ako i samotné prchavé látky v nej obsiahnuté neboli doposiaľ dôkladne preskúmané (Reyes-Jurado *et al.*, 2020). Rastlinná silice v parnej fáze môžu byť pritom zaujímavou alternatívou využitia antifungálnych látok pri konzervácii potravinárskych produktov (Murbach Teles Andrade *et al.*, 2014). Vzhľadom na uvedený fakt bola nasledujúca časť výskumu zameraná na hodnotenie antifungálneho účinku SCRS v parnej fáze na rast kmeňov *Penicillium spp.* naočkovaných na

chleba ako rastovom modely (**Tabulka 3**). Z našich zistení je zrejmé, že SCRS vo všetkých analyzovaných koncentráciách vykazovala antifungálnu aktivitu voči rastu všetkých troch kmeňov *Penicillium* spp. (*P. expansum*, *P. crustosum* a *P. citrinum*), pričom najsilnejšia inhibičná aktivita bola zaznamenaná v najvyššej použitej koncentrácii (500 µL/L). Rovnako ako v prípade *in vitro* aktivity aj tu platilo, že so zvyšujúcou sa koncentráciou SCRS sa jej inhibičný potenciál markantne zvyšoval ($P < 0,05$).

Tabulka 3 Antifungálna aktivita SCRS voči analyzovaným kmeňom húb inokulovaných na chlebe (podmienky *in situ*)

Kmene húb	Inhibícia rastu mycélia (IRM %)			
	SCRS (µL/L)			
	62,5	125	250	500
<i>P. expansum</i>	34.28 ± 2.55 ^a	30.55 ± 4.89 ^a	61.12 ± 2.79 ^b	94.56 ± 3.61 ^c
<i>P. citrinum</i>	55.63 ± 4.01 ^a	58.11 ± 3.98 ^a	50.35 ± 4.88 ^a	68.12 ± 3.37 ^b
<i>P. crustosum</i>	19.99 ± 3.48 ^a	58.16 ± 4.45 ^b	62.31 ± 3.53 ^b	84.25 ± 4.78 ^c

Poznámky: Priemer ± smerodajná odchýlka. Hodnoty vyznačené rôznymi hornými indexmi v rovnakom riadku sú signifikantne odlišné ($p < 0,05$).

Vo všeobecnosti, znehodnocovanie pekárenských produktov v priebehu skladovania spôsobujú rôzne druhy mikroskopických vláknitých vrátane *Penicillium* spp. (Ravimannan *et al.*, 2016). Napriek tomu, že *P. expansum* je spojený najmä s kazením rôznych druhov ovocia a zeleniny (Yu *et al.*, 2020), v našej štúdií bol z hľadiska jeho vysokej rezistencie v porovnaní s ostatnými kmeňmi použitý ako modelový mikroorganizmus. Zaujímavým faktom je, že aj napriek vysokej rezistentnosti bola najsilnejšia antifungálna aktivita našej SCRS zaznamenaná práve voči rastu *P. expansum*. Na základe tohto zistenia predpokladáme, že SCRS je možné aplikovať aj za účelom inhibície rastu veľmi odolných kmeňov húb súvisiacich s kazením potravinárskych výrobkov. Za účelom získania rozširujúcich poznatkov o účinnosti SCRS aj voči iným druhom vláknitých húb plánujeme v rámci našej ďalšej výskumnej činnosti zaradiť do experimentov i mikroskopické huby z iných významných rodov a kmeňov.

Záver

Cieľom tejto štúdie bola determinácia chemického profilu a antifungálnej aktivity (v podmienkach *in vitro* a *in situ*) komerčne dostupnej RS získanej z muškátovej šalvie. Výsledky našich analýz preukázali, že primárnymi chemickými komponentami SCRS boli linalyl acetát (49,1 %), linalyl (20,6 %) a (Z)-karyofylén (5,1 %). Inhibícia rastu testovaných kmeňov *Penicillium* spp. v *in vitro* podmienkach závisela od použitej koncentrácie SCRS, čo bolo potvrdené aj prostredníctvom realizovaného *in situ* experimentu. Získané výsledky potvrdili potenciál CEO inhibovať rast kmeňov húb inokulovaných na chlieb ako rastový substrát, čím je možné značným spôsobom predĺžiť dĺžku jeho skladovateľnosti. Získané údaje evidentne dokazujú, že SCRS sa javí ako sľubná prírodná antifungálna látka s využitím v potravinárskom priemysle.

Literatúra

AČIMOVIĆ M., KIPROVSKI B., RAT M., SIKORA V., POPOVIĆ V., KOREN A., BRDAR-JOKANOVIĆ M. (2018). *Salvia sclarea*: Chemical composition and biological activity. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management* 1(1), pp. 18-28.

- BURT, Sara. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 2004, 94.3: 223-253.
- CANTOR, MARIA, et al. The influence of distillation time and the flowering phenophase on quantity and quality of the essential oil of *Lavandula angustifolia* cv. 'Codreanca'. *Biotech. Lett*, 2018, 23: 14146-14152.
- CASABIANCA, H., et al. Enantiomeric distribution studies of linalool and linalyl acetate. A powerful tool for authenticity control of essential oils. *Journal of High Resolution Chromatography*, 1998, 21.2: 107-112.
- DURLING, Nicola E., et al. Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol–water mixtures. *Food chemistry*, 2007, 101.4: 1417-1424.
- FENG, Wu; ZHENG, Xiaodong. Essential oils to control *Alternaria alternata* *in vitro* and *in vivo*. *Food control*, 2007, 18.9: 1126-1130.
- GHAIMA, Kais Kassim; HASHIM, Noor Makie; ALI, Safaa Abdalrasool. Antibacterial and antioxidant activities of ethyl acetate extract of nettle (*Urtica dioica*) and dandelion (*Taraxacum officinale*). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2013, 3.5: 96.
- GIACOMETTI, Jasminka, et al. Extraction of bioactive compounds and essential oils from mediterranean herbs by conventional and green innovative techniques: A review. *Food research international*, 2018, 113: 245-262.
- GÜLÇİN I., UĞUZ M. T., OKTAY M., BEYDEMİR Ş., KÜFREVIÖĞLU Ö. İ. (2004). Evaluation of the antioxidant and antimicrobial activities of clary sage (*Salvia sclarea* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 28(1), pp. 25-33.
- HRISTOVA, Yana, et al. Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Salvia sclarea* L. from Bulgaria against clinical isolates of *Candida* species. *Journal of BioScience & Biotechnology*, 2013, 2.1.
- IMANE N. I., FOUZIA H., AZZAHRA L. F., AHMED E., ISMAIL G., IDRIS D., MOHAMED K. H., SIRINE F., L'HOUCIE L., NOUREDDINE B. (2020). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of some essential oils against multidrug resistant bacteria. *European Journal of Integrative Medicine* 35, pp. 101074.
- KARAYEL H. B. (2020). Effect of natural boron mineral use on the essential oil ratio and components of musk sage (*Salvia sclarea* L.). *Open Chemistry* 18(1), pp. 732-739.
- KAZEMI, Mohsen. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Matricaria recutita*. *International Journal of Food Properties*, 2015, 18.8: 1784-1792.
- KUMAR Singh V., DAS S., KUMAR Dwivedy A., KUMAR Chaudhari A., UPADHYAY N., DUBEY N. K. (2021). Assessment of chemically characterized *Salvia sclarea* L. essential oil and its combination with linalyl acetate as novel plant based antifungal, antiaflatoxigenic and antioxidant agent against herbal drugs contamination and probable mode of action. *Natural Product Research* 35(5), pp. 782-787.
- MACWAN, Silviya R., et al. Essential oils of herbs and spices: their antimicrobial activity and application in preservation of food. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2016, 5.5: 885-901.
- MURBACH TELES ANDRADE, Bruna Fernanda, et al. Antimicrobial activity of essential oils. *Journal of Essential Oil Research*, 2014, 26.1: 34-40.
- NOGE, Koji; SHIMIZU, Nobuhiro; BECERRA, Judith X. (R)-(-)-linalyl acetate and (S)-(-)-germacrene D from the leaves of Mexican *Bursera linanoe*. *Natural Product Communications*, 2010, 5.3: 1934578X1000500301.
- PITAROKILI, Danae, et al. Composition and antifungal activity on soil-borne pathogens of the essential oil of *Salvia sclarea* from Greece. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2002, 50.23: 6688-6691
- RAAFAT K., HABIB J. (2018). Phytochemical compositions and antidiabetic potentials of *Salvia sclarea* L. essential oils. *Journal of oleo science*, pp. 1-11.
- RAVIMANNAN, Nirmala; SEVELL, Pathmanathan; SAARUTHARSHAN, Selvaratnam. Study on fungi associated with spoilage of bread. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci*, 2016, 3.4: 165-167.
- REYES-JURADO, Fatima, et al. Essential oils in vapor phase as alternative antimicrobials: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2020, 60.10: 1641-1650.

RUSSO, Alessandra, et al. Chemical composition and anticancer activity of essential oils of Mediterranean sage (*Salvia officinalis* L.) grown in different environmental conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 2013, 55: 42-47.

SHAROPOV, Farukh S., et al. Chemical compositions of the essential oils of three *Salvia* species cultivated in Germany. *Am. J. Essent. Oils Nat. Prod*, 2015, 3: 26-29.

TONGNUANCHAN, Phakawat; BENJAKUL, Soottawat. Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of food science*, 2014, 79.7: R1231-R1249.

TRIVELLINI, Alice, et al. Lamiaceae phenols as multifaceted compounds: bioactivity, industrial prospects and role of "positive-stress". *Industrial Crops and Products*, 2016, 83: 241-254.

VALKOVÁ, Veronika, et al. Wheat bread with grape seeds micropowder: Impact on dough rheology and bread properties. *Applied Rheology*, 2020, 30.1: 138-150.

VALKOVÁ, Veronika, et al. *Cymbopogon citratus* Essential Oil: Its Application as an Antimicrobial Agent in Food Preservation. *Agronomy*, 2022, 12.1: 155.

VERGINE, Marzia, et al. Phytochemical profiles and antioxidant activity of *Salvia* species from southern Italy. *Records of Natural Products*, 2019, 13.3: 215

YU, Leilei, et al. Postharvest control of *Penicillium expansum* in fruits: A review. *Food Bioscience*, 2020, 36: 100633.

PodĎakovanie:

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. SK-BY-RD-19-0014 (Vývoj nových štruktúr a výskum vlastností jedlých obalov a náterov na báze polysacharidov a rastlinných antibakteriálnych a antioxidantných prísad).

Kontaktné údaje:

Mgr. Veronika Valková, Ústav záhradníctva, Tulipánová 7, Výskumné centrum AgroBioTech, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko; Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 949 76, Nitra, Slovensko, veronika.valkova@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7048-6323>

RNDr. Hana Ďúranová, PhD., Výskumné centrum AgroBioTech, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, hana.duranova@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7274-6210>

Ing. Lucia Galovičová, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Ústav záhradníctva, Tulipánová 7, 949 76, Nitra, Slovensko, l.galovicova95@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1203-4115>

Asst. Prof Dr Nenad L. Vukovic, University of Kragujevac, Faculty of Science, Department of Chemistry, P.O. Box 12, 34000 Kragujevac, Serbia, nvukovic@kg.ac.rs. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4382-9743>

Asst. Prof. Milena Vukic, Faculty of Science, Department of Chemistry, P.O. Box 12, 34000 Kragujevac, Serbia, milena.vukic@kg.ac.rs. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7222-7245>

prof. Ing. Miroslava Kačaniová, PhD., Ústav záhradníctva, Tulipánová 7, 949 76, Nitra, Slovensko, miroslava.kacaniova@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4460-0222>

Přijato: 28. 2. 2022

Recenzováno: 10. 3. 2022

Akceptováno: 30. 3. 2022

OBALY NA BALENIE MÄSA

MEAT PACKAGING

Juraj Čuboň, Peter Herc, Peter Haščík, Jana Tkáčová, Lukáš Hleba, Miroslava Hlebová, Alžbeta Jarošová

Abstrakt:

V súčasnom období sa pre balenie čerstvého mäsa a mäsových výrobkov používajú tak tradičné ako aj moderné plastové obaly, ktoré majú v prvom rade zabezpečiť požadovanú sensorickú a mikrobiologickú kvalitu pri predĺžení doby trvanlivosti. Pretože aj v zabalenom mäse prebiehajú biochemické pochody je potrebné aby obaly spĺňali požiadavky a nedochádzalo k nežiadúcim sensorickým a mikrobiálnym zmenám. V súčasnosti sa na spomalenie nežiadúcich zmien využíva balenie, využíva sa buď jednoduché balenie, vákuové balenie do obalov alebo balenie do modifikovanej atmosféry. Na balenie mäsa sa používajú polymérne fólie. Najčastejšie sa využívajú polyméry polystyrén, etylén–vinylacetát, etylén–vinyl alkohol, polyetylén s nízkou hustotou, polyetylén s vysokou hustotou, polypropylén, polyetylentereftalát, polyamid, polyvinylchlorid, polyvinylidenchlorid. Z uvedených polymérnych fólií sa však môžu do prostredia a mäsa uvoľňovať monoméry s nežiadúcim účinkom na zdravie konzumenta.

Kľúčové slova: potravinárske obaly, mäso, polymérne fólie, priepustnosť

Abstract:

At present, both traditional and modern plastic packaging is used for the packaging of fresh meat and meat products, which are primarily intended to ensure the required sensory and microbiological quality while extending the shelf life. Because biochemical processes also take place in packaged meat, it is necessary that the packaging meets the requirements and that there are no undesirable sensory and microbial changes. At present, packaging is used to slow down unwanted changes, either simple packaging, vacuum packaging or modified atmosphere packaging. Polymer films are used for meat packaging. The most commonly used polymers are polystyrene, ethylene-vinyl acetate, ethylene-vinyl alcohol, low-density polyethylene, high-density polyethylene, polypropylene, polyethylene terephthalate, polyamide, polyvinyl chloride, polyvinylidene chloride. However, monomers with an adverse effect on the health of the consumer can be released into the environment and meat from polymer films.

Key words: food packaging, meat, polymer films, permeability

ÚVOD

Obaly v potravinárskom priemysle majú veľký význam, hlavnou funkciou obalu je predĺženie trvanlivosti výrobku nad jeho prirodzenú dobu trvanlivosti. Zabezpečuje ochranu pred nepriaznivými chemickými, biologickými a fyzikálnymi vplyvmi. Pozitívom je tiež zaistenie neporušeného tvaru výrobku a zamedzenie straty vody a zachovanie zmyslových vlastností potraviny. Komunikačná funkcia obalu je veľmi dôležitá. Oboznamuje spotrebiteľov s

dôležitými informáciami o výrobku, okrem doby trvanlivosti obsahuje údaje aj zložení a nutričnej hodnote tovaru (**Jarošová, 2014**).

Nebalené mäso sa musí skladovať a prepravovať oddelene od baleného mäsa, alebo takým spôsobom, že materiál druhých obalov a spôsob skladovania alebo prepravy nemôže byť zdrojom kontaminácie tohto mäsa (**NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 558/2010**).

Potravinový obal je všeobecne definovaný ako výrobok z rôzneho materiálu, ktorý je určený k ochrane, preprave či prezentácii výrobku určeného spotrebiteľovi, resp. spracovateľovi. Obal je tvorený obalovými materiálmi a pomocnými materiálmi ako lepidlá, viažuce materiály, spony, potlač a iné, ktoré dopĺňujú funkciu obalov. Tradičné obalové materiály sú drevo, papier, kartón, sklo, kov, tkaniny, ale poslednom období sú to hlavne plasty a iné. Obaly zodpovedajú požiadavkám na predmety a materiály určené pre styk s potravinami (**Budig, 2009**).

Pri výbere obalu sa zohľadňujú základné vlastnosti výrobku ako sú, tvar výrobku, stav výrobku, chemická a biologická povaha. Je nutné rešpektovať aj pasívne vlastnosti výrobku, ktoré vyjadrujú citlivosť výrobku k vonkajším, resp. vnútorným vplyvom ako napr. citlivosť na tlak, vibrácie, teplotu, vlhkosť, svetlo, žiarenie. Vplyv na výber obalu majú aj aktívne vlastnosti výrobku voči obalu vyjadrujúce agresivitu výrobku voči obalu a vonkajšiemu prostrediu (**Čuboň et al., 2021**).

Všeobecne potravinárske obaly môžeme rozdeliť podľa viacerých hľadísk. Podľa použitého materiálu ich môžeme rozdeliť na sklenené, plastové, papierové, kombinované apod. Z hľadiska používania obalového materiálu na obaly jednorazové a opakovane použiteľné. Kontaktné obaly tzv. prvé balenie sú obaly, ktoré dochádzajú do priameho kontaktu s potravinou. Ďalším balením je umiestnenie jedného alebo viacerých kusov v kontaktnom obale do prepravných obalov (**Kameník a Chomát, 2013**).

Výnos MP a MZ SR č. 06267/2006 stanovuje aj mikrobiologické požiadavky na potraviny a obaly. Nariadenie komisie EÚ č. 2073/2005 v čerstvom hydinovom mäse sa sleduje prítomnosť mikroorganizmov *Salmonella typhimurium* a *Salmonella enteritidis* a odoberá sa 5 voriek a nesmú byť prítomné v 25 g vzorky.

V mäsovom priemysle sa používajú aj tzv. technologické obaly, v ktorých prebieha technologické opracovanie výrobku a väčšinou ostávajú jeho súčasťou. Na technologické obaly sú vyššie požiadavky na hygienickú bezpečnosť, pretože dochádza k priamemu kontaktu s mäsom, resp. mäsovým dielom v procese výroby, resp. zrenia. Technologické obaly plnia aj expedičnú funkciu, kedy sú priamo expedované do spotrebiteľských sietí. Pri výbere technologického obalu sa zohľadňuje, akou technologickou operáciou sa výrobok bude spracovávať. Obal ani jeho zložky nesmú vplývať na bezpečnosť potraviny. Je nutné vybrať druh obalu pre výrobky z pohľadu spracovania výrobku napr. údenie, varenie vo forme, tepelné opracovanie v obaloch, krájanie na plátky alebo predávanie v celku. Vhodná voľba obalu ovplyvní akosť, vzhľad, samotný predaj potraviny, ale aj jeho kulinárske spracovanie (**Šerhagl a Viscofan, 2014**).

Smernica EÚ č. 2019/904 stanovuje všeobecné požiadavky na označovanie určitých plastových výrobkov. Účelom označenia je podať informáciu spotrebiteľovi o prítomnosti plastov vo výrobku, taktiež o výslednom negatívnom vplyve nevhodných spôsobov zneškodňovania daného výrobku na životné prostredie.

Počas zrenia čerstvého mäsa prebiehajú biochemické pochody, výsledkom ktorých je uvoľnenie určitého podielu vody, ktorá sa vyparuje. Z toho vychádza požiadavka na obalový materiál odolný voči vode. Určitý stupeň vyparenia vody a oschnutia povrchu mäsa sú prípustné, pretože obmedzujú rozvoj mikroorganizmov. Na druhej strane je potrebné zamedziť nadmerným výparom vody, ktoré znižujú hmotnosť a cenu potraviny. Teda ďalšia požiadavka je, aby obalový materiál mal primeranú priepustnosť pre vodnú paru.

Nepříjemným javom je orosenie obalov pri zmenách teploty skladovania, čo sa v praxi rieši antikondenzačnou vrstvou na vnútornej strane obalu. Hydina, ryby a mäsové výrobky (okrem trvanlivých tepelne neopracovaných a sušených mäsových výrobkov uvoľňujú počas skladovania určitý podiel vody výparom. Snahou je vhodným balením tieto straty výparom čo najviac obmedziť, avšak pri dodržaní kvality výrobku (**Čuboň et al., 2021**).

Okrem iných materiálov sú plasty z mikrobiologického pohľadu bezpečnou cestou pre balenie potravín. Používajú sa rôzne typy plastov, každý z nich má jedinečné vlastnosti a použitie. V potravinárskom priemysle sa najčastejšie používajú polykarbonáty, polyetylény, styrény, polypropylény apod. Plastové obaly sú vyrábané z rôznych polymérov a tiež prísad na zlepšenie pružnosti, farby alebo odolnosti. Zložky plastov a ich aditíva v priebehu skladovania či spracovania môžu v dôsledku zvýšenia teploty a tiež mechanického namáhania migrovať z obalu do potraviny (**Fasano et al., 2012**).

Obaly mäsových výrobkov je možné rozdeliť na prírodné a umelé. Do skupiny umelých obalov, buď vo forme čriev alebo len obalových častí, patria kolagénové, celulózoové, nátronové (baliaci papier), plastové a textilné obaly. Rôzne vlastnosti jednotlivých umelých obalov dávajú možnosť ich využitia pre rôzne produkty s odlišnými technologickými postupmi. Umožňujú dosiahnuť požadované vlastnosti výsledného produktu. Na trh sú dodávané v rôznej forme, najčastejšie vo forme fólií, tabulárnych obalov, alebo vreciek (**Zhang et al., 2016**).

Hlavné faktory ovplyvňujúce trvanlivosť čerstvého mäsa sú počiatková mikrobiologická kontaminácia, enzymatické a chemické procesy, hlavne oxidácia tukov, degradácia bielkovín a tiež zmena farby. V praxi sa na spomalenie nežiadúcich zmien využíva aj balenie. Využíva sa buď jednoduché balenie, vákuové balenie do obalov alebo balenie v modifikovanej atmosfére. Pri **jednoduchom balení** sa mäso balí do vreciek, fólie, často aj na podložné misky s vnútornou vložkou z nasiakavého materiálu pre odsávanie prebytku uvoľnenej šťavy. Táto technológia je krátkodobá, pretože vzdušná atmosféra nie je upravovaná. Trvanlivosť mäsa je pri chladiarenskej teplote maximálne 7 dní. Jednoduché balenie sa využíva pre predaj výsekového mäsa určeného k rýchlemu predaju konečnému spotrebiteľovi (**Kameník et al., 2014**).

Vákuové balenie je založené na princípe rovnomerného odstránenia všetkých plynov z okolia potraviny. Obsah kyslíka v okolí mäsa musí klesnúť pod cca 1 % pôvodného množstva. Uvedený spôsob balenia sa začal využívať v druhej polovici 20. storočia. Trvanlivosť potravín vo vákuovom balení je dlhšia ako pri jednoduchom balení, napr. u bravčového mäsa je 21 dní a u hovädzieho 28 dní. Vákuum má tiež pozitívny vplyv pri nakladaní mäsa na urýchlenie solenia celistvých častí pre tepelnú úpravu mäsa vo vodnom kúpeli. Vákuové balenie nie je vhodné pre všetky typy potravín. Napr. mäso je vystavované mechanickému namáhaniu, uvoľňuje sa mäsová šťava alebo tuk aj v dôsledku pomnoženia kontaminujúcej mikroflóry. Vákuové balenie môže spôsobovať zmeny farby baleného čerstvého mäsa. K zmene farby mäsa dochádza znížením parciálneho tlaku kyslíka, kde dôjde k desorpcii kyslíka z oxymyoglobínu a následnej oxidácii myoglobínu na metmyoglobín, ktorý má nežiadúcu pre konzumenta neakceptovateľnú hnedo-šedú farbu. Po otvorení, pri neskoršom vystavení mäsa pôsobeniu kyslíka sa však obnovuje typická červená farba mäsa (**Hanušová a Dobiáš, 2009**).

Na vákuové balenie sa najčastejšie využívajú koextrudované trojvrstvové fólie vo forme vrecka (EVA/PVD/EVA), do vrecka sa vloží produkt a v baliacom stroji sa odsaje vzduch a vrecko sa hermeticky uzavrie. Možnosťou je aj využitie zmraštiteľných fólií (PE, PP, PC, PVDC), kde pôsobením tepla dôjde k tesnému obopnutiu obalu okolo výrobku, čím sa zmenšia rozmery balenej suroviny. Obal sa stiahne pri prechode cez tunel s teplým vzduchom cca 150 °C, alebo ponorením do teplej vody 80-90 °C na niekoľko sekúnd. Pri tomto spôsobe balenia vznikne malý priestor medzi fóliou a výrobkom, ktorý znižuje množstvo uvoľnenej šťavy (**Kameník a Chomát, 2014**).

Ochranné balenie, alebo **pasívne balenie**, uzatvára potravinu v hermeticky uzavretom obale, kde dochádza k zmene atmosféry. Predlžuje sa trvanlivosť výrobku hlavne obmedzením rastu mikroorganizmov, ktoré sa podieľajú na kazení mäsa. Do tejto skupiny patrí balenie v ochrannej a modifikovanej atmosfére. Pri oboch spôsoboch balenia sa využívajú fólie s dobrými bariérovými vlastnosťami (**Hilton a Temple, 2016**). Pasívne obaly využívajú materiály, ktoré v podstate neovplyvňujú účinok mikrovlnného poľa. K takýmto mikrovlnne transparentným materiálom sa radia bežné polyméry (polyetylén, polypropylén, polyester apod.), papier, sklo a keramika (**Čuboň et al., 2021**).

Technológia balenia mäsa v **modifikovanej atmosfére** je založená na odsatí vzduchu z okolia baleného mäsa, následne sa vzduch nahradí ochrannou atmosférou, ktorá je tvorená zmesou plynov, alebo jednotlivými plynmi, ktoré majú odlišné zloženie ako je zloženie vzduchu. Modifikovaná atmosféra je zmes kyslíka, dusíka a oxidu uhličitého v dávkach len 0,3-0,5 %, je možné použiť aj oxid uhoľnatý. Jedná sa o dynamický systém zmien chemického zloženia modifikovanej atmosféry. Modifikovaná atmosféra sa mení aj počas skladovania účinkom enzymatických, mikrobiálnych a chemických procesov prebiehajúcich tak v obale, medzi obsahom obalu ako aj medzi samotným obalom a prostredím (**Kameník a Chomát, 2013**).

Modifikovaná atmosféra s vysokým obsahom O₂ je obzvlášť efektívna pri inhibícii enzymatických zmien farby, prevencii anaeróbných fermentačných reakcií a inhibícii rastu aeróbnych i anaeróbnych mikroorganizmov (**Čuboň et al., 2021**). Balenie v modifikovanej atmosfére inhibuje množstvo nežiadúcich mikroorganizmov, taktiež eliminuje oxidačno-redukčné zmeny, čím sa následne predĺži trvanlivosť výrobku na 30-60 dní pri teplote skladovania približne 4 °C. Balenie v modifikovanej atmosfére s vyšším podielom kyslíka zabezpečí typický červený vzhľad mäsa, čím sa zlepšuje aj jeho akceptovateľnosť spotrebiteľom. Čerstvé mäso sa balí do dostatočne vysokých misiek s krycou bariérovou fóliou. Bariérová fólia zabezpečí vytvorenie požadovaného priestoru pre plyny, taktiež ochraňuje pred kontaktom mäsa s hornou fóliou (**Hilton a Temple, 2016**).

Kontaminácia potravín zo zložiek obalov vzniká pri interakcii a je jedným zo sledovaných problémov pri balení potravín. Látky prechádzajúce z obalu do potraviny môžu predstavovať pre konzumenta určité nebezpečenstvo. Riziko je aj z dôvodu, že pri migrácii zložiek z obalu do potraviny nenastáva viditeľné poškodenie výrobku ani technologické chyby obalu (**Čurda a Dobiáš, 2004**).

Na balenie mäsa sa používajú polymérne fólie. Najčastejšie sa využívajú polyméry polystyrén (PS), etylén–vinylacetát (EVA), etylén–vinyl alkohol (EVOH), polyetylén s nízkou hustotou (PE-LD), polyetylén s vysokou hustotou (PE-HD), polypropylén (PP), polyetylentereftalát (PET), polyamid (PA), polyvinylchlorid (PVC), polyvinylidenchlorid (PVDC) (**Kameník a Chomát, 2013**).

Niektoré materiály na báze polymérov sa vyznačujú silnejšími bariérovými vlastnosťami, vyššou mechanickou pevnosťou a odolnosťou voči varu pri teplotách 66–205 °C. Najčastejšie sú využívané viacrstvé fólie, ktoré sú zložené z viacerých polymérov pre zvýšenie úžitkových vlastností fólie. Hrúbka fólií je od 25,4 µm do 305,4 µm (**Kameník a Chomát, 2013**). Často sú fólie upravované antikondenzačnými prípravkami zabraňujúcimi zrážaniu vody na vnútornej strane obalu. Ako antikondenzačné prípravky sa používajú estery glycerolu, estery sorbitanu a etoxyláty alkoholu aplikované sprejovaním na vnútorný povrch fólie. Takto upravené fólie označované aj ani-fog layer fólie, sú síce drahšie, ale v konečnom dôsledku zvyšujú akceptovateľnosť výsekového baleného mäsa (**Durán a Laroche, 2018**).

Polymérne materiály, ktoré tvoria plastové obaly a fólie majú aj nežiadúce vlastnosti, vyznačujú sa migráciou jednotlivých zložiek do prostredia. Uvoľňujú sa hlavne nízkomolekulárne zložky obalu ako zvyšky monomérov, aditívnych látok, plastifikátory,

antistatické činidlá, farbivá, stabilizátory a iné. Môžu sa uvoľňovať aj produkty degradácie polymérov počas spracovania (Komprda, 2004).

Sanches *et al.* (2007) analyzovali faktory, ktoré ovplyvňujú migráciu polymérov, s vyššou teplotou sa zvyšuje migrácia a súčasne s vyšším obsahom lipidov v mäse sa lineárne zvyšuje obsah polymérov v mäse, pretože polyméry sú silne lipofilné. Z aditív, ktoré sa pridávajú pri výrobe plastov najväčšie riziko predstavujú zmäkčovadlá-plastifikátory. Môžu tvoriť až 40 % z celkového podielu obalového materiálu, ich vlastnosťou je, že sú silne lipofilné, teda dajú sa ľahko vyextrahovať tukovými zložkami potravy. Najčastejšie používané zmäkčovadlá v potravinárskych obaloch sú estery kyseliny ftalovej, najmä di-n butyl ftalát (DBP) a di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP) (Cherif Lahimer *et al.*, 2017).

ZÁVER

Spôsob balenia mäsa sa neustále vyvíja a hlavným kritériom sú požiadavky na zvýšenie doby trvanlivosti, predĺženie hlavne sensorických vlastností a zníženie strát vyparovaním. Najvýznamnejšie faktory ovplyvňujúce trvanlivosť čerstvého mäsa sú mikrobiologická kontaminácia, enzymatické a chemické vplyvy, hlavne oxidácia tukov, degradácia bielkovín a tiež zmena farby. Na spomalenie nežiadúcich zmien sa využíva balenie, buď jednoduché balenie, vákuové balenie do obalov alebo balenie do modifikovanej atmosféry. Fólie môžu byť upravované aj antikondenzačnými prípravkami zabraňujúcimi zrážaniu vody aby nedochádzalo ku kondenzácii vodných pár na vnútornej strane obalu. Ako antikondenzačné prípravky sa používajú estery glycerolu, estery sorbitanu a etoxyláty alkoholu aplikované sprejom na povrch fólie. Takto upravené fólie sú síce drahšie, ale v konečnom dôsledku zvyšujú akceptovateľnosť výsekového baleného mäsa.

Všetky moderné spôsoby využívajú systémy zlepšujúce kvalitu mäsa ale na druhej strane sú zdrojom nežiadúcich monomérov, ktoré sa uvoľňujú do potravy.

POUŽITÁ LITERATÚRA

BUDIG J. 2009. Obal prodává, chrání a informuje. *Maso*, Vol. 20, no. 4, s. 6–12.

ČUBOŇ, J., HAŠČÍK, P., DUCKOVÁ, V., PAVELKOVÁ, A. 2021. Hodnotenie a balenie surovín a potravín živočíšneho pôvodu. Vysokoškolská učebnica. SPU Nitra. 368 s. ISBN 978-80-552-2346-9.

ČURDA, J. – DOBIÁŠ, J. 2004. *Balení potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. 236 s. ISBN 978-80-7080-714-9.

DURÁN, Iván Rodríguez a Gaétan LAROCHE. Water drop-surface interactions as the basis for the design of anti-fogging surfaces: Theory, practice, and applications trends. *Advances in Colloid and Interface Science* [online]. 2019, **263**, 68-94 [cit. 2022-03-04]. ISSN 00018686.

Dostupné z: doi: 10.1016/j.cis.2018.11.005 FASANO, Evelina, Francisco BONO-BLAY, Teresa CIRILLO, Paolo MONTUORI a Silvia LACORTE. Migration of phthalates, alkylphenols, bisphenol A and di(2-ethylhexyl) adipate from food packaging. *Food Control* [online]. 2012, **27**(1), 132-138 [cit. 2022-03-04]. ISSN 09567135. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodcont.2012.03.005

HANUŠOVÁ K., DOBIÁŠ J. 2009. Balení masa a masných výrobků v modifikované atmosféře. *Maso*, 20, no. 4, s. 13-18.

HILTON, Allan a Dorota TEMPLE. Wafer-Level Vacuum Packaging of Smart Sensors. *Sensors* [online]. 2016, **16**(11) [cit. 2022-03-04]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s16111819 JAROŠOVÁ A. 2014. Bez obalu to už dnes zkrátka nejde. *Maso*, 24, č. 4, s. 3.

KAMENÍK J., CHOMÁT P. 2013. Technologická abeceda – "B" jako balení masa a masných výrobků. *Maso*, Vol. 24, no. 1, s. 8-14.

Kameník, J., Saláková, A., Pavlík, Z. et al. Vacuum skin packaging and its effect on selected properties of beef and pork meat. *Eur Food Res Technol* 239, 395–402 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2233-9>

KOMPRDA T. 2004. *Obecná hygiena potravin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 150 s. ISBN 978-80-7157-757-7.

CHERIF LAHIMER, Meriem, Naceur AYED, Jalel HORRICHE a Sayda BELGAIED. Characterization of plastic packaging additives: Food contact, stability and toxicity. *Arabian Journal of Chemistry* [online]. 2017, **10**, S1938-S1954 [cit. 2022-03-04]. ISSN 18785352. Dostupné z: doi: 10.1016/j.arabjc.2013.07.022

NARIADENIE KOMISIE (ES) č. 2073/2005 z 15. novembra 2005, o mikrobiologických kritériách pre potraviny.

NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 558/2010 z 24. júna 2010, ktorým sa mení a dopĺňa príloha III k nariadeniu Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, ktorým sa ustanovujú osobitné hygienické predpisy pre potraviny živočíšneho pôvodu.

SANCHES SILVA, A., J.M. CRUZ, R. SENDÓN GARCÍA, R. FRANZ a P. PASEIRO LOSADA. Kinetic migration studies from packaging films into meat products. *Meat Science* [online]. 2007, **77**(2), 238-245 [cit. 2022-03-04]. ISSN 03091740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2007.03.009

SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ) 2019/904 z 5. júna 2019 o znižovaní vplyvu určitých plastových výrobkov na životné prostredie.

ŠERHAKL D., VISCOFAN CZ, 2014. Obaly pro celosvalové výrobky. *Maso*, Vol. 25, no. 5, s. 20–22.

VÝNOS MP a MZ SR č. 06267/2006-SL, ktorým sa vydáva hlava PK SR upravujúca mikrobiologické požiadavky na potraviny a na obaly na ich balenie.

ZHANG, Jing, Ying WANG, Dao-Dong PAN, Jin-Xuan CAO, Xing-Feng SHAO, Yin-Ji CHEN, Yang-Ying SUN a Chang-Rong OU. Effect of black pepper essential oil on the quality of fresh pork during storage. *Meat Science* [online]. 2016, **117**, 130-136 [cit. 2022-03-04]. ISSN 03091740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2016.03.002

PodĎakovanie:

Publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kontaktné údaje

Juraj Čuboň, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: juraj.cubon@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1388-1527>

Peter Herc, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: peter.herc96@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2366-8324>

Peter Haščík, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: peter.hascik@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3402-5658>

Jana Tkáčová, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: tkacova.jt@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8236-2536>

Lukáš Hleba, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Institute of Biotechnology, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: lukas.hleba@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8244-6548>

Miroslava Hlebová, Department of Biology, Faculty of Natural Sciences, University of SS. Cyril and Methodius, Nám. J. Herdu 2, 917 01 Trnava, Slovakia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1720-9981>

Alžbeta Jarošová, Mendel University in Brno, Faculty of AgriSciences, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Czech Republic, E-mail: alzbeta.jarosova@mendelu.cz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9809-3529>

Přjato: 3.3.2022

Recenzováno: 20.3.2022

Akceptováno: 31.3.2022

NUTRIČNÉ A ZDRAVOTNÉ BENEFITY KONZUMÁCIE KURACIEHO MÄSA – REVIEW

NUTRITIONAL AND HEALTH BENEFITS OF CHICKEN MEAT CONSUMPTION – REVIEW

Matej Čech, Peter Haščík, Miroslava Kačániová, Marek Bobko, Juraj Čuboň, Peter Herc, Lukáš Jurčaga

Abstrakt:

V súčasnosti sa z dietetického hľadiska preferuje mäso s nižším obsahom tuku, medzi ktoré patrí mäso kozie, jahňacie a hydinové (najmä kuracie) v porovnaní s vysoko konzumovaným mäsom hovädzím a bravčovým, ktoré sú typické vyšším obsahom tuku a nasýtených mastných kyselín. Kuracie mäso je považované za ľahko dostupný zdroj živín potrebných pre fungovanie organizmu. Relatívne nízke predajné ceny kuracieho mäsa v porovnaní s inými druhmi mäsa hospodárskych zvierat hovoria v prospech jeho zvýšenej spotreby. Okrem toho je kuracie mäso známe svojou nutričnou kvalitou, pretože obsahuje značné množstvo vysoko kvalitných a ľahko stráviteľných bielkovín, nízky podiel nasýtených tukov a odporúča sa na konzumáciu pre všetky vekové skupiny ľudí. Preto cieľom tejto práce bolo poukázať na aktuálny stav na trhu s hydinovým a kuracím mäsom a preskúmať jeho trendy konzumácie, vyzdvihnúť nutričné zloženie kuracieho mäsa, ako aj zdravotné benefity pri jeho konzumácii v porovnaní s ostatnými druhmi mias.

Kľúčové slová: kurčatá, mäso, výživná hodnota, spotreba

Abstract:

Currently from a dietary point of view, leaner meat with a lower fat content is preferred, which includes goat, lamb, and poultry (especially chicken) meat, compared to highly consumed beef and pork, which are typically higher in fat and saturated fatty acids. Chicken meat is considered an easily available source of nutrients needed for the body to function. The relatively low selling prices of chicken meat compared to other types of meat speak in favor of its increased consumption. In addition, chicken meat is known for its nutritional quality, as it contains a significant amount of high quality and easily digestible protein, a low proportion of saturated fat and is recommended for consumption for all ages. Therefore, the aim of this work was to point out the current state of the market and examine trends in meat consumption, highlight the nutritional composition of chicken meat, as well as the health benefits of its consumption in comparison with other types of meat.

Key words: broiler chickens, meat, nutrition, consumption

ÚVOD

Čerstvé kuracie mäso a kuracie výrobky sú všeobecne obľúbené. Je to najmä z dôvodov, že jeho konzumácia nepodlieha kultúrnym ani náboženským obmedzeniam a je vnímané ako

nutrične hodnotná potravina s nízkym obsahom tuku s vyšším podielom nenasýtených mastných kyselín ako v iných druhoch mäsa (**Barroeta, 2007; Cavani et al., 2016**).

Pre konzumentov je tiež rozhodujúce, že kvalitné hydinové mäso a z neho vyrobené produkty sú dostupné za prijateľné ceny, hoci ich výrobné náklady sa môžu líšiť (**Valceschini, 2006**).

Pokiaľ ide o celkovú spotrebu všetkých druhov mäsa, spotreba hydinového je celosvetovo na jednom z popredných miest (**Cavani et al., 2016**).

Vysoká obľuba kuracieho mäsa je spôsobená mnohými faktormi, ako je krátky výkrm, výborné priestorové využitie, vysoká reprodukčná schopnosť hydiny, výborná konverzia krmiva, vysoká nutričná hodnota hydinového mäsa a relatívne nízke predajné ceny (**Haščík et al., 2020**).

Kvalitu mäsa brojlerových kurčiat ovplyvňuje množstvo faktorov, ako sú systém výkrmu, dĺžka výkrmu, hybridná kombinácia a pohlavie, úpravy krmnej dávky, manipulácia pred zabitím, mrazenie jatočných tiel, doba skladovania apod. (**Solomon et al., 1998; Le Bihan-Duval et al., 1999; Sams, 1999; Le Bihan-Duval et al., 2008; Petracci et al., 2010; Kalakuntla et al., 2017**). Je potrebné zdôrazniť, že hydina je v súčasnosti vykrmovaná intenzívnym spôsobom, kedy stúpa stres zvierat, ktorý tiež významne vplýva na kvalitu mäsa (**Kralik et al., 2007; Rahimi et al., 2011; Yan a Kim, 2013; Kalakuntla et al., 2017**).

Pre zachovanie stálej kvality kuracieho mäsa sa preto krmne zmesi brojlerových kurčiat obohacujú o zložky bohaté na antioxidantné a bioaktívne látky, ktoré jednak znižujú riziko oxidácie krmiva, ale aj pozitívne vplyvajú na produkčné ukazovatele kurčiat a kvalitu ich mäsa. Takéto kuracie mäso sa považuje za „funkčnú potravinu“, pretože má zvýšený obsah bioaktívnych látok, čo priaznivo ovplyvňuje zdravie spotrebiteľov. Zložky krmiva používané na obohatenie krmných zmesí kurčiat bioaktívnymi látkami a antioxidantmi sú napríklad konjugovaná kyselina linolová (CLA), vitamíny, mikroelementy, aminokyseliny, vedľajšie produkty spracovania potravín, oleje bohaté na nenasýtené mastné kyseliny, rastlinné silice, včelie produkty, či probiotiká, prebiotiká a iné rôzne doplnky (**Wang a Xu, 2008; Givens, 2009; Kralik et al., 2009, 2014a; Yan a Kim, 2013; Haščík et al., 2020; Čech et al., 2021**).

SÚČASNÝ STAV NA TRHU S MÄSOM

Napriek nedávnym výzvam v celom potravinovom reťazci človeka sa očakáva v roku 2021 zvýšenie svetovej produkcie mäsa. Stagnáciu obchodu s bravčovým a ovčím mäsom kompenzuje vyšší obchod s hydinou a hovädzím mäsom. Predpokladá sa zvýšenie celosvetovej produkcie mäsa o 2,2 % na 346 miliónov ton v roku 2021. Dôvodom je najmä oživenie produkcie v EÚ, USA, Čínskej ľudovej republike, Vietname a Brazílii. Prispeli k tomu aj obchodné kontrakcie v Austrálii, na Filipínach a v Argentíne. Zvýšenie zaočkovanosti ľudí spojené s COVID-19 v EÚ a USA a tým aj oživenie predaja potravín a celého gastro sektora, ako aj zlepšenie hygienických opatrení a poskytovanie rôznej vládnej pomoci sektoru chovu hospodárskych zvierat na zmiernenie negatívnych obchodných dopadov súvisiacich s týmto ochorením tiež zohráva významnú úlohu v tomto zotavovaní výroby a spotreby mäsa u ľudí (**FAO, 2021**).

Pri hydinovom mäse sa predpokladá, že jeho celosvetová produkcia vzrastie o 1,3 % na 135 miliónov ton. Dôvodom sú celosvetovo očakávané mierne expanzie, ale najmä zisky v Číne, Brazílii a EÚ (**FAO, 2021**).

Podľa **ŠÚ SR (2021)** spotreba hydinového mäsa v roku 2020 dosiahla rekordných 28,1 kg na obyvateľa (vrátane hydinových drobov), čo znamená medziročné zvýšenie o 4,5 % a zvýšenie podielu hydinového mäsa na celkovej spotrebe mäsa na 38,9 %. Na základe vývoja situácie na trhu s mäsom v súčasnom období, možno v roku 2021 predpokladať mierne zvýšenie spotreby hydinového mäsa na Slovensku na 153,6 tis. ton. V prepočte na 1 obyvateľa za rok, by mohla spotreba dosiahnuť cca 28,3 kg. Opatrenia v súvislosti s COVID-19 posilnili význam cenovej

dostupnosti a možností jednoduchej prípravy hydínového mäsa v domácnostiach (**Jamborová a Repka, 2021**).

V Českej republike sa zvýšila celková spotreba mäsa na kosti o 0,8 kg (+1 %). Došlo k zvýšeniu spotreby bravčového mäsa o 2,8 % a hydínového mäsa až o 2,7 %. Naopak sa pozoroval pokles spotreby hovädzieho mäsa o 2,5 % a rýb až o 4,5 % (**ČSÚ, 2021**). Porovnanie spotreby hydínového mäsa na Slovensku a v Českej republike za posledné roky je uvedené v **Tabuľke 1**.

Tabuľka 1 Spotreba hydínového mäsa v SR a v ČR na obyvateľa.rok⁻¹ (kg) (**ČSÚ, 2021; Jamborová a Repka, 2021**)

Spotreba	SR	ČR
2018	22,2	28,4
2019	26,9	29,0
2020	28,1	29,8

NUTRIČNÉ ZLOŽENIE KURACIEHO MÄSA

Na začiatok je nutné podotknúť, že jatočne opracované telo kurčiat s kožou, resp. jeho jednotlivé porciované časti hydiny s kožou obsahujú 2–3 x viac tuku ako bez nej, preto by sa malo kuracie mäso konzumovať bez kože, ak chceme, aby bol zabezpečený príjem kvalitných bielkovín bez extra kalórií (energie) a tuku. V porovnaní s červeným mäsom je hlavnou výhodou kuracieho mäsa nízka energetická hodnota a nízky podiel nasýtených tukov, preto sa konzumácia bieleho kuracieho mäsa odporúča ľuďom, ktorí chcú znížiť príjem tukov, ako aj ľuďom trpiacimi srdcovo-cievnyimi chorobami. Pri porovnaní obsahu cholesterolu sa kuracie mäso príliš nelíši od iných druhov mäsa, ak však vezmeme do úvahy ďalšie výhody (viac bielkovín, menej celkového tuku, menej nasýtených tukov a nižšia energetická hodnota), má lepšiu nutričnú hodnotu, a preto sa odporúča na konzumáciu ľuďom, ktorí sa najmä v dnešnej dobe viac zaujímajú o stravu a zdravie (**Kralik et al., 2018**).

Vysoký obsah bielkovín robí z kuracieho mäsa ideálnu potravinu pre všetkých spotrebiteľov, ktorí potrebujú kvalitné, ľahko rozložiteľné a dobre využiteľné bielkoviny (športovci, deti, seniori). Priemerná denná potreba dospelých pre bielkoviny je 0,66 g.kg⁻¹ telesnej hmotnosti, kým potreba malých detí a športovcov je približne dvakrát vyššia (1,12 g.kg⁻¹ telesnej hmotnosti). Potreba bielkovín u tehotných žien je ešte vyššia a závisí od trimestra tehotenstva (23 g.deň⁻¹ v treťom trimestri tehotenstva) (**EFSA, 2017**).

Na základe vyššie uvedeného sa kuracie mäso odporúča ako bohatý zdroj vysokokvalitných bielkovín v ľudskej výžive. Kuracie mäso obsahuje málo kolagénu, čo je ďalšia pozitívna vlastnosť. Kolagén je štruktúrny proteín, ktorý znižuje stráviteľnosť mäsa, takže kuracie mäso je ľahšie stráviteľné ako iné druhy mäsa (**Marangoni et al., 2015**).

Porovnanie základných nutričných parametrov kuracieho mäsa a vybraných druhov červeného mäsa je uvedené v **Tabuľke 2**.

Tabuľka 2 Porovnanie nutričného zloženia vybraných druhov mias po tepelnej úprave (na 100 g mäsa) (Kralik *et al.*, 2018)

Zložka	Kuracie	Bravčové	Hovädzie	Jahňacie
Energetická hodnota (kcal/kJ)	165/690	165/690	185/773	180/752
Obsah vody (g)	62,26	65,75	64,83	64,92
Bielkoviny (g)	31,02	28,86	27,23	28,17
Celkový tuk (g)	3,57	4,62	7,63	6,67
NMK (g)	1,010	1,451	2,661	2,380
MNMK (g)	1,240	1,878	3,214	2,920
PNMK (g)	0,770	1,066	0,285	0,440
Cholesterol (mg)	85	86	78	87

Poznámky: pre porovnatelnosť výsledkov boli vo výskume použité kuracie prsia, bravčové stehno, hovädzie zadné a jahňacie stehno, opracované podľa metodiky autorov a tepelne upravené rovnakým spôsobom; NMK – nasýtené mastné kyseliny; MNMK – mononenasýtené mastné kyseliny; PNMK – polynenasýtené mastné kyseliny

Kuracie mäso je tiež dobrým zdrojom niektorých minerálnych látok a vitamínov (**Tabuľka 3**). V porovnaní s červeným mäsom (okrem bravčového) obsahuje viac vápnika, horčíka, fosforu a sodíka. Obsah železa je takmer rovnaký ako v bravčovom mäse. Železo je potrebné pre tvorbu hemoglobínu, pre prevenciu anémie, ako aj pre normálnu činnosť svalov. Vápnik a fosfor sú dôležité pre zdravé kosti a zuby. Sodík je elektrolyt a horčík je dôležitý pre normálnu syntézu bielkovín a správnu činnosť svalov (**Kralik *et al.*, 2018**).

Z vitamínov v kuracom mäse je najvyšší podiel niacínu (vitamín B₃) a tiež obsah vitamínov A a B₆ je vyšší ako v iných druhoch mäsa. Niacín je veľmi dôležitý pre správny metabolizmus sacharidov a tvorbu energie. Je tiež dôležitý pre zdravú pokožku, vlasy a oči, ako aj pre nervový systém. Zohráva úlohu pri syntéze pohlavných hormónov, pri zlepšovaní krvného obehu a znižovaní hladiny cholesterolu. Niacín sa často používa ako doplnková liečba u pacientov, ktorí užívajú lieky na zníženie krvných lipidov. V tomto prípade je vedecky dokázané, že niacín ovplyvňuje zvýšenie hladiny HDL cholesterolu (**Keene *et al.*, 2014; Garg *et al.*, 2017**). Cílené užívanie niacínu znižuje rozvoj kardiovaskulárnych ochorení a znižuje úmrtnosť spojenú so srdcovými alebo kardiovaskulárnymi ochoreniami (**Bruckert *et al.*, 2009; Duggal *et al.*, 2010**). Chronický nedostatok niacínu v organizme spôsobuje pelagrické ochorenie, ktoré je charakterizované nerovnomernou pigmentáciou kože (začervenanie), gastrointestinálnymi poruchami (hnačka) a poruchou funkcie mozgu (demencia) (**Hegyí *et al.*, 2004**).

ZDRAVOTNÉ BENEFITY KONZUMÁCIE KURACIEHO MÄSA

V súčasnosti sa kladie dôraz na konzumáciu kuracieho mäsa v súvislosti s udržaním alebo redukciou telesnej hmotnosti. Je známe, že príjem bielkovín v potrave je účinný pri jej znižovaní a preto je kuracie mäso často súčasťou diéty zameranej na redukciu telesnej hmotnosti pre vysoký obsah bielkovín a nízky obsah tuku. Štúdie ukázali, že chudnutie bolo vyššie u ľudí, ktorí konzumovali nízkoenergetické jedlá bohaté na bielkoviny v porovnaní s nízkoenergetickými jedlami, ale s nízkym obsahom bielkovín. Je to spôsobené tým, že bielkoviny poskytujú väčší pocit sýtosti, takže ľudia počas dňa prijímajú menej energie (kalórií), čím sa súčasne znižuje príjem sacharidov (**Te Morenga a Mann, 2012; Astrup *et al.*, 2014**).

Tabuľka 3 Porovnanie obsahu minerálnych látok a vitamínov vybraných druhov mias po tepelnej úprave (na 100 g mäsa) (**Kralik et al., 2018**)

Nutrient	Kuracie	Bravčové	Hovädzie	Jahňacie
Minerálne látky				
Vápnik (mg)	15	16	6	8
Železo (mg)	1,04	0,97	2,40	2,06
Horčík (mg)	29	27	18	26
Fosfor (mg)	228	273	172	208
Draslík (mg)	256	425	222	342
Sodík (mg)	74	80	36	66
Zinok (mg)	1,00	2,48	4,74	5,02
Vitamíny				
Tiamín (mg)	0,070	0,523	0,057	0,110
Riboflavín (mg)	0,114	0,408	0,170	0,280
Niacín (mg)	13,712	7,940	5,232	6,390
Vit. B ₆ (mg)	0,600	0,538	0,380	0,170
Foláty (µg)	4	0	9	24
Vit. B ₁₂ (µg)	0,34	0,67	1,61	2,71
Vit. A (µg)	6	1	0	0
Vit. D (µg)	0,1	0,3	-	-
Vit. E (mg)	0,27	0,26	0,37	0,18
Vit. K (µg)	0,3	0,0	1,3	-

Poznámky: pre porovnatelnosť výsledkov boli vo výskume použité kuracie prsia, bravčové stehno, hovädzie zadné a jahňacie stehno, opracované podľa metodiky autorov a tepelne upravené rovnakým spôsobom; pomlčka znamená, že daná zložka bola pod detekovateľným limitom

Kuracie mäso je žiadané v kontexte pri prevencii kardiovaskulárnych chorôb. Nasýtené tuky, cholesterol a hémové železo, ktoré sú viac obsiahnuté v červenom ako v bielom mäse sú veľmi dôležitými faktormi pri rozvoji aterosklerózy, kardiovaskulárnych ochorení, hypertenzie a pri zvyšovaní krvného cholesterolu (**Abete et al., 2014**).

Podľa **Bernsteina et al. (2010)**, nahradením červených druhov mäsa bielym kuracím mäsom v jedlách možno znížiť riziko vzniku kardiovaskulárnych ochorení o 19 %. Autori predpokladali, že je to dôsledok menšieho príjmu hémového železa a sodíka a väčšieho množstva polynenasýtených mastných kyselín, ktoré sa nachádzajú v kuracom mäse. Preto by kuracie mäso ako zdroj bielkovín mohlo byť významným faktorom pri znižovaní rizika rozvoja kardiovaskulárnych ochorení.

V poslednej dobe sa preveruje životný štýl ľudí, ktorý ovplyvňuje zvýšenie alebo zníženie rizika výskytu cukrovky. Zmeny v našom životnom štýle a výžive môžu výrazne ovplyvniť zníženie výskytu tohto civilizačného ochorenia. Zvýšené riziko vzniku cukrovky súvisí s rôznymi faktormi, z ktorých medzi najvýznamnejšie patrí príjem nasýtených živočíšnych tukov (**Feskens et al., 2013**).

Pan et al. (2011) uvádzajú pozitívnu koreláciu medzi príjmom nasýtených tukov a rezistenciou na inzulín. Ich výsledky poukazujú na skutočnosť, že konzumácia červeného mäsa a najmä výrobkov z neho je spojená so zvýšeným rizikom rozvoja diabetu 2. typu.

Hoci zvýšený príjem bielkovín živočíšneho pôvodu všeobecne predstavuje riziko vzniku cukrovky, konzumácia kuracieho mäsa ako súčasť vyváženej stravy sa odporúča na prevenciu rozvoja tohto ochorenia alebo jeho kontrolu (**Esposito et al., 2010**).

Zdravý životný štýl, ktorý zahŕňa konzumáciu kuracieho mäsa, ovocia, strukovín, orechov, celozrnných výrobkov a rastlinných olejov, je spojený so zníženým rizikom úmrtia u pacientov s cukrovkou (**Sluik et al., 2014**).

Niektoré štúdie tiež potvrdili, že nadmerný príjem mäsa, najmä červeného je potenciálnym rizikovým faktorom pre rozvoj niektorých druhov rakoviny. Červené mäso obsahuje viac potenciálne škodlivých zložiek ako biele hydinové (kuracie) mäso. Tieto potenciálne škodlivé zložky sú predovšetkým nasýtené tuky, hémové železo, sodík, N-nitrózo zlúčeniny a aromatické amíny vznikajúce pri vysokej teplote úpravy mäsa varením, takže konzumácia červeného mäsa predstavuje riziko vzniku rakoviny. Preto je červené mäso spojené s vyšším rizikom rakoviny, zatiaľ čo kuracie mäso nie (**Salehi et al., 2013**).

Rakovina tráviaceho systému je zvyčajne spojená s vyššou a prehnanou konzumáciou živočíšnych produktov. Tento záver potvrdili aj výskumy uskutočnené medzi populáciami s výrazne vyššou konzumáciou mäsa, ako sa odporúča. Predpokladá sa, že myoglobín z červeného mäsa aktivuje predrakovinové poškodenie urýchlením vplyvu hemového železa na tvorbu karcinogénnych N-nitrózo zlúčenín a cytotoxických a genotoxických aldehydov prostredníctvom procesu peroxidácie lipidov. Preto aj tieto tvrdenia sú v prospech podpory konzumácie bieleho kuracieho mäsa na úkor konzumácie červeného mäsa (**Bastide et al., 2011**).

Zhu et al. (2014) preskúmali komplexný prehľad literatúry o výskyte rakoviny pažeráka a dospeli k záveru, že existuje reverzná korelácia medzi počtom jedál z kuracieho mäsa týždenne a rizikom rozvoja rakoviny pažeráka. Preukázalo sa tiež zníženie rizika vzniku rakoviny pažeráka v Európe v prípadoch zvýšenej konzumácie kuracieho mäsa o približne 53 %.

ZÁVER

Na základe vyššie uvedených informácií je možné konštatovať, že kuracie mäso je považované za chutný, cenovo dostupný a všeobecne prijateľný zdroj základných živín, vitamínov a minerálnych látok potrebných pre správne fungovanie organizmu človeka. Výsledky renomovaných štúdií nabádajú k zmene životného štýlu a stravovacích návykov ľudí, v rámci ktorých kuracie mäso s nízkym obsahom nasýtených tukov slúži ako zdravšia alternatíva príjmu živočíšnych bielkovín v ich potrave a preto ho vysoko odporúčajú ako súčasť zdravej výživy človeka. Závery viacerých autorov výskumu treba interpretovať ale opatrne, pretože nemožno s plnou istotou tvrdiť, že červené mäso spôsobuje rakovinu a biele mäso nie. Napriek tomu existuje množstvo dôkazov, že konzumácia bieleho mäsa je priaznivejšia ako konzumácia červeného mäsa.

Použitá literatúra

ABETE, Itziar, Dora ROMAGUERA, Ana Rita VIEIRA, Adolfo LOPEZ DE MUNAIN a Teresa NORAT. Association between total, processed, red and white meat consumption and all-cause, CVD and IHD mortality: a meta-analysis of cohort studies. *British Journal of Nutrition* [online]. 2014, 112(5), 762-775 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0007-1145. Dostupné z: doi:10.1017/S000711451400124X

ASTRUP, A, A RABEN a N GEIKER. The role of higher protein diets in weight control and obesity-related comorbidities. *International Journal of Obesity* [online]. 2015, 39(5), 721-726 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0307-0565. Dostupné z: doi:10.1038/ijo.2014.216

BARROETA, A.C. Nutritive value of poultry meat: relationship between vitamin E and PUFA. *World's Poultry Science Journal* [online]. 2007, 63(2), 277-284 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0043-9339. Dostupné z: doi:10.1017/S0043933907001468

BASTIDE, Nadia M., Fabrice H.F. PIERRE a Denis E. CORPET. Heme Iron from Meat and Risk of Colorectal Cancer: A Meta-analysis and a Review of the Mechanisms Involved. *Cancer Prevention Research* [online]. 2011, 4(2), 177-184 [cit. 2022-03-02]. ISSN 1940-6207. Dostupné z: doi:10.1158/1940-6207.CAPR-10-0113

BERNSTEIN, Adam M., Qi SUN, Frank B. HU, Meir J. STAMPFER, JoAnn E. MANSON a Walter C. WILLETT. Major Dietary Protein Sources and Risk of Coronary Heart Disease in Women. *Circulation* [online]. 2010, 122(9), 876-883 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0009-7322. Dostupné z: doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.915165

BRUCKERT, Eric, Julien LABREUCHE a Pierre AMARENCO. Meta-analysis of the effect of nicotinic acid alone or in combination on cardiovascular events and atherosclerosis. *Atherosclerosis* [online]. 2010, 210(2), 353-361 [cit. 2022-03-02]. ISSN 00219150. Dostupné z: doi:10.1016/j.atherosclerosis.2009.12.023

CAVANI, Claudio, Massimiliano PETRACCI, Angela TROCINO a Gerolamo XICCATO. Advances in research on poultry and rabbit meat quality. *Italian Journal of Animal Science* [online]. 2016, 8(sup2), 741-750 [cit. 2022-03-02]. ISSN 1828-051X. Dostupné z: doi:10.4081/ijas.2009.s2.741

ČECH, M., HAŠČÍK, P., PAVELKOVÁ, A., ČUBOŇ, J., BUČKO, O., TKÁČOVÁ, J., KAČÁNIOVÁ, M., BOBKO, M., IMRICH, I. & ŠÁR, K chemical composition of muscle after red grape pomace application in the nutrition of broiler chickens. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* [online]. 2021, 10(6) [cit. 2022-03-02]. ISSN 13385178. Dostupné z: doi:10.15414/jmbfs.3726

DUGGAL, Jasleen K., Mukesh SINGH, Navneet ATTRI, et al. Effect of Niacin Therapy on Cardiovascular Outcomes in Patients With Coronary Artery Disease. *Journal of Cardiovascular Pharmacology and Therapeutics* [online]. 2010, 15(2), 158-166 [cit. 2022-03-02]. ISSN 1074-2484. Dostupné z: doi:10.1177/1074248410361337

ESPOSITO, Katherine, Christina-Maria KASTORINI, Demosthenes B. PANAGIOTAKOS a Dario GIUGLIANO. Prevention of Type 2 Diabetes by Dietary Patterns: A Systematic Review of Prospective Studies and Meta-Analysis. *Metabolic Syndrome and Related Disorders* [online]. 2010, 8(6), 471-476 [cit. 2022-03-02]. ISSN 1540-4196. Dostupné z: doi:10.1089/met.2010.0009

FESKENS, Edith J. M., Diewertje SLUIK a Geertruida J. VAN WOUDEBERGH. Meat Consumption, Diabetes, and Its Complications. *Current Diabetes Reports* [online]. 2013, 13(2), 298-306 [cit. 2022-03-02]. ISSN 1534-4827. Dostupné z: doi:10.1007/s11892-013-0365-0

Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets [online]. FAO, 2021 [cit. 2022-02-23]. ISBN 978-92-5-134334-0. Dostupné z: doi:10.4060/cb4479en

GARG, Aakash, Abhishek SHARMA, Parasuram KRISHNAMOORTHY, et al. Role of Niacin in Current Clinical Practice: A Systematic Review. *The American Journal of Medicine* [online]. 2017, 130(2), 173-187 [cit. 2022-03-02]. ISSN 00029343. Dostupné z: doi:10.1016/j.amjmed.2016.07.038

GIVENS, Ian. Animal Nutrition and Lipids in Animal Products and Their Contribution to Human Intake and Health. *Nutrients* [online]. 2009, 1(1), 71-82 [cit. 2022-03-02]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu1010071

HAŠČÍK, P., ČECH, M., ČUBOŇ, J., BOBKO, M., ARPÁŠOVÁ, H., PAVELKOVÁ, A., KAČÁNIOVÁ, M., TKÁČOVÁ, J. a ČERYOVÁ, N. Effect of grape pomace supplementation on meat performance of broiler chicken ross 308. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* [online]. 2020, 10(1), 140-144 [cit. 2022-03-02]. ISSN 13385178. Dostupné z: doi:10.15414/jmbfs.2020.10.1.140-144

HEGYI J., SCHWARZ R.A. a HEGYI V.P. Dermatitis, dementia, and diarrhea. *International Journal of Dermatology*. 200443, 1-5 [cit. 2022-03-02]. ISSN:1365-4632. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-4632.2004.01959

JAMBOROVÁ, M. a REPKA, M. Hydina a vajcia. Situačná a výhľadová správa k 31.12.2020. NPPC-VÚEPP, 2021. Dostupné z: https://www.vuepp.sk/dokumenty/komodity/2021/Hydina_2021_08.pdf

KALAKUNTLA, Sridhar, Nalini K. NAGIREDDY, Arun K. PANDA, Narasimha JATOTH, Raghunandan THIRUNAHARI a Ravinder R. VANGOOR. Effect of dietary incorporation of n-3 polyunsaturated fatty acids rich oil sources on fatty acid profile, keeping quality and sensory attributes of broiler chicken meat. *Animal Nutrition* [online]. 2017, 3(4), 386-391 [cit. 2022-03-02]. ISSN 24056545. Dostupné z: doi:10.1016/j.aninu.2017.08.001

KEENE, D., C. PRICE, M. J. SHUN-SHIN a D. P. FRANCIS. Effect on cardiovascular risk of high density lipoprotein targeted drug treatments niacin, fibrates, and CETP inhibitors: meta-analysis of randomised controlled trials including 117 411 patients. *BMJ* [online]. 2014, 349(jul18 2), g4379-g4379 [cit. 2022-03-02]. ISSN 1756-1833. Dostupné z: doi:10.1136/bmj.g4379

KRALIK G, GRČEVIĆ M a GAJČEVIĆ-KRALIK Z. Animalni proizvodi kao funkcionalna hrana (Animal products as functional food). *Krmiva*. 2010a;52(1):3-13. Dostupné z: http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=86105 [cit. 2022-03-02]

KRALIK G., PETRAK T., GAJČEVIĆ Z. a HANŽEK D. Influence of vegetable oil on fatty acid profile of chicken meat. In: *Proceeding of 53rd International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST '07)*; 5-10 August 2007; Beijing, China. 2007. pp. 357-358 [cit. 2022-03-02].

KRALIK, Gordana, Milan SAK-BOSNAR, Zlata KRALIK a Olivera GALOVIĆ. Effects of β -Alanine Dietary Supplementation on Concentration of Carnosine and Quality of Broiler Muscle Tissue. *The Journal of Poultry Science* [online]. 2014, 51(2), 151-156 [cit. 2022-03-02]. ISSN 1346-7395. Dostupné z: doi:10.2141/jpsa.0130047

KRALIK, Gordana, Zlata GAJČEVIĆ, Pavel SUCHÝ, Eva STRAKOVÁ a Danica HANŽEK. Effects of Dietary Selenium Source and Storage on Internal Quality of Eggs. *Acta Veterinaria Brno* [online]. 2009, 78(2), 219-222 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0001-7213. Dostupné z: doi:10.2754/avb200978020219

LE BIHAN-DUVAL, E, N MILLET a H REMIGNON. Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. *Poultry Science* [online]. 1999, 78(6), 822-826 [cit. 2022-03-02]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.1093/ps/78.6.822

LE BIHAN-DUVAL, Elisabeth, Martine DEBUT, Cécile M BERRI, Nadine SELLIER, Véronique SANTÉ-LHOUELLIER, Yves JÉGO a Catherine BEAUMONT. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. *BMC Genetics* [online]. 2008, 9(1) [cit. 2022-03-02]. ISSN 1471-2156. Dostupné z: doi:10.1186/1471-2156-9-53

MARANGONI, Franca, Giovanni CORSELLO, Claudio CRICELLI, Nicola FERRARA, Andrea GHISELLI, Lucio LUCCHINI a Andrea POLI. Role of poultry meat in a balanced diet aimed at maintaining health and wellbeing: an Italian consensus document. *Food & Nutrition Research* [online]. 2017, 59(1) [cit. 2022-03-02]. ISSN 1654-6628. Dostupné z: doi:10.3402/fnr.v59.27606

PAN, An, Qi SUN, Adam M BERNSTEIN, Matthias B SCHULZE, JoAnn E MANSON, Walter C WILLETT a Frank B HU. Red meat consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2011, 94(4), 1088-1096 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.3945/ajcn.111.018978

PETRACCI, M., M. BIANCHI a C. CAVANI. Pre-slaughter handling and slaughtering factors influencing poultry product quality. *World's Poultry Science Journal* [online]. 2010, 66(1), 17-26 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0043-9339. Dostupné z: doi:10.1017/S0043933910000024

RAHIMI S., KAMRAN AZAD S. a KARIMI TORSHIZI M.A. Omega-3 enrichment of broiler meat by using two oil seeds. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2011;13:353-365. Available from: http://jast.modares.ac.ir/article_4706_8e68e56801f8bfd40a26663eead0246e.pdf [Accessed: 2017-11-22]

SALEHI, Maryam, Maziar MORADI-LAKEH, Mohhamad Hossein SALEHI, Marziyeh NOJOMI a Fariba KOLAHDOOZ. Meat, fish, and esophageal cancer risk: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Nutrition Reviews* [online]. 2013, 71(5), 257-267 [cit. 2022-03-02]. ISSN 00296643. Dostupné z: doi:10.1111/nure.12028

SAMS, AR. Meat quality during processing. *Poultry Science* [online]. 1999, 78(5), 798-803 [cit. 2022-03-02]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.1093/ps/78.5.798

SLUIK, Diewertje, Heiner BOEING, Kuanrong LI, et al. Lifestyle factors and mortality risk in individuals with diabetes mellitus: are the associations different from those in individuals without diabetes?. *Diabetologia* [online]. 2014, 57(1), 63-72 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0012-186X. Dostupné z: doi:10.1007/s00125-013-3074-y

SOLOMON, M.B., R.L.J.M. LAACK a J.S. EASTRIDGE. Biophysical basis of pale, soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle: A review. *Journal of Muscle Foods* [online]. 1998, 9(1), 1-11 [cit. 2022-03-02]. ISSN 1046-0756. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4573.1998.tb00639.x

Spotřeba potravin – 2020. Český statistický úřad, 2021 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin#>

TE MORENGA, Lisa a Jim MANN. The role of high-protein diets in body weight management and health. *British Journal of Nutrition* [online]. 2012, 108(S2), S130-S138 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0007-1145. Dostupné z: doi:10.1017/S0007114512002437

VALCESCHINI, E. Poultry Meat Trends and Consumer Attitudes. [Internet]. 2006. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228586389_Poultry_meat_trends_and_consumer_attitudes

WANG, Yan-Bo a Bao-Hua XU. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* [online]. 2008, 144(3-4), 306-314 [cit. 2022-03-02]. ISSN 03778401. Dostupné z: doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.10.012

YAN, L. a I.H. KIM. Effects of dietary ω -3 fatty acid-enriched microalgae supplementation on growth performance, blood profiles, meat quality, and fatty acid composition of meat in broilers. *Journal of Applied Animal Research* [online]. 2013, 41(4), 392-397 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0971-2119. Dostupné z: doi:10.1080/09712119.2013.787361

ZHU, Hong-Cheng, Xi YANG, Li-Ping XU, et al. Meat Consumption Is Associated with Esophageal Cancer Risk in a Meat- and Cancer-Histological-Type Dependent Manner. *Digestive Diseases and Sciences* [online]. 2014, 59(3), 664-673 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0163-2116. Dostupné z: doi:10.1007/s10620-013-2928-y

PodĎakovanie:

Práca bola vypracovaná s podporou projektu VEGA 1/0147/2019 a Dopytovo-orientovaného výskumu pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SI Food 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kontaktné údaje:

Matej Čech University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences Institute of Food Sciences, Department of Technology and Quality of Animal Products, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia, E-mail: xcech@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3260-2447>

Peter Haščik, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: peter.hascik@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3402-5658>

prof. Ing. Miroslava Kačániová, PhD., Ústav záhradníctva, Tulipánová 7, 949 76, Nitra, Slovensko, miroslava.kacaniova@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4460-0222>

Marek Bobko, University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences Institute of Food Sciences, Department of Technology and Quality of Animal Products, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: marek.bobko@uniag.sk ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4699-2087>

Juraj Čuboň, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: juraj.cubon@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1388-1527>

Peter Herc, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: peter.herc96@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2366-8324>

Lukáš Jurčaga, University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences Institute of Food Sciences, Department of Technology and Quality of Animal Products, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: xjurcaga@uniag.sk ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9693-4796>

Přijato: 3. 8. 2021

Recenzováno: 7. 3. 2022

Akceptováno: 31. 3. 2022

MEDZIPRODUKTY SPRACOVANIA CITRUSOVÝCH PLODOV AKO ANTIOXIDANT PRE MÄSOVÉ VÝROBKY – REVIEW

CITRUS PROCESSING BY-PRODUCTS AS ANTIOXIDANT FOR MEAT PRODUCTS – A REVIEW

Lukáš Jurčaga, Marek Bobko, Metej Čech, Peter Herc, Alica Bobková,
Alžbeta Demianová, Katarína Poláková

Abstrakt:

Cieľom práce bolo priblížiť využitie prírodných antioxidantov na potlačenie oxidácie lipidov v mäsových výrobkoch. Tieto oxidačné procesy sú hlavnou ne-mikrobiologickou príčinou znehodnocovania potravín živočíšneho pôvodu. V mäse sa tieto oxidačné zmeny začínajú už pri porážke zvierat a pokračujú počas celého technologického spracovania, až po samotnú konzumáciu danej potraviny. Obmedzenie procesov oxidácie sa dá dosiahnuť viacerými spôsobmi, ako napríklad vákuové balenie či prídavok antioxidantov. V súčasnej dobe je trend náhrady syntetických antioxidantov prírodnými alternatívami. Viacero autorov vo svojich prácach skúmali citrusové plody ako zdroj takýchto antioxidantov. Vo svojich prácach následne popisujú schopnosť inhibovať tvorbu malondialdehydu, ktorý je ukazovateľom stupňa oxidácie v mäsových výrobkoch. Citrusové ovocie teda ukazuje svoj vysoký potenciál v tomto odvetví, no pred zavedením do praxe je potrebné multidisciplinárne skúmanie takejto alternatívy.

Kľúčové slová: oxidácia, lipid, antioxidant, citrusové ovocie

Abstract:

The aim of presented article was to approach the use of natural antioxidants to suppress lipid oxidation in meat products. These oxidation processes are the main non-microbiological cause of animal origin food spoilage. In meat, these oxidative changes begin at the slaughter of the animals and continue throughout the technological processing, up to the actual consumption of the food. The reduction of oxidation processes can be achieved in several ways, such as vacuum packaging or the addition of antioxidants. At present, the trend is to replace synthetic antioxidants with natural alternatives. Several authors have studied citrus fruits as a source of such antioxidants. In their work authors describe the ability to inhibit the formation of malondialdehyde, which is an indicator of the degree of oxidation, in meat products. Citrus fruits shows its high potential in this sector, but a multidisciplinary study of such an alternative is needed before it can be put into practice.

Key words: oxidation, lipid, antioxidant, citrus fruits

ÚVOD

Lipidy sú zlúčeniny životne dôležité pre správnu výživu človeka. Okrem toho, že lipidy dodávajú energiu biologickým procesom v tele, obsahujú veľké množstvo látok, ako sú esenciálne mastné kyseliny alebo vitamíny rozpustné v tukoch, ktoré môže poskytnúť len strava. Okrem

toho sú lipidy zodpovedné za mnohé žiaduce vlastnosti mäsa a mäsových výrobkov – ovplyvňujú chuť a prispievajú k zlepšeniu jemnosti a šťavnatosti mäsa (**Purriños et al., 2011**). Avšak lipidy sú náchylné na degradáciu. Oxidácia lipidov je hlavnou nemikrobiálnou príčinou zhoršenia kvality mäsa a mäsových výrobkov (**Lorenzo et al., 2012**). Degradácia začína odporazením zvieratá a pokračuje postupne, až po konzumáciu konečný produkt. Preto musia byť všetky medziprocesy (manipulácia, spracovanie a skladovanie) starostlivo kontrolované, aby sa predišlo týmto reakciám a minimalizovali sa ekonomické straty mäsového priemyslu (**Králová, 2015; Chaijan et al., 2017**). Ve skutočnosti je hlavným cieľom priemyslu a výskumníkov pochopiť mechanizmy oxidácie lipidov a identifikovať najefektívnejšie metódy kontroly tohto procesu (**Domínguez et al., 2018**).

Oxidácia lipidov je veľmi zložitý proces, ktorý zahŕňa viaceru navzájom sa ovplyvňujúcich mechanizmov. Jednoducho povedané, nenasýtené masné kyseliny reagujú s molekulárnym kyslíkom prostredníctvom voľného radikálového mechanizmu. Výsledkom tejto reakcie sú hydroperoxydy, ktoré sa považujú za prvé oxidačné produkty. Na rozdiel od iných produktov odvodených od lipidov sú hydroperoxydy bez zápachu a neprispievajú k žiadnej aróme. Tieto zlúčeniny sú však vysoko nestabilné, takže sa rýchlo rozkladajú, čo vedie k veľkému počtu sekundárnych zlúčenín, ktoré zahŕňajú uhľovodíky, aldehydy, ketóny, alkoholy, estery a kyseliny. Tie spôsobujú výskyt nepríjemných chuťových a aromatických látok v mäso. Nie všetky tieto zlúčeniny sú však rovnako dôležité pri ovplyvňovaní celkovej arómy. Dôležitosť každej zlúčeniny vo výslednej aróme závisí od koncentrácie (**Rivas-Cañedo et al., 2009; Domínguez et al., 2019**).

Oxidačné reakcie nielenže znižujú nutričnú hodnotu mäsa v dôsledku straty esenciálnych masných kyselín a vitamínov. Vo všeobecnosti má prvá pozorovaná zmena za následok postupné znižovanie sensorickej kvality. Patria sem zmeny farby, textúry a vzhľadu stuchnutého zápachu a chuti, ktoré ovplyvňujú akceptáciu spotrebiteľmi (**Purriños et al., 2011**). Okrem toho sa počas oxidácie lipidov vytvárajú viaceré toxické zlúčeniny. Viacerí autori dospeli k záveru, že jedným z najdôležitejších problémov oxidácie lipidov je vytváranie škodlivých zlúčenín, ktoré sa podieľajú na niekoľkých ľudských patológiách, vrátane aterosklerózy, rakoviny, zápalu a procesov starnutia, medzi inými (**Broncano et al., 2009; Alfaia et al., 2010; Pereira et al., 2018**). V tejto súvislosti štúdia dospela k záveru, že lipidové hydroperoxydy prispievajú k bunkovej cytotoxicite a že nízke koncentrácie hydroperoxidov by mali toxické účinky na bunky (**Angeli et al., 2011**). Produkty oxidácie cholesterolu sú tiež nebezpečnejšie pre arteriálne bunky ako cholesterol a súvisia s koronárnymi ochoreniami, mutagénnou aktivitou a aterosklerózou (**Broncano et al., 2009**). Nedávny výskum zistil, že aldehydy a oxysteroly pochádzajúce z oxidácie lipidov majú prozápalové, cytotoxické a mutagénne účinky (**Sottero et al., 2019**).

V posledných rokoch sa o to rozvinul veľký záujem prirodzene sa vyskytujúce rastlinné antioxidanty kvôli nepriaznivej pozornosti prijímané syntetickými antioxidantmi a tiež kvôli celosvetovému trendu odstrániť alebo minimalizovať používanie umelých (syntetických) prídavných látok v potravinách. V posledných rokoch sa zvýšil aj výskum prírodných antioxidantov. Tieto antioxidanty možno nájsť v ktorejkoľvek časti rastlín, ako sú zrná, ovocie, orechy, semená, listy, korene, klinčeky, alebo stonky. Väčšinu prírodných antioxidantov tvoria fenolové zlúčeniny, najdôležitejšie sú tokoferoly, flavonoidy, a fenolové kyseliny. Všetky sú vo všeobecnosti spoločné pre všetky rastlinné zdroje. Pridávajú sa do širokej škály potravín, aby sa im zabránilo alebo spomalilo oxidáciu lipidov (**Kumar et al., 2015**).

Aby sa zabránilo oxidáciám lipidov, do rôznych mäsových výrobkov sa pridávajú antioxidanty oxidáciu lipidov, spomaľuje vývoj nepríjemných chutí a zlepšuje farebná stálosť. V potravinárskom priemysle ich možno rozdeliť na prírodné a syntetické antioxidanty. BHA (butylovaný hydroxyanizol), BHT (butylovaný hydroxytoluén), PG (propylgalát) a TBHQ (terc-

butylhydrochinón) sú príkladmi syntetických antioxidantov; kým sa získajú zložky z prírodných zdrojov, ktoré vykazujú antioxidačný potenciál v potravinách modelového systému sú považované za prírodné antioxidanty. Tieto antioxidanty hrajú veľmi dôležitú úlohu v potravinárskom priemysle. Všetky syntetické antioxidanty boli identifikované ako toxikologické a karcinogénne látky v niektorých štúdiách (**Abraham et al., 1986; Ahmad et al., 1995; Sarafian et al., 2002; Faine et al., 2006**). Potravinársky priemysel teda v súčasnosti uprednostňuje prírodné produkty pred syntetickými. V dôsledku toho trh s potravinami vyžaduje prírodné antioxidanty, bez syntetických prísad a stále zamerané na zníženie oxidačných procesov v mäse s vysokým obsahom tuku a mäsové výrobky.

Dobrou alternatívou ku konvenčne používaným antioxidantom sú antioxidanty z prírodných zdrojov. To najmä kvôli vysokému obsahu fenolov a ďalších účinných látok, ktoré môžu účinne zabrániť iniciácii alebo šíreniu oxidačných reakcií lipidov. Antioxidačná aktivita extraktu z hroznových jadriek (**Ahn et al., 2002, 2007; Brannan, 2008**), vedľajšie produkty z granátového jablka (**Shan et al., 2009; Qin et al., 2013**), rozmarín (**Mielnik et al., 2003; Nissen et al., 2004; Sebranek et al., 2005**), oregano (**Rojas a Brewer 2007, 2008**) a rôzne iné korenie (**Lee a Shibamoto, 2002; Murcia et al., 2004; Du a Li, 2008**) v mäsových a hydinových výrobkoch bola dobre preukázaná. Ukázalo sa, že niektoré z týchto antioxidantov sú silnejšie antioxidačné vlastnosti ako syntetické BHA/BHT. Rôzne prírodné Ukázalo sa tiež, že antioxidanty pôsobia pozitívne alebo negatívne vplyv na farbu a senzorické vlastnosti mäsových výrobkov (**Kumar et al., 2015**).

Potravinársky priemysel produkuje veľké množstvo vedľajších produktov, ktoré sa ťažko likvidujú, pretože majú vysokú biologickú spotrebu kyslíka. Odpady rastlinných materiálov z týchto priemyselných odvetví často obsahujú vysoké hladiny fenolových zlúčenín, ktoré môžu mať nepriaznivý vplyv na životné prostredie. Naopak, pozitívne účinky fenolových zlúčenín na ľudské zdravie zahŕňajú inhibíciu oxidácie proteínov s nízkou hustotou, čím sa znižuje riziko srdcových chorôb (**Meyer, 1997**). Boli tiež opísané protizápalové a antikarcinogénne vlastnosti polyfenolových zlúčenín (Maeda-Yamamoto et al., 1999) ako aj antioxidačná aktivita fenolových zlúčeniny (**Shahidi, 1997**).

V roku 2019 bola ročná produkcia citrusových plodov približne 143,48 milióna ton, pričom hlavnou krajinou produkujúcou citrusy bola Čína (38,19 milióna ton), nasledovaná Brazíliou (19,65 milióna ton), Indiou (12,99 milióna ton), Mexikom (8,41 milióna ton), USA (7,25 milióna ton) a Španielsko (6,00 milióna ton) (**Nieto et al., 2021**). Spomedzi citrusových plodov tvorí produkcia pomarančov približne 54,84 % celkovej svetovej produkcie, po ktorej nasleduje mandarínka s 24,70 %; napokon zvyšných 20,44 % zodpovedá súčtu citrónu a limetky (13,97 %) a grapefruitu (6,47 %). Vysoká produkcia citrusových plodov je motivovaná vysoko oceňovanými senzorickými vlastnosťami (vôňa, chuť a chuť) týchto plodov, ako aj nutričnou kvalitou spojenou s konzumáciou čerstvých plodov (**Lv et al., 2015**).

Citrusové plody sú významným zdrojom bioaktívnych zlúčenín (flavonoidov a vitamínu C). Hlavné flavonoidy nachádzajúce sa v citrusových druhoch sú hesperidín, narirutín, naringín a eriocitrín (**Schieber et al., 2001**). Kyselina askorbová, dobre známy prírodný antioxidant, spolu s prírodnými flavonoidmi tiež priťahujú čoraz väčšiu pozornosť nielen vďaka svojim antioxidačným vlastnostiam, ale aj ako antikarcinogénne a protizápalové látky kvôli svojim antiperoxidačným účinkom na lipidy (**Martín et al., 2002**).

Organické polyfenolové zlúčeniny, flavonoidy a neflavonoidné fenolové zlúčeniny predstavujú jednu z najpočetnejších a najkomplexnejších skupín sekundárnych rastlinných metabolitov (**Pereira-Netto, 2018**). Tieto molekuly sú jednou z najrozšírenejších skupín látok v rastlinnej ríši a delia sa podľa počtu fenolových kruhov, ktoré majú, a štruktúrnych prvkov prítomných v týchto kruhoch (**Latos-Brozio a Masek, 2019**). Zahŕňajú širokú škálu zlúčenín rozdelených do štyroch odlišných tried: (I) fenolové kyseliny vrátane kyselín hydroxybenzoových a

hydroxyškoricových, (II) flavonoidy, ako sú flavóny, flavonoly, flavanóny, flavanonoly, flavanoly alebo katechíny, antokyány a chalkóny, (III) stilbény a (IV) lignany (Panche et al., 2016). Citrusové plody sú tiež veľmi významným zdrojom tohto typu biomolekúl vo všetkých ich formách a typoch (**Scordino a Sabatino, 2014**). Zo všetkých flavonoidov nachádzajúcich sa v týchto plodoch sú vo veľkom množstve flavanóny (narirutín, hesperidín, naringín a neohesperidín), flavóny (luteolín, apigenín, diosmín), flavonoly (rutín, kvercetin, kaempferol) a antokyány (**Panwar et al., 2019**). Je dôležité poznamenať, že fenolové zlúčeniny existujú nielen v požívateľných častiach citrusových plodov, ale aj v nejedlých frakciách (najmä citrusových šupkách) s viacerými biologickými funkciami (**Singh et al., 2020**).

Vedľajšie produkty získané pri výrobe šťavy z citrusového ovocia sa skladajú z dvoch frakcií, kôra a dužina (semená a zvyšky membrán). Tieto frakcie sú skvelým zdrojom niekoľkých bioaktívnych zlúčenín vrátane vlákniny (pektín, celulóza, hemicelulóza, lignín), minerálov (draslík, vápnik, horčík, selén), organických kyselín (kyselina citrónová, šťaveľová a jablčná), vitamínov (vitamín C, tiamín, riboflavín a niacín), fenolové kyseliny (chlorogénová, ferulová a sinapová), flavonoidy (hesperidín, narirutín, didymín, hesperetin, diosmín), terpény (limonén), karotenoidy (luteín, β -karotén), zeaxantín atď (**Mahato et al., 2018; Gómez-Mejía et al., 2019; Multari et al., 2020**).

Tieto bioaktívne zlúčeniny preukázali niekoľko zdraviu prospešných účinkov, ako sú antioxidačné, antimikrobiálne, protizápalové, antihypertenzívne, neuroprotektívne, antimutagénne a antialergické vlastnosti (**Kuo et al., 2017; Ferreira et al., 2018**). Vo farmaceutickom, kozmetickom a potravinárskom priemysle sa teda zvyšuje záujem o používanie vedľajších produktov z priemyslu spracujúceho citrusové plody pri vývoji mnohých produktov. Mäsový priemysel pozná požiadavky spotrebiteľov na zdravšie mäso a mäsové výrobky so zníženým obsahom tuku a cholesterolu, zníženým obsahom chloridu sodného a dusitanov, zlepšeným zložením profilu mastných kyselín a začlenenými zdraviu prospešnými látkami. zložky (**Lucas-González et al., 2020**).

Na vývoj zdravších mäsových výrobkov sa môžu použiť citrusové vedľajšie produkty na obohatenie obsahu vlákniny alebo ako náhrada tuku. V tomto smere autori **Soncu et al., (2015)** navrhli štúdiu na analýzu vplyvu prídania citrónovej vlákniny (2, 4 a 6 %) na obsah cholesterolu v nízkotučných hovädzích hamburgeroch. Títo autori zistili, že prídanie citrónovej vlákniny znižuje obsah nasýtených mastných kyselín a znižuje obsah cholesterolu v závislosti od koncentrácie. Podobne **Song et al. (2016)** skúmali nízkotučné frankfurtské párky s rôznymi koncentraciami citrusovej vlákniny (1, 2 a 3 %). Títo autori uviedli, že vzorky párkov s prídavkom citrusovej vlákniny mali nižší obsah nasýtených mastných kyselín a zlepšenú schopnosť viazať vodu.

Čo sa týka zabráneniu oxidácie lipidov, autori **Sayari et al. (2015)** uskutočnili štúdiu na stanovenie oxidačnej stability lipidov v klobáse z morčacieho mäsa obohatenej extraktmi z grapefruitových šupiek počas skladovania 14 dní pri teplote 4 °C. Autori uviedli, že už na začiatku boli hodnoty TBA pre všetky vzorky s pridaným extraktom z grapefruitovej šupky nižšie ako hodnoty pri kontrolných vzorkách. Na konci štúdie (14. deň) sa u pridaných vzoriek dosiahlo zníženie oxidácie lipidov o 73,45 % vo vzorkách s prídavkom extraktu zo šupiek oproti kontrolnej vzorke.

Mahmoud et al. (2017) hodnotili oxidačnú stabilitu lipidov hovädzieho mletého mäsa pripraveného s rôznymi koncentraciami (2,5, 5,0, 7,5 a 10,0 %) pomarančovej kôry v práškovej forme. Autori uviedli, že oxidácia lipidov bola úspešne blokována prídavkom pomarančovej kôry v porovnaní s kontrolnou vzorkou. Najnižšia hodnota TBA bola teda dosiahnutá vo vzorkách s 10 % - prídavkom (0,163 mg MDA.kg⁻¹ vzorky), zatiaľ čo v kontrolnej vzorke boli dosiahnuté hodnoty TBA 0,303 mg MDA.kg⁻¹ vzorky. Ide teda o inhibíciu tvorby MDA v ošetrovaných vzorkách na úrovni 46,3 %.

Ibrahim et al. (2018) rovnako skúmali účinnosť prídania prášku z pomarančovej alebo citrónovej kôry (v koncentrácií 1 a 2 %) na stabilitu lipidov faširok z hovädzieho mäsa počas skladovania pri teplote 4 °C počas 15 dní. Autori uviedli, že na konci skladovacieho obdobia mali kontrolné vzorky (bez antioxidantu) hodnoty TBA 1,73 mg MDA.kg⁻¹ vzorky, zatiaľ čo karbonátky s 2% prídavkom prášku z pomarančovej a citrónovej kôry vykazovali hodnoty TBA 0,92, respektíve 0,91 mg MDA.kg⁻¹ vzorky.

Klangpetch et al. (2016) analyzovali účinok prídavku šupiek citrónu trnitého (*Citrus hystrix* DC.) pri koncentrácií 0,1, 0,5 a 1 % na skladovateľnosť surových kuracích stehien a krídel skladovaných pri 4 °C počas 14 dní. Títo autori uviedli, že na konci obdobia skladovania sa hodnoty oxidácie lipidov výrazne zvýšili v kontrolných vzorkách (2,5 mg MDA.kg⁻¹ vzorky), na rozdiel vo vzorkách ošetrovaných šupkami citrónu trnitého sa pri všetkých koncentráciách dosiahli nižšie hodnoty (v rozmedzí 1,5 až 1,8 mg MDA.kg⁻¹ vzorky).

ZÁVER

Odpad pri spracovaní citrusových plodov poskytuje bohatý zdroj prírodných antioxidantov so silným účinkom aj v potravinách. Ako vhodné sa ukázali najmä šupky, ktoré obsahujú najvyšší obsah fenolických zlúčenín spomedzi všetkých citrusových vedľajších produktov. Rovnako po sušení a rozomletí, tento jemný prach je vhodný na zapracovanie do mäsového diela a výsledného produktu. Viacerí autori vo svojich pokusoch úspešne aplikovali ich prídavok aj do mäsových výrobkov. Navyše sa ukazuje, že prídanie šupiek citrusových plodov nielenže znižuje produkciu MDA v potravinách ale aj upravuje profil mastných kyselín znižovaním pomeru nenasýtených mastných kyselín. Rovnako boli pozorované zlepšenie technologických vlastností ako je viazanie vody. Použitie vedľajších produktov po spracovaní citrusových plodov do mäsových výrobkov má veľký potenciál. Tento proces však zahŕňa interdisciplinárny výskum z rôznych oblastí vrátane chémie potravín, technológie potravín, biotechnológie či toxikológie.

Použitá literatúra

- ABRAHAM, R., K.F. BENITZ, G. PATIL a R. LYON. Rapid induction of forestomach tumors in partially hepatectomized wistar rats given butylated hydroxyanisole. *Experimental and Molecular Pathology* [online]. 1986, **44**(1), 14-20 [cit. 2022-02-17]. ISSN 00144800. Dostupné z: doi:10.1016/0014-4800(86)90029-8
- AHMAD, I., K. KRISHNAMURTHI, J.M. ARIF, M. ASHQUIN, N. MAHMOOD, M. ATHAR a Q. RAHMAN. Augmentation of chrysotile-induced oxidative stress by BHA in mice lungs. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 1995, **33**(3), 209-215 [cit. 2022-02-17]. ISSN 02786915. Dostupné z: doi:10.1016/0278-6915(94)00137-D
- AHN, J., I.U. GRUN a L.N. FERNANDO. Antioxidant Properties of Natural Plant Extracts Containing Polyphenolic Compounds in Cooked Ground Beef. *Journal of Food Science* [online]. 2002, **67**(4), 1364-1369 [cit. 2022-02-17]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.2002.tb10290.x
- ALFAIA, Cristina M.M., Susana P. ALVES, Anabela F. LOPES, et al. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Science* [online]. 2010, **84**(4), 769-777 [cit. 2022-02-18]. ISSN 03091740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2009.11.014
- ANGELI, José Pedro F., Camila Carrião M. GARCIA, Fernanda SENA, Florencio P. FREITAS, Sayuri MIYAMOTO, Marisa Helena G. MEDEIROS a Paolo DI MASCIO. Lipid hydroperoxide-induced and hemoglobin-enhanced oxidative damage to colon cancer cells. *Free Radical Biology and*

Medicine [online]. 2011, **51**(2), 503-515 [cit. 2022-02-18]. ISSN 08915849. Dostupné z: doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2011.04.015

BRANNAN, R.G. Effect of Grape Seed Extract on Physicochemical Properties of Ground, Salted, Chicken Thigh Meat during Refrigerated Storage at Different Relative Humidity Levels. *Journal of Food Science* [online]. 2008, **73**(1), C36-C40 [cit. 2022-02-17]. ISSN 00221147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00588.x

BRONCANO, J.M., M.J. PETRÓN, V. PARRA a M.L. TIMÓN. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in Latissimus dorsi muscle of Iberian pigs. *Meat Science* [online]. 2009, **83**(3), 431-437 [cit. 2022-02-18]. ISSN 03091740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2009.06.021

DOMÍNGUEZ, Rubén, Francisco J. BARBA, Belén GÓMEZ, Predrag PUTNIK, Danijela BURSAĆ KOVAČEVIĆ, Mirian PATEIRO, Eva M. SANTOS a Jose M. LORENZO. Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. *Food Research International* [online]. 2018, **113**, 93-101 [cit. 2022-02-18]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodres.2018.06.073

DOMÍNGUEZ, Rubén, Laura PURRIÑOS, Cristina PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, Mirian PATEIRO, Francisco J. BARBA, Igor TOMASEVIC, Paulo Cesar Bastianello CAMPAGNOL a José M. LORENZO. Characterization of Volatile Compounds of Dry-Cured Meat Products Using HS-SPME-GC/MS Technique. *Food Analytical Methods* [online]. 2019, **12**(6), 1263-1284 [cit. 2022-02-17]. ISSN 1936-9751. Dostupné z: doi:10.1007/s12161-01901491x

PURRIÑOS, Laura, Roberto BERMÚDEZ, Daniel FRANCO, Javier CARBALLO a José M. LORENZO. Development of Volatile Compounds during the Manufacture of Dry-Cured "Lacón," a Spanish Traditional Meat Product. *Journal of Food Science* [online]. 2011, **76**(1), C89-C97 [cit. 2022-02-17]. ISSN 00221147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01955.x

DU, Hongxia a Hongjun LI. Antioxidant effect of Cassia essential oil on deep-fried beef during the frying process. *Meat Science* [online]. 2008, **78**(4), 461-468 [cit. 2022-02-17]. ISSN 03091740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2007.07.015

FAINE, L.A., H.G. RODRIGUES, C.M. GALHARDI, G.M.X. EBAID, Y.S. DINIZ, A.A.H. FERNANDES a E.L.B. NOVELLI. Butyl hydroxytoluene (BHT)-induced oxidative stress: Effects on serum lipids and cardiac energy metabolism in rats. *Experimental and Toxicologic Pathology* [online]. 2006, **57**(3), 221-226 [cit. 2022-02-17]. ISSN 09402993. Dostupné z: doi: 10.1016/j.etp.2005.10.001

FERREIRA, Sandrine S., Amélia M. SILVA a Fernando M. NUNES. Citrus reticulata Blanco peels as a source of antioxidant and anti-proliferative phenolic compounds. *Industrial Crops and Products* [online]. 2018, **111**, 141-148 [cit. 2022-02-18]. ISSN 09266690. Dostupné z: doi: 10.1016/j.indcrop.2017.10.009

GÓMEZ-MEJÍA, Esther, Noelia ROSALES-CONRADO, María Eugenia LEÓN-GONZÁLEZ a Yolanda MADRID. Citrus peels waste as a source of value-added compounds: Extraction and quantification of bioactive polyphenols. *Food Chemistry* [online]. 2019, **295**, 289-299 [cit. 2022-02-18]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodchem.2019.05.136

MULTARI, Salvatore, Concetta LICCIARDELLO, Marco CARUSO a Stefan MARTENS. Monitoring the changes in phenolic compounds and carotenoids occurring during fruit development in the tissues of four citrus fruits. *Food Research International* [online]. 2020, **134** [cit. 2022-02-18]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodres.2020.109228

CHAIJAN, Manat a Worawan PANPIPAT. Mechanism of Oxidation in Foods of Animal Origin. BANERJEE, Rituparna, Arun VERMA a Mohammed SIDDIQUI, ed. *Natural Antioxidants* [online]. Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742: CRC Press, 2016, 2016-10-30, s. 1-37 [cit. 2022-02-18]. ISBN 978-1-77188-459-4. Dostupné z: doi:10.1201/9781315365916-2

IBRAHIM, Hayam, Ibrahim M. HASSAN a Ahmed A.M. HAMED. Application of Lemon and Orange Peels in Meat Products: Quality and Safety. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* [online]. 2018, **7**(04), 2703-2723 [cit. 2022-02-18]. ISSN 23197692. Dostupné z: doi:10.20546/ijcmas.2018.704.309

KLANGPETCH, W, K PHROMSURIN, K HANNARONG, Jetsada WICHAPHON a Saowaluk RUNGCHANG. Antibacterial and antioxidant effects of tropical citrus peel extracts to improve the shelf life of raw chicken drumettes. *International food research journal*. 2016, **23**(2), 700-707.

KRÁLOVÁ, M. Vliv oxidace lipidů na kvalitu masa a masných výrobků. In *Maso*. 2015, **6**, 33-36. ISSN 1210-4086.

KUO, Ping-Chung, Yu-Ren LIAO, Hsin-Yi HUNG, et al. Anti-Inflammatory and Neuroprotective Constituents from the Peels of Citrus grandis. *Molecules* [online]. 2017, **22**(6) [cit. 2022-02-18]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules22060967

LEE, Kwang-Geun a Takayuki SHIBAMOTO. Determination of Antioxidant Potential of Volatile Extracts Isolated from Various Herbs and Spices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2002, **50**(17), 4947-4952 [cit. 2022-02-17]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf0255681

LORENZO, José M. a María GÓMEZ. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Science* [online]. 2012, **92**(4), 610-618 [cit. 2022-02-17]. ISSN 03091740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2012.06.008

LUCAS-GONZÁLEZ, Raquel, Alba ROLDÁN-VERDU, Estrella SAYAS-BARBERÁ, Juana FERNÁNDEZ-LÓPEZ, José A PÉREZ-ÁLVAREZ a Manuel VIUDA-MARTOS. Assessment of emulsion gels formulated with chestnut (*Castanea sativa* M.) flour and chia (*Salvia hispanica* L) oil as partial fat replacers in pork burger formulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2019, **100**(3), 1265-1273 [cit. 2022-02-18]. ISSN 0022-5142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.10138

LV, Xinmiao, Siyu ZHAO, Zhangchi NING, et al. Citrus fruits as a treasure trove of active natural metabolites that potentially provide benefits for human health. *Chemistry Central Journal* [online]. 2015, **9**(1) [cit. 2022-02-18]. ISSN 1752153X. Dostupné z: doi:10.1186/s13065-015-0145-9

MAEDA-YAMAMOTO, Mari, Hiroharu KAWAHARA, Nobufumi TAHARA, Kenkou TSUJI, Yukihiko HARA a Mamoru ISEMURA. Effects of Tea Polyphenols on the Invasion and Matrix Metalloproteinases Activities of Human Fibrosarcoma HT1080 Cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 1999, **47**(6), 2350-2354 [cit. 2022-02-18]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf9811525

MAHATO, Neelima, Kavita SHARMA, Mukty SINHA a Moo Hwan CHO. Citrus waste derived nutra-/pharmaceuticals for health benefits: Current trends and future perspectives. *Journal of Functional Foods* [online]. 2018, **40**, 307-316 [cit. 2022-02-18]. ISSN 17564646. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jff.2017.11.015

MAHMOUD, Marwa Hanafy, Azza Anwar ABOU-ARAB a Ferial Mohamed ABU-SALEM. Quality Characteristics of Beef Burger as Influenced by Different Levels of Orange Peel Powder. *American Journal of Food Technology* [online]. 2017, **12**(4), 262-270 [cit. 2022-02-18]. ISSN 15574571. Dostupné z: doi:10.3923/ajft.2017.262.270.

MARÍN, F.R., M.J. FRUTOS, J.A. PÉREZ-ÁLVAREZ, F MARTINEZ-SÁNCHEZ a J.A. DEL RÍO. Flavonoids as nutraceuticals: Structural related antioxidant properties and their role on ascorbic acid preservation. *Bioactive Natural Products* [online]. Elsevier, 2002, 2002, s. 741-778 [cit. 2022-02-18]. Studies in Natural Products Chemistry. ISBN 9780444510044. Dostupné z: doi:10.1016/S1572-5995(02)80018-7

MIELNIK, Maria B., Kjersti AABY a Grete SKREDE. Commercial antioxidants control lipid oxidation in mechanically deboned turkey meat. *Meat Science* [online]. 2003, **65**(3), 1147-1155 [cit. 2022-02-17]. ISSN 03091740. Dostupné z: doi:10.1016/S0309-1740(02)00345-5

MURCIA, M. Antonia, Isabel EGEA, Felix ROMOJARO, Pilar PARRAS, Antonia M. JIMÉNEZ a Magdalena MARTÍNEZ-TOMÉ. Antioxidant Evaluation in Dessert Spices Compared with Common Food Additives. Influence of Irradiation Procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2004, **52**(7), 1872-1881 [cit. 2022-02-17]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf0303114

NISSEN, Lise R, Derek V BYRNE, Grete BERTELSEN a Leif H SKIBSTED. The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. *Meat Science* [online]. 2004, **68**(3), 485-495 [cit. 2022-02-17]. ISSN 03091740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2004.05.004

PANCHE, A. N., A. D. DIWAN a S. R. CHANDRA. Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science* [online]. 2016, **5** [cit. 2022-02-18]. ISSN 2048-6790. Dostupné z: doi:10.1017/jns.2016.41

PANWAR, Divyani, Parmjit S. PANESAR a Harish K. CHOPRA. Recent Trends on the Valorization Strategies for the Management of Citrus By-products. *Food Reviews International* [online]. 2021, **37**(1), 91-120 [cit. 2022-02-18]. ISSN 8755-9129. Dostupné z: doi:10.1080/87559129.2019.1695834

PEREIRA, Ana a Virgínia KELLY G. ABREU. Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products. AHMED MANSOUR, Mahmoud, ed. *Lipid Peroxidation Research* [online]. IntechOpen, 2020, 2020-1-22 [cit. 2022-02-18]. ISBN 978-1-83968-547-7. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.81533

PEREIRA-NETTO, Aducto B. Tropical Fruits as Natural, Exceptionally Rich, Sources of Bioactive Compounds. *International Journal of Fruit Science* [online]. 2017, **18**(3), 231-242 [cit. 2022-02-18]. ISSN 1553-8362. Dostupné z: doi:10.1080/15538362.2018.1444532

LATOS-BROZIO, Malgorzata a Anna MASEK. Structure-Activity Relationships Analysis of Monomeric and Polymeric Polyphenols (Quercetin, Rutin and Catechin) Obtained by Various Polymerization Methods. *Chemistry & Biodiversity* [online]. 2019, **16**(12) [cit. 2022-02-18]. ISSN 1612-1872. Dostupné z: doi:10.1002/cbdv.201900426

QIN, Yu-Yue, Zhi-Hong ZHANG, Lin LI, Wei XIONG, Jin-Yu SHI, Tian-Rui ZHAO a Jian FAN. Antioxidant effect of pomegranate rind powder extract, pomegranate juice, and pomegranate seed powder extract as antioxidants in raw ground pork meat. *Food Science and Biotechnology* [online]. 2013, **22**(4), 1063-1069 [cit. 2022-02-17]. ISSN 1226-7708. Dostupné z: doi:10.1007/s10068-013-0184-8

RIVAS-CAÑEDO, Ana, Manuel NUÑEZ a Estrella FERNÁNDEZ-GARCÍA. Volatile compounds in Spanish dry-fermented sausage 'salchichón' subjected to high pressure processing. Effect of the packaging material. *Meat Science* [online]. 2009, **83**(4), 620-626 [cit. 2022-02-17]. ISSN 03091740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2009.07.011

ROJAS, M.C. a M.S BREWER. Effect of Natural Antioxidants on Oxidative Stability of Cooked, Refrigerated Beef and Pork. *Journal of Food Science* [online]. 2007, **72**(4), S282-S288 [cit. 2022-02-17]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00335.x

SARAFIAN, T. Synergistic cytotoxicity of Δ^9 -tetrahydrocannabinol and butylated hydroxyanisole. *Toxicology Letters* [online]. **133**(2-3), 171-179 [cit. 2022-02-17]. ISSN 03784274. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-4274(02)00134-0

SAYARI, Nadhem, Assaâd SILA, Rafik BALTI, Emna ABID, Kamel HAJLAOUI, Moncef NASRI a Ali BOUGATEF. Antioxidant and antibacterial properties of Citrus paradisi barks extracts during turkey sausage formulation and storage. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* [online].

- 2015, **4**(4), 616-623 [cit. 2022-02-18]. ISSN 18788181. Dostupné z: doi: 10.1016/j.bcab.2015.10.004
- SCORDINO, Monica a Leonardo SABATINO. Characterization of Polyphenolic Profile of Citrus Fruit by HPLC/PDA/ESI/MS-MS. *Polyphenols in Plants* [online]. Elsevier, 2014, 2014, s. 187-199 [cit. 2022-02-18]. ISBN 9780123979346. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-397934-6.00009-7
- SEBRANEK, J.G., V.J.H. SEWALT, K.L. ROBBINS a T.A. HOUSER. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. *Meat Science* [online]. 2005, **69**(2), 289-296 [cit. 2022-02-17]. ISSN 03091740. Dostupné z: doi: 10.1016/j.meatsci.2004.07.010
- SHAHIDI, Fereidoon. *Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications*. Champaign, Ill.: AOCS Press, 1997. ISBN 0-935315-77-2.
- SHAN, Bin, Yi-Zhong CAI, John D BROOKS a Harold CORKE. Antibacterial and antioxidant effects of five spice and herb extracts as natural preservatives of raw pork. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2009, **89**(11), 1879-1885 [cit. 2022-02-17]. ISSN 00225142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.3667
- SCHIEBER, A, F.C STINTZING a R CARLE. By-products of plant food processing as a source of functional compounds — recent developments. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2001, **12**(11), 401-413 [cit. 2022-02-18]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/S0924-2244(02)00012-2
- SONCU, Eda Demirok, Nuray KOLSARICI, Neslihan CICEK, Gorsen Salman OZTURK, Ilker T. AKOGLU a Yeliz kasko ARICI. The Comparative Effect of Carrot and Lemon Fiber as a Fat Replacer on Physico-chemical, Textural, and Organoleptic Quality of Low-fat Beef Hamburger. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* [online]. 2015, **35**(3), 370-381 [cit. 2022-02-18]. ISSN 1225-8563. Dostupné z: doi:10.5851/kosfa.2015.35.3.370
- SONG, Junhong, Teng PAN, Jianping WU a Fazheng REN. The improvement effect and mechanism of citrus fiber on the water-binding ability of low-fat frankfurters. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2016, **53**(12), 4197-4204 [cit. 2022-02-18]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-016-2407-5
- SOTTERO, Barbara, Gabriella LEONARDUZZI, Gabriella TESTA, Simona GARGIULO, Giuseppe POLI a Fiorella BIASI. Lipid Oxidation Derived Aldehydes and Oxysterols Between Health and Disease. *European Journal of Lipid Science and Technology* [online]. 2019, **121**(1) [cit. 2022-02-18]. ISSN 1438-7697. Dostupné z: doi:10.1002/ejlt.201700047
- MEYER, Anne S., Ock-Sook YI, Debra A. PEARSON, Andrew L. WATERHOUSE a Edwin N. FRANKEL. Inhibition of Human Low-Density Lipoprotein Oxidation in Relation to Composition of Phenolic Antioxidants in Grapes (*Vitis vinifera*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 1997, **45**(5), 1638-1643 [cit. 2022-02-18]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf960721a

PodĎakovanie

Táto publikácia vznikla vĎaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja a Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky prostredníctvom projektu APVV-18-0312.

Kontaktné údaje:

Lukáš Jurčaga, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita, Nitra, Ústav Potravinárstva, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: xjurcaga@uniag.sk ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9693-4796>

Marek Bobko, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita, Nitra, Ústav Potravinárstva, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: marek.bobko@uniag.sk ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4699-2087>

Matej Čech, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita, Nitra, Ústav Potravinárstva, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: xcech@uniag.sk ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3260-2447>

Peter Herc, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita, Nitra, Ústav Potravinárstva, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: xhercp@uniag.sk ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2366-8324>

Alica Bobková, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita, Nitra, Ústav Potravinárstva, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: alica.bobkova@uniag.sk ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6798-7204>

Alžbeta Demianová, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita, Nitra, Ústav Potravinárstva, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: xdemianova@uniag.sk ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3615-5747>

Katarína Poláková, Slovenská Poľnohospodárska Univerzita, Nitra, Ústav Potravinárstva, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra-Chrenová, Slovenská republika, e-mail: xpolakovak1@uniag.sk ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9217-1119>

Přijato: 3. 3. 2022

Recenzováno: 7. 3. 2022

Akceptováno: 31.3. 2022

FTALÁTY V OBALOCH NA POTRAVINY

PHTHALATES IN FOOD PACKAGING

Juraj Čuboň, Albeta Jarošová, Peter Herc, Peter Haščík, Jana Tkáčová,
Lukáš Hleba, Miroslava Hlebová

Abstrakt:

Estery kyseliny ftalovej-ftaláty sú syntetické zmäkčovadlá a chemické látky, ktoré začiatkom 20. storočia začali nahrádzať gáfor. Je to skupina nehalogenovaných esterov kyseliny ftalovej využívajú sa v rôznych spotrebiteľských a priemyselných aplikáciách. Najviac používané zmäkčovadlá sú di-n-butyl ftalát (DBP) a di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP). Únik do prostredia je podmienený prchavou zložkou z finálnych produktov. Zistilo sa, že môžu poškodzovať reprodukčné orgány, spôsobuje kardiovaskulárne problémy a neplodnosť. Podstatná časť ftalátov neostáva v tele dlho, ich metabolity ale za krátky čas môžu vyvolať negatívne účinky. Počas rozpadu ftalátov u dospelého človeka je 8-10 hodín. Vylúčenie z organizmu u dospelého jedinca je najčastejšie prostredníctvom moču po ich degradácii na alkoholy, ketóny a karboxylové kyseliny v podobe konjugátov. V súčasnosti sú snahy na obmedzenie ich používania v niektorých výrobkoch. Alternatívne zmäkčovadlá sú žiadané a dopyt po nich sa zvyšuje. Je potrebné hlbšie analyzovať ich toxicitu, pretože prírodné zmäkčovadlá nemusia byť vždy netoxické.

Klíčové slova:

potravinárske obaly, ftaláty, alternatívne zmäkčovadlá

Abstract:

Phthalic acid esters - phthalates are synthetic plasticizers and chemicals that began to replace camphor in the early 20th century. It is a group of non-halogenated phthalic acid esters used in a variety of consumer and industrial applications. The most commonly used plasticizers are di-n-butyl phthalate (DBP), di-2-ethylhexyl phthalate (DEHP). Leakage into the environment is caused by the volatile component of the final products. They have been found to damage the reproductive organs, causing cardiovascular problems and infertility. A substantial part of phthalates does not remain in the body for long, but their metabolites can cause negative effects in a short time. The half-life of phthalates in an adult is 8-10 hours. Excretion in the adult is most often via the urine after their degradation to alcohols, ketones and carboxylic acids in the form of conjugates. Efforts are currently being made to limit their use in some products. Alternative plasticizers are in demand and demand is increasing. Their toxicity needs to be further analyzed, as natural emollients may not always be non-toxic.

Key words:

food packaging, phthalates, alternative plasticizers

Úvod

Ftaláty sú organické lipofilné zlúčeniny, ktoré sa používajú hlavne ako plastifikátory na zvýšenie flexibility plastových polymérov. K vystaveniu človeka ftalátom dochádza najmä

požitím potravy a môže mať nepriaznivé účinky na zdravie. Analyzuje sa prítomnosť dimetylftalát (DMP), dietylftalát (DEP), diizobutylftalát (DiBP), di-n-butylftalát (DnBP), benzylbutylftalát (BBP), di (2-ethylhexyl) ftalát (DEHP), dicyklohexyl ftalát (DCHP) a di-n-oktylftalát (DnOP). V rôznych skupinách obalových materiálov na potraviny sa vyskytuje široká škála koncentrácií ftalátov. DEHP bol nájdený v najvyššej koncentrácii takmer v každej skupine opbalových materiálov. Okrem toho bol DEHP najrozšírenejšou ftalátovou zlúčeninou, po ktorej nasledovali DiBP, DnBP a BBP (**Fierens et al., 2012**).

Ftaláty, alebo tiež estery kyseliny ftalovej, sú syntetické zmäkčovadlá (plastifikátory) a chemické látky, ktoré postupne nahradili gáfor začiatkom 20. storočia. Je to skupina nehalogénnych esterov kyseliny ftalovej s využitím v rôznych spotrebiteľských a priemyselných aplikáciách, sú pridávané na zvýšenie pružnosti. Z obalových odpadov sa dostávajú najmä do životného prostredia a sú známe ako peroxizomové proliferátory (PPS) a endokrinné disruptory (**Lin et al., 2015**).

Environmental Protection Agency (EPA) zaradila 6 esterov kyseliny ftalovej medzi prioritne rizikové polutanty:

- 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., 2006**).

Priemyselne najviac používané zmäkčovadlá sú di-n-butyl ftalát (DBP), di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP) a di-2-ethylhexyl ftalát (DEHA). Všestranné využívanie uvedených ftalátov má za následok kontamináciu životného prostredia. Zvyšuje sa snaha postupne obmedzovať využívanie ftalátových zmäkčovadiel z dôvodu možných negatívnych účinkov na živé organizmy (**Zhang et al., 2014**). Zvyčajne sa ftaláty pridávajú do plastových materiálov, ako je polyvinylchlorid (PVC), polyetylentereftalát (PET), polyvinylacetát (PVA) a polyetylén (PE), v percentách 10 % až 60 % hmotnosti PAE. aby sa zlepšila rozťažnosť, elasticita a spracovateľnosť polymérov (**Giuliani et al., 2020**). Európska únia v súčasnosti nestanovuje maximálne limity na obsah jednotlivých ftalátov v potravinách, ale stanovuje tzv. migračný a špecifický limit v materiáloch a predmetoch z plastov určených pre styk s potravinami v **Nariadení Komisie (EÚ) 10/2011**.

Ftaláty sú triedou chemikálií so širokým spektrom priemyselného využitia, od výroby plastov až po aplikácie prichádzajúce do styku s potravinami, detské hračky a zdravotnícke pomôcky. Ľudia môžu byť vystavení rôznym spôsobom (najčastejšie požitím, vdýchnutím, dermálnou expozíciou). V posledných desaťročiach sa ukázalo, že ftaláty a ich metabolity vyvolávajú obavy, najmä vo výrobkoch pre tehotné ženy alebo deti (**Giuliani et al., 2020**).

Alternatívou pre zdravie škodlivých plastifikátorov sú biologicky nezávadné a odbúrateľné plastifikátory, ktoré by mohli byť všestranne použiteľné pre komerčné použitie (**Nardelli et al., 2015**).

Ako potenciálne náhrady ftalátov boli navrhnuté dva nové zmäkčovadlá, 1,4butándioldibenzoát (BDB) a dioktylsukcinát (DOS). Obidva majú požadované vlastnosti ako zmäkčovadlá a minimálne biologické účinky in vitro. Pokusy na potkanoch naznačujú, že BDB aj DOS sú perspektívnymi alternatívnymi plastifikátormi (**Nardelli et al., 2017**).

Fyzikálne a chemické vlastnosti ftalátov

Ftaláty sú odvodené od kyseliny ftalovej, ktorá vytvára tri izoméry, orto-izomér alebo kyselina ftalová (PA), meta-izomér s názvom izoftalová kyselina (LA) a para-izomér s názvom kyselina

tereftalová (TA). Štruktúra postranných reťazcov molekuly mení a ovplyvňuje ich fyzikálne a chemické vlastnosti (**Wang et al., 2015**).

Estery kyseliny ftalovej sú kvapaliny olejovitej konzistencie bez zápachu, sú nehorľavé a sú značne lipofilné, hlavne estery s dlhším postranným reťazcom. Preto sú málo rozpustné vo vode. S rastúcou relatívnou hmotnosťou klesá ich rozpustnosť vo vode. Teplota varu je od 190 do 530 °C a teplota topenia je nižšia ako -25 °C. Ftaláty sú pre tieto vlastnosti vhodné ako zmäkčovadlá so širokým použitím (**Baek et al., 2009**).

Ftaláty v obalovom materiáli sú labilne zakotvené, nie sú na polyméry viazané chemicky, čím nastáva vylúhovanie a ich migrácia. Obsah ftalátov v potravinách závisí od počiatkovej kontaminácie v surovine alebo medziproduktoch, podmienok skladovania hlavne v nevhodných podmienkach, použitia nesprávneho obalového materiálu apod. (**Jarošová, 2006**). Akútna toxicita ftalátov je nízka. Môže spôsobiť podráždenie kože, slizníc, spavosť, nosných dutín, spojiviek, zníženie krvného tlaku a tiež halucinácie. Chronická toxicita bola sledovaná na hlodavcoch a boli zistené nežiadúce vážne účinky na reprodukčný systém a tiež vnútromaternicový vývoj plodu. Ftaláty zo stredne dlhým postranným reťazcom, hlavne di-hexyl ftalát, di-heptyl ftalát a di-isoctyl ftalát negatívne pôsobia na reprodukčný systém cicavcov, sú pridávané do PVC ako plastifikátory. Na základe uvedených analýz sa u človeka predpokladajú chronické komplikácie s imunitným systémom, tráviacim systémom, vývojom a reprodukčným systémom (**Pilka et al., 2012**).

Ftaláty používané ako zmäkčovadlá obalov, sú najčastejšie di-2-ethylhexyl ftalátom a di-n-butyl ftalátom. Ich podiel predstavuje až 50 % svetovej produkcie ftalátov a vo všeobecnosti sú celosvetovo najviac využívaným typom plastifikátorov.

Di-n-butyl ftalát (DBP) $C_{16}H_{22}O_4$ (**Frederiksen et al., 2007**). DBP je olejovitá kvapalina zle rozpustná vo vode a dobre rozpustná v organických rozpúšťadlách, napríklad v benzéne, acetóne a alkohole. Má rovnakú štruktúru ako di-isodecyl ftalát (DiDP) a di-isononyl ftalát (DiNP), ale má dve kratšie bočné reťazce, kde každý obsahuje 4 atómy uhlíka (**Watkins et al., 2014**).

DBP používa sa ako zmäkčovadlo, v lakoch, výbušnínach, ako rozpúšťadlo v éterických olejoch, môže byť súčasťou tlačiarenského atramentu, bezpečnostných skiel a adhezív, vyrába sa viac ako 40 rokov. Môže byť použitý aj ako náhrada pesticídov. Únik do prostredia je podmienený prchavou zložkou z finálnych produktov. DBP je polutantom ovzdušia, vysoký obsah bol zistený hlavne v lokalitách zaťažených dopravou (**Sun et al., 2016**).

Negatívne účinky DBP na zdravie človeka pôsobia hlavne pri vdychovaní alebo požití jeho častíc. Následkom je podráždené očné sliznica a horné dýchacie cesty. Pokusmi na zvieratách bol zistený dlhodobý pokles hmotnosti, ale na druhej strane došlo k zvýšeniu hmotnosti pľúc, negatívne pôsobí na črevá, ovplyvňuje vývoj plodu a samčí reprodukčný systém. DBP je veľmi toxický pre vodné organizmy a vodný ekosystém (**Hart et al., 2014**).

Di-2-ethylhexyl ftalát (DEHP), vzorec: $C_{24}H_{38}O_4$

Rozpustnosť DEHP vo vode je 0,0006 - 1,3 mg.l⁻¹ pri 20–25°C. Vo vode je veľmi málo rozpustná a ľahšie sa rozpúšťa v tuku ako vo vode. DEHP je bezfarebná kvapalina, bez zápachu. Štruktúru má rovnakú s DBP, ale má dlhšie rozvetvené postranné reťazce, na každom z nich má 8 atómov uhlíka. DEHP je najpoužívanejším plastifikátorom PVC, obsahuje polárne aj nepolárne väzby, vďaka polárnym väzbám zabezpečuje kompatibilitu s polymérom, prostredníctvom nepolárnych väzieb. DEHP je schopný narušiť polárne interakcie a následne sa vyextrahovať do prostredia (**Grossman et al., 2012**). DEHP sa používa ako zmäkčovadlo plastických pomôcok aj v zdravotníctve, v obuvi, bytových doplnkoch, stavebníctve a tiež v spotrebnej elektronike (**Guo et al., 2012**).

K expozícií dochádza najmä cez kontaminované potraviny, vodu, vzduch, zo zdravotníckych pomôcok vyrobených z PVC a zmäkčovaných DEHP. Potraviny obsahujúce vyšší podiel tukov majú vyšší obsah DEHP, pretože sa ľahko viaže na tuk (**Li et al., 2012, 2014**). Pri analýze potravín v Texase DEHP bol prítomný v 74 % testovaných potravín, pričom prevalencia ostatných ftalátov sa pohybovala od 30 do 60 %. Ftalát s najvyššou koncentráciou bol DEHP s maximálnou koncentráciou 300 ng. g⁻¹ v balenom bravčovom mäse (**Pecht et al., 2017**). DEHP ako toxická látka poškodzuje reprodukčné orgány, spôsobuje kardiovaskulárne problémy a neplodnosť, poškodzuje tiež črevá a obličky (**Meeker et al., 2014**). DEHP je polutant ovzdušia, vyššie hodnoty boli namerané pri cestách. DEHP sa viaže na častice prachu, čím sa dostáva dýchacích ciest živočíchov. DEHP bol zistený vo vzorkách prachu z vreciek vysávačov, zistil sa jeho vysoký obsah v každej analyzovanej vzorke (**Hwang et al., 2008**).

Ftaláty v potravinovom priemysle

Potraviny sú primárnym zdrojom ftalátov. Potraviny sú kontaminované buď počas prvovýroby, z kontaminovanej pôdy alebo vody, ale aj počas spracovania a výroby finálnych výrobkov. Všeobecne platí, že v potravinách s vyšším obsahom tuku je vyšší obsah ftalátov a ich migrácia závisí od použitých obalov a zastúpenia tuku v potravinách (**Du et al., 2016**).

Vo vzorkách mrazeného kuracieho mäsa zabaleného v plastových obaloch sa nepreukázal zvýšený obsah DBP a DEHP. Boli však zistené lineárne zvýšené koncentrácie DEHP a DBP v závislosti od doby skladovania (**Zorníková et al., 2010**).

Obaly ako zdroj kontaminácie potravín esterami kyseliny ftalovej

Plastové obaly a materiály, ktoré sú v priamom kontakte s potravinou, musia spĺňať požiadavky **NK EÚ 10/2011** o materiáloch a predmetov z plastov určených pre styk s potravinami. Limity sú definované migračným a špecifickým limitom. Plastové výrobky nesmú do prostredia uvoľňovať svoje zložky v množstve viac ako 60 mg.kg⁻¹ potraviny. Limit celkovej migrácie je najviac 10 mg.kg⁻¹ povrchu výrobku. Špecifický limit podľa **NK EÚ 10/2011** stanovuje najvyššie povolené množstvo látky prechádzajúcej z obalu do potraviny. Pre DBP je limit 0,3 mg.kg⁻¹ a pre DEHP je limit 1,5 mg.kg⁻¹.

Limity platia aj napríklad pre destilovanú vodu pre nápoje, 3% roztok kyseliny octovej, 15% roztok etanolu pre alkoholické potraviny a olivový olej pre potraviny bohaté na tuk. Migrácia ftalátov je podmienená rozličnými faktormi, teplotou, dobou skladovania, chemickým zložením zabalenej potraviny, typom obalu a inými faktormi. Uvoľňovanie ftalátov z obalových materiálov prebieha ľahšie z plynnej fázy ako z pevnej alebo kvapalnej (**Fasano et al., 2012**). Vysoký obsah ftalátov bol zistený vo výrobkoch pripravených technológiou sous-vide pri opätovnom ohreve. Koncentrácie DBP a DEHP, v ohrievanej vode klesali. Koncentrácia DBP vo vode pred zahriatím bola 0,82 mg.100 ml⁻¹ a po zahriatí 0,52 mg.100 ml⁻¹, koncentrácia DEHP vo vode pred zahriatím bola 0,33 mg/100 ml a po zahriatí 0,19 mg.100 ml⁻¹. V plastových obaloch sa priemerná koncentrácia DBP s opätovným ohrevom zvýšila a priemerná koncentrácia DEHP s opätovným ohrevom klesla. Priemerná koncentrácia DBP v plastovom obale, ohrev na 60 °C.12 h⁻¹ bola 9,87 mg.dm², po opätovnom ohreve 60 °C.1 h⁻¹ bola 15,40 mg.dm². Priemerná koncentrácia DEHP v plastovom obale, ohrev pri 60 °C.12 h⁻¹ bola 58,71 mg.dm² a po opätovnom ohreve 60 °C.1 h⁻¹ bola zistená 28,28 mg.dm². Koncentrácia DBP v mäsových výrobkoch vplyvom prihrievania klesla, koncentrácia DEHP v mäsových výrobkoch vzrástla. Koncentrácia DBP v mäsových výrobkoch zahrievaných na 60 °C/12 h bola zistená 8,39 mg. g⁻¹ sušiny a po opätovnom zahriatí 6,43 mg. g⁻¹ (**Jandlová et al., 2019**).

Plastové obaly sú v súčasnosti vyrábané v rôznych druhoch (polypropylenové, polykarbonátové, polyetylenové a ďalšie). Ftaláty pridávané do plastových obalov zlepšujú elasticitu, flexibilitu, odolnosť a tiež farbu. Nevýhodou je ich migrácia do potravín, nápojov a následne môžu ovplyvniť zdravotný stav spotrebiteľa (**Fasano et al., 2012**).

Migrácia ftalátov vo vode z plastových fliaš bola vyššia vo vodách skladovaných pri teplote 4 °C, významne sa znížila vo vodách skladovaných pri izbovej teplote. Teplota a slnečné žiarenie majú významný vplyv na degradáciu ftalátov v závislosti na čase (**Al-Saleh et al., 2011**). Zistil sa významný nárast prechodu DEHP z PVC obalovej fólie do potraviny po zahreve v mikrovlnnej rúre počas 3 min. (**Chen et al., 2008**).

Expozícia ftalátov

K expozícii ftalátmi môže dôjsť z potravín, parenterálnou aplikáciou, z vody, ovzdušia, alebo absorpciou cez kožu. Ftaláty majú lipofilné vlastnosti a preto môže dochádzať k ich akumulácii z krmiva a z prostredia do živočíšnej svaloviny, tukov a následne dochádza k ďalšiemu ohrozeniu potravinového reťazca (**Bhattacharya et al., 2012**).

Významným zdrojom ftalátov pre človeka sú potraviny s vysokým obsahom tukov. Perorálna expozícia je vyššia u DEHP, ktoré migrovali do balených potravín. Štúdie ukázali, že priemerná expozícia u človeka je v rozpätí 3–30 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ telesnej hmotnosti a deň (**Picone a Paolillo, 2012**). Expozícia je však odlišná u každého jedinca, je ovplyvnená stravovacími návykmi, vekom, používanými produktami pre osobnú starostlivosť, zložením komerčných produktov a tiež koncentrácia ftalátov vo vonkajšom a vnútornom prostredí. Sa zistili rozdiely medzi pohlavím a vekom jedinca. Koncentrácia ftalátov u chlapcov a dievčat je rozdielna, vyšší obsah PAE bol nameraný u chlapcov (**Song et al., 2013**). Kojenci majú vyššiu dennú expozíciu ftalátov ako dospelí jedinci, pravdepodobne pre ich nižšiu telesnú hmotnosť. Expozícia u kojencov je 9 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, u detí 14 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a u dospelých ľudí 6 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ telesnej hmotnosti na deň (**Starling et al., 2015**). U detí sú vysoké hodnoty najmä kvôli plastovým hračkám, u žien v reprodukčnom veku je vyšší obsah DEHP ako u starších žien. Z dermálneho hľadiska je vyšší obsah DEHP priamo úmerne ovplyvnený častým používaním kozmetických prípravkov s obsahom ftalátov (**Tsai et al., 2018**).

Vo všeobecnosti bol zistený vyšší príjem ftalátov prostredníctvom orálneho príjmu potravín ako inhalačného. Vzhľadom k negatívne pôsobeniu ftalátov na organizmus človeka je veľmi dôležitá regulácia ich prieniku do prostredia a tým aj znižovanie expozície ftalátov do organizmu človeka. Metabolity ftalátov neostávajú v tele človeka dlho, ale za krátky čas môžu vyvolať negatívne účinky. Počas rozpadu PAE u dospelého človeka je 8-10 hodín. Vylúčenie z organizmu u dospelého jedinca je najčastejšie prostredníctvom moču po ich degradácií na alkoholy, ketóny a karboxylové kyseliny v podobe konjugátov. Ftalátov z organizmu sa odstraňujú aj pomocou enzýmu UDP-glukuronyltransferáza (**Marie et al., 2015**). Ftaláty s krátkym reťazcom, ako DBP, DEP, DMP sú vylučované hlavne močom vo forme monoesterov. PAE s dlhým reťazcom ako DEHP, DiNP, postupne prechádzajú biotransformáciou hydrolýzu, oxidáciu a kojnugáciu. DEHP je hydrolyzovaný pomocou črevnej lipázy na mono (2ethylhexyl) ftalát (MEHP) a 2-ethylhexanol (2-EH). DEHP má vlastnosť rýchlo sa eliminovať z organizmu (**Koch et al., 2006**). Ve štúdiu, kde sa podala mužským dobrovoľníkom dávka DEHP sa potvrdila ich rýchla eliminácia ako koncentrácia metabolitov v moči. Po 24 hodinách sa vylúčilo 67 % metabolitov podanej dávky, v nasledujúci deň sa vylúčilo ďalších 3,8 % (**Ventrice et al., 2013**). **Benjamin et al. (2017)** uvádzajú referenčnú dávku (tolerovateľný denný príjem – TDI) pre DEHP. Expozícia každého z jeho metabolit (MEHP, MEHHP, MEOHP a MECHP) by nemala prekročiť 20 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ telesnej hmotnosti a deň. Je bezpečné, ak je zdravý muž s telesnou hmotnosťou 75 kg vystavený až 6 mg DEHP na deň.

Regulácia využitia ftalátov

V posledných rokoch boli prijaté regulačné opatrenia na obmedzenie ich používania v niektorých spotrebných výrobkoch, ako napr. kozmetika, detské hračky a v zdravotnícke pomôcky. Ftaláty ako zmäkčovadlá sa môžu nahradiť alternatívnymi látkami, ako napríklad polypropylénom, silikónom, alebo polyetylénom, ktoré sa vyznačujú nízkou úrovňou migrácie a majú nízku prchavosť (**Bocqué et al., 2016**). Veľké množstvo molekúl pochádza z obnoviteľných zdrojov a ich odpadov. Nové alternatívy ftalátov sú veľmi populárne, hľadajú sa vhodné zdroje zmäkčovadiel ako napríklad z rastlinných olejov, citrátov, cukrových alkoholov. Negatívom výroby týchto zmäkčovadiel sú vyššie finančné náklady a nižšia schopnosť plastifikácie (**Zhang et al., 2013**).

Nové zmäkčovadlá, ako je diizononylcyklohexán-1, 2-dikarboxylát (DINCH) sa po uvedení na trh rýchlo šíria v povrchových vodách. V environmentálnych vzorkách sme našli niekoľko zmäkčovadiel vzbudzujúcich obavy, ktorých ďalšie použitie sa v súčasnosti skúma podľa nariadenia EÚ o chemikáliách (REACH, registrácia, hodnotenie, autorizácia a obmedzovanie chemikálií). Najmä v prípade di(2-propylheptyl) ftalátu (DPHP) sa v období od polovice roku 2000 do roku 2017 pozoroval významný nárast koncentrácie takmer na všetkých miestach, napríklad v Elbe (Labe) z 24 ng. g⁻¹ sušiny (2005) na 1 380 ng. g⁻¹ sušiny v roku 2017 (**Nagorka a Koschorreck, 2020**).

Štúdiami s použitím prírodných zmäkčovadiel v Nemecku a USA potvrdili pokles koncentrácie ftalátov v ľudskom organizme. Pokles DEP činil 42 % v rokoch 2001 až 2010 najmä u dospelých, u detí bol výrazne nižší. Taktiež poklesol obsah BBP, ale obsah DiBP vzrástol ako následok náhrady za DBP v niektorých výrobkoch. Koncentrácia DEHP v ovzduší vzrástol najmä v priemyselných oblastiach, kde sa vyrábajú plasty. Alternatívne zmäkčovadlá sú žiadané a dopyt po nich sa zvyšuje, na druhej strane je potreba hlbšie analyzovať ich toxicitu, pretože prírodné alternatívne zmäkčovadlá nemusia byť vždy netoxické (**Johns et al., 2015; Varshavsky et al., 2018**).

DINCH[®] (diizononyl-cyklohexán-1,2-dikarboxylát) je nový vysokomolekulárny plastifikátor a náhrada ftalátu. V tejto štúdii bol metabolizmus DINCH[®] skúmaný orálnou dávkou troch mužských dobrovoľníkov s približne 50 mg DINCH[®] (čo vedie k individuálnym dávkam medzi 0,552 a 0,606 mg.kg⁻¹ telesnej hmotnosti). Analogicky k metabolizmu di-izononylftalátu (DINP) bol kvantifikovaný jednoduchý monoester mono-izononyl-cyklohexán-1,2-dikarboxylát (MINCH) a jeho sekundárne oxidované metabolity pomocou HPLC-MS/MS pomocou analýzy izotopového riedenia. Okrem toho bol kvantifikovaný nešpecifický produkt úplného rozpadu, kyselinu cyklohexán-1,2-dikarboxylovú (CHDA). Všetky predpokladané metabolity boli prítomné vo všetkých analyzovaných vzorkách. Nešpecifická CHDA bola identifikovaná ako hlavný metabolit v moči, ktorý predstavuje 23,7 % dávky ako priemer troch dobrovoľníkov (rozsah 20,0–26,5 %). 14,8 % (11,3–16,7 %) dávky sa vylúčilo ako monoestery s oxidačnými modifikáciami, najmä OH-MINCH 10,7 % (7,7–12,9 %), oxo-MINCH 2,0 % (1,5–2,6 %) a karboxy-MINCH 2,0 % (1,8 – 2,3 %). Menej ako 1 % sa vylúčilo ako jednoduchý monoester MINCH. Celkovo sa 39,2 % (35,9–42,4 %) dávky DINCH[®] vylúčilo ako tieto metabolity močom do 48 hodín. Viac ako 90 % skúmaných metabolitov sa vylúčilo do 24 hodín po aplikácii. Sekundárne oxidované metabolity s polčasmi eliminácie medzi 10 a 18 hodinami sa ukázali ako vhodné a špecifické biomarkery na určenie expozície DINCH[®] (**Koch et al., 2013**).

Koncentrácia metabolitov ftalátov v moči, ktoré sú v procese vyradovania, ako sú DEP, DnBP, BBzP a DEHP, vykazovala klesajúce časové trendy u prvorodičiek z Uppsaly, Švédsko v rokoch 2009–2014. Počas rovnakého obdobia vzrástli koncentrácie metabolitu náhradného plastifikátora DINCH. Tiež veľmi diskutované fenolické látky triclosan a BPA vykazovali klesajúci časový trend, zatiaľ čo 4,4-BPF, náhrada za BPA, vzrástol. Znížená výroba a používanie určitých endokrinne aktívnych chemikálií s najväčšou pravdepodobnosťou viedli k zníženiu

expozície ľudí. Zároveň sa zvýšili expozície niektorým náhradným chemikáliám, čo sa môže stať problémom v budúcnosti, ak bude nárast pokračovať. Na jednej strane vyradenie potenciálne toxických ftalátov, ako sú DEHP, DnBP a BBzP, vedie k ich nahradeniu zjavne menej toxickým neftalátovým zmäkčovadlom DINCH. Na druhej strane, nahradenie dobre študovaného BPA menej študovaným BPF, keďže BPA je možným EDC, nemusí byť prospešné z hľadiska rizika ľudského zdravia. Pre dlhodobu udržateľnú chemickú výrobu a používanie na celom svete je potrebná štruktúrovanejšia a vedecky podložená politika regulujúca proces chemickej substitúcie. Aj menej problematické chemikálie môžu byť zdraviu škodlivé, ak je expozícia dostatočne vysoká (Gyllenhammar *et al.*, 2017).

ZÁVĚR

Obaly na potraviny sú dôležité hlavne z pohľadu zabezpečenia hygienickej kvality ale neustále sa vyvíjajú aj s cieľom predĺženia trvanlivosti výrobku a zabezpečenia požadovanej senzorickej kvality počas celej doby trvanlivosti výrobku. Od začiatku 20 storočia sa používajú obaly s vyšším podielom zmäkčovadiel pre zabezpečenie dobrej elasticity obalov. V najväčšej miere sa ako zmäkčovadlá používajú di-2-ethylhexyl ftalát a di-n-butyl ftalát. Ich podiel predstavuje až 50 % svetovej produkcie ftalátov a vo všeobecnosti sú celosvetovo najviac využívaným typom plastifikátorov.

V posledných rokoch sú snahy na obmedzenie ich používania v niektorých výrobkoch, ako detské hračky, kozmetika a v zdravotníckej pomôcky. Alternatívne zmäkčovadlá sú žiadané. Dopyt po alternatívnych zmäkčovadlách sa zvyšuje. Do popredia ale vystupuje požiadavky hlbšie analyzovať ich toxicitu, pretože prírodné alternatívne zmäkčovadlá nemusia byť vždy netoxické.

V poslednom období zavádzanie menej problematických plastifikátorov môže byť zdraviu škodlivé, ak je expozícia dostatočne vysoká. Preto je životne dôležité pokračovať v sledovaní trendov vystavenia ľudí novozavedeným chemikáliám.

POUŽITÁ LITERATURA

AL-SALEH, Iman, Neptune SHINWARI a Ammar ALSABBAHEEN. Phthalates residues in plastic bottled waters. *The Journal of Toxicological Sciences* [online]. 2011, **36**(4), 469-478 [cit. 2022-03-05]. ISSN 0388-1350. Dostupné z: doi:10.2131/jts.36.469

BAEK, Ji Hye, Man Bock GU, Byoung-In SANG, Seung Jun KWACK, Kyu Bong KIM a Byung Mu LEE. Risk Reduction of Adverse Effects Due to Di-(2 – Ethylhexyl) Phthalate (DEHP) by Utilizing Microbial Degradation. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* [online]. 2009, **72**(21-22), 1388-1394 [cit. 2022-03-05]. ISSN 1528-7394. Dostupné z: doi:10.1080/15287390903212733

BENJAMIN, Sailas, Eiji MASAI, Naofumi KAMIMURA, Kenji TAKAHASHI, Robin C. ANDERSON a Panichikkal Abdul FAISAL. Phthalates impact human health: Epidemiological evidences and plausible mechanism of action. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 2017, **340**, 360-383 [cit. 2022-03-05]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jhazmat.2017.06.036

BHATTACHARYA, Poulomi a Aileen F. KEATING. Impact of environmental exposures on ovarian function and role of xenobiotic metabolism during ovotoxicity. *Toxicology and Applied Pharmacology* [online]. 2012, **261**(3), 227-235 [cit. 2022-03-05]. ISSN 0041008X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.taap.2012.04.009

BOCQUÉ, Maëva, Coline VOIRIN, Vincent LAPINTE, Sylvain CAILLOL a Jean-Jacques ROBIN. Petro-based and bio-based plasticizers: Chemical structures to plasticizing properties. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry* [online]. 2016, **54**(1), 11-33 [cit. 2022-03-05]. ISSN 0887624X. Dostupné z: doi:10.1002/pola.27917

- DU, Liping, Lijuan MA, Yang QIAO, Yan LU a Dongguang XIAO. Determination of phthalate esters in teas and tea infusions by gas chromatography–mass spectrometry. *Food Chemistry* [online]. 2016, **197**, 1200-1206 [cit. 2022-03-05]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodchem.2015.11.082
- FASANO, Evelina, Francisco BONO-BLAY, Teresa CIRILLO, Paolo MONTUORI a Silvia LACORTE. Migration of phthalates, alkylphenols, bisphenol A and di(2-ethylhexyl) adipate from food packaging. *Food Control* [online]. 2012, **27**(1), 132-138 [cit. 2022-03-05]. ISSN 09567135. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodcont.2012.03.005
- FIERENS, T., K. SERVAES, M. VAN HOLDERBEKE, L. GEERTS, S. DE HENAUW, I. SIOEN a G. VANERMEN. Analysis of phthalates in food products and packaging materials sold on the Belgian market. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2012, **50**(7), 2575-2583 [cit. 2022-03-05]. ISSN 02786915. Dostupné z: doi: 10.1016/j.fct.2012.04.029
- GIULIANI, Angela, Mariachiara ZUCCARINI, Angelo CICHELLI, Haroon KHAN a Marcella REALE. Critical Review on the Presence of Phthalates in Food and Evidence of Their Biological Impact. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2020, **17**(16) [cit. 2022-03-05]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph17165655
- GROSSMAN, D., D. KALO, M. GENDELMAN a Z. ROTH. Effect of di-(2-ethylhexyl) phthalate and mono-(2-ethylhexyl) phthalate on in vitro developmental competence of bovine oocytes. *Cell Biology and Toxicology* [online]. 2012, **28**(6), 383-396 [cit. 2022-03-05]. ISSN 0742-2091. Dostupné z: doi:10.1007/s10565-012-9230-1
- GUO, Ying, Zifeng ZHANG, Liyan LIU, Yifan LI, Nanqi REN a Kurunthachalam KANNAN. Occurrence and Profiles of Phthalates in Foodstuffs from China and Their Implications for Human Exposure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2012, **60**(27), 6913-6919 [cit. 2022-03-05]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf3021128
- GYLLENHAMMAR, Irina, Anders GLYNN, Bo A.G. JÖNSSON, Christian H. LINDH, Per Ola DARNERUD, Kettel SVENSSON a Sanna LIGNELL. Diverging temporal trends of human exposure to bisphenols and plasticizers, such as phthalates, caused by substitution of legacy EDCs?. *Environmental Research* [online]. 2017, **153**, 48-54 [cit. 2022-03-05]. ISSN 00139351. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envres.2016.11.012
- HART, Roger, Dorota A DOHERTY, Hanne FREDERIKSEN, et al. The influence of antenatal exposure to phthalates on subsequent female reproductive development in adolescence: a pilot study. *REPRODUCTION* [online]. 2014, **147**(4), 379-390 [cit. 2022-03-05]. ISSN 1470-1626. Dostupné z: doi:10.1530/REP-13-0331
- HWANG H. M., PARK E. K., YOUNG T. M., HAMMOCK B. D. 2008. Occurrence of endocrine – disrupting chemicals in indoor dust. *Sci Total Environ*, Vol. 404, no.1, s. 26-35.
- CHEN, Mei-Lien, Jing-Shieng CHEN, Chia-Ling TANG a I-Fang MAO. The internal exposure of Taiwanese to phthalate—An evidence of intensive use of plastic materials. *Environment International* [online]. 2008, **34**(1), 79-85 [cit. 2022-03-05]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envint.2007.07.004
- JANDLOVÁ, Marcela, Alžbeta JAROŠOVÁ a Josef KAMENÍK. The Effect of Final Heating on the Concentration of Phthalic Acid Esters by Sous-Vide Production. *Materials Science Forum* [online]. 2019, **955**, 80-85 [cit. 2022-03-05]. ISSN 1662-9752. Dostupné z: doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.955.80
- JAROŠOVÁ, A. Phthalic acid esters (PAEs) in the food chain. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2011, **24**(5), 223-231 [cit. 2022-03-05]. ISSN 12121800. Dostupné z: doi:10.17221/3318-CJFS
- JOHNS, Lauren E., Glinda S. COOPER, Audrey GALIZIA a John D. MEEKER. Exposure assessment issues in epidemiology studies of phthalates. *Environment International* [online]. 2015, **85**, 27-39 [cit. 2022-03-05]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envint.2015.08.005

KOCH, H. M., R. PREUSS a J. ANGERER. Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP): human metabolism and internal exposure-an update and latest results1. *International Journal of Andrology* [online]. 2006, **29**(1), 155-165 [cit. 2022-03-05]. ISSN 0105-6263. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2605.2005.00607.x

LI, Na, Te LIU, Liting ZHOU, Jun HE a Lin YE. Di-(2-ethylhexyl) phthalate reduces progesterone levels and induces apoptosis of ovarian granulosa cell in adult female ICR mice. *Environmental Toxicology and Pharmacology* [online]. 2012, **34**(3), 869-875 [cit. 2022-03-05]. ISSN 13826689. Dostupné z: doi: 10.1016/j.etap.2012.08.013

LIN, Jialu, Wanxin CHEN, Hangcui ZHU a Chengjun WANG. Determination of free and total phthalates in commercial whole milk products in different packaging materials by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Dairy Science* [online]. 2015, **98**(12), 8278-8284 [cit. 2022-03-06]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2015-10066

LIU, Te, Na LI, Jian ZHU, et al. Effects of di-(2-ethylhexyl) phthalate on the hypothalamus-pituitary-ovarian axis in adult female rats. *Reproductive Toxicology* [online]. 2014, **46**, 141-147 [cit. 2022-03-06]. ISSN 08906238. Dostupné z: doi: 10.1016/j.reprotox.2014.03.006

MARIE, Cécile, Françoise VENDITTELLI a Marie-Pierre SAUVANT-ROCHAT. Obstetrical outcomes and biomarkers to assess exposure to phthalates: A review. *Environment International* [online]. 2015, **83**, 116-136 [cit. 2022-03-06]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envint.2015.06.003

MEEKER, John D. a Kelly K. FERGUSON. Urinary Phthalate Metabolites Are Associated With Decreased Serum Testosterone in Men, Women, and Children From NHANES 2011–2012. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* [online]. 2014, **99**(11), 4346-4352 [cit. 2022-03-06]. ISSN 0021972X. Dostupné z: doi:10.1210/jc.2014-2555

NAGORKA, Regine a Jan KOSCHORRECK. Trends for plasticizers in German freshwater environments – Evidence for the substitution of DEHP with emerging phthalate and non-phthalate alternatives. *Environmental Pollution* [online]. 2020, **262** [cit. 2022-03-06]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envpol.2020.114237

NARDELLI, Thomas C., Hanno C. ERYTHROPEL, Bernard ROBAIRE a Wei YAN. Toxicogenomic Screening of Replacements for Di(2 – Ethylhexyl) Phthalate (DEHP) Using the Immortalized TM4 Sertoli Cell Line. *PLOS ONE* [online]. 2015, **10**(10) [cit. 2022-03-06]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi: 10.1371/journal.pone.0138421

NARDELLI, Thomas C., Océane ALBERT, Claudia LALANCETTE, Martine CULTY, Barbara F. HALES a Bernard ROBAIRE. In Utero and Lactational Exposure Study in Rats to Identify Replacements for Di(2-ethylhexyl) Phthalate. *Scientific Reports* [online]. 2017, **7**(1) [cit. 2022-03-06]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-017-03979-0

NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 10/2011 zo 14. januára 2011 o plastových materiáloch a predmetoch určených na styk s potravinami.

PECHT, Michael G., Irfan ALI a Augustus CARLSON. Phthalates in Electronics: The Risks and the Alternatives. *IEEE Access* [online]. 2018, **6**, 6232-6242 [cit. 2022-03-05]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2017.2778950

PICONE, Simonetta a Piermichele PAOLILLO. Chemical contaminants in breast milk. *Early Human Development* [online]. 2013, **89**, S117-S118 [cit. 2022-03-05]. ISSN 03783782. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-3782(13)70124-5.

PILKA T., KOLENA B., PETROVIČOVÁ I. 2012. Antropopatogénny vplyv ftalátov na ľudské zdravie. *Slov. Antropol.*, Vol. 15, no.1, s. 45–52.

SONG, Na Rae, Ji-won ON, Jeongae LEE, Jung-Duck PARK, Ho-Jang KWON, Hae Jung YOON a Heesoo PYO. Biomonitoring of urinary di(2-ethylhexyl) phthalate metabolites of mother and child pairs in South Korea. *Environment International* [online]. 2013, **54**, 65-73 [cit. 2022-03-05]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envint.2013.01.007

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*, Vol. 84, s. 94–106.

STARLING, Anne P., Lawrence S. ENGEL, Antonia M. CALAFAT, et al. Predictors and long-term reproducibility of urinary phthalate metabolites in middle-aged men and women living in urban Shanghai. *Environment International* [online]. 2015, **84**, 94-106 [cit. 2022-03-05]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envint.2015.07.003

SUN, Jianteng, Lili PAN, Yu ZHAN, et al. 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* [online]. 2016, **544**, 670-676 [cit. 2022-03-05]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.012

TSAI, Yen-An, Ming-Song TSAI, Jia-Woei HOU, et al. Evidence of high di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) exposure due to tainted food intake in Taiwanese pregnant women and the health effects on birth outcomes. *Science of The Total Environment* [online]. 2018, **618**, 635-644 [cit. 2022-03-05]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.175

VARSHAVSKY, Julia R., Rachel MORELLO-FROSCHE, Tracey J. WOODRUFF a Ami R. ZOTA. Dietary sources of cumulative phthalates exposure among the U.S. general population in NHANES 2005–2014. *Environment International* [online]. 2018, **115**, 417-429 [cit. 2022-03-05]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envint.2018.02.029

WANG, Xueqing, Min SONG, Min GUO, Chenchen CHI, Feifei MO a Xueyou SHEN. Pollution levels and characteristics of phthalate esters in indoor air in hospitals. *Journal of Environmental Sciences* [online]. 2015, **37**, 67-74 [cit. 2022-03-05]. ISSN 10010742. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jes.2015.02.016

WATKINS, Deborah J., Melissa ELIOT, Sheela SATHYANARAYANA, Antonia M. CALAFAT, Kimberly YOLTON, Bruce P. LANPHEAR a Joseph M. BRAUN. Variability and Predictors of Urinary Concentrations of Phthalate Metabolites during Early Childhood. *Environmental Science & Technology* [online]. 2014, **48**(15), 8881-8890 [cit. 2022-03-05]. ISSN 0013936X. Dostupné z: doi:10.1021/es501744v

ZHANG, Teng, Lan LI, Xun-Si QIN, et al. Di-(2-ethylhexyl) phthalate and bisphenol A exposure impairs mouse primordial follicle assembly in vitro. *Environmental and Molecular Mutagenesis* [online]. 2014, **55**(4), 343-353 [cit. 2022-03-05]. ISSN 08936692. Dostupné z: doi:10.1002/em.21847

ZHANG, Xi-Feng, Lian-Jun ZHANG, Lan LI, et al. Diethylhexyl phthalate exposure impairs follicular development and affects oocyte maturation in the mouse. *Environmental and Molecular Mutagenesis* [online]. 2013, **54**(5), 354-361 [cit. 2022-03-05]. ISSN 08936692. Dostupné z: doi:10.1002/em.21776

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. *Sborník XXXVI. Semináře o jakosti potravin a potravinových surovin: Ingrový dny*. Mendelova univerzita v Brně, s. 300–305.

Poděkování:

Publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kontaktné údaje:

Juraj Čuboň, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: juraj.cubon@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1388-1527>

Alžbeta Jarošová, Mendel University in Brno, Faculty of AgriSciences, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Czech Republic, E-mail: alzbeta.jarosova@mendelu.cz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9809-3529>

Peter Herc Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: peter.herc96@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2366-8324>

Peter Haščík, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: peter.hascik@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3402-5658>

Adriana Pavelková, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: adriana.pavelkova@uniag.sk. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8275-8557>

Jana Tkáčová, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences. Institute of Food Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: tkacova.jt@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8236-2536>

Lukáš Hleba, Slovak University of Agriculture, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Institute of Biotechnology, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, E-mail: lukas.hleba@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8244-6548>

Miroslava Hlebová, Department of Biology, Faculty of Natural Sciences, University of SS. Cyril and Methodius, Nám. J. Herdu 2, 917 01 Trnava, Slovakia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1720-9981>

Přijato: 3. 3. 2022

Recenzováno: 10. 3. 2022

Akceptováno: 30. 3. 2022