

## ABSTRACT

During storage, honey is affected by several factors. One of them is the effect of light, which can result in a change in the honey's properties. The color of honey is a natural and characteristic property of honey, given by the presence of various chemical compounds. One of them are phenolic compounds, which significantly contribute to the positive properties of honey. Hydroxymethylfurfural is also a natural component of honey, but it is associated with several negative health effects. A total of 12 honey samples directly from Czech beekeepers, which were stored in the light and in the dark for 12 months, were analyzed. It was detected that it is important to store honey in the dark, because 12 month storage of honey in the light resulted in an average 6.4 times statistically significant increase in the content of hydroxymethylfurfural ( $p < 0.01$ ).

## ÚVOD

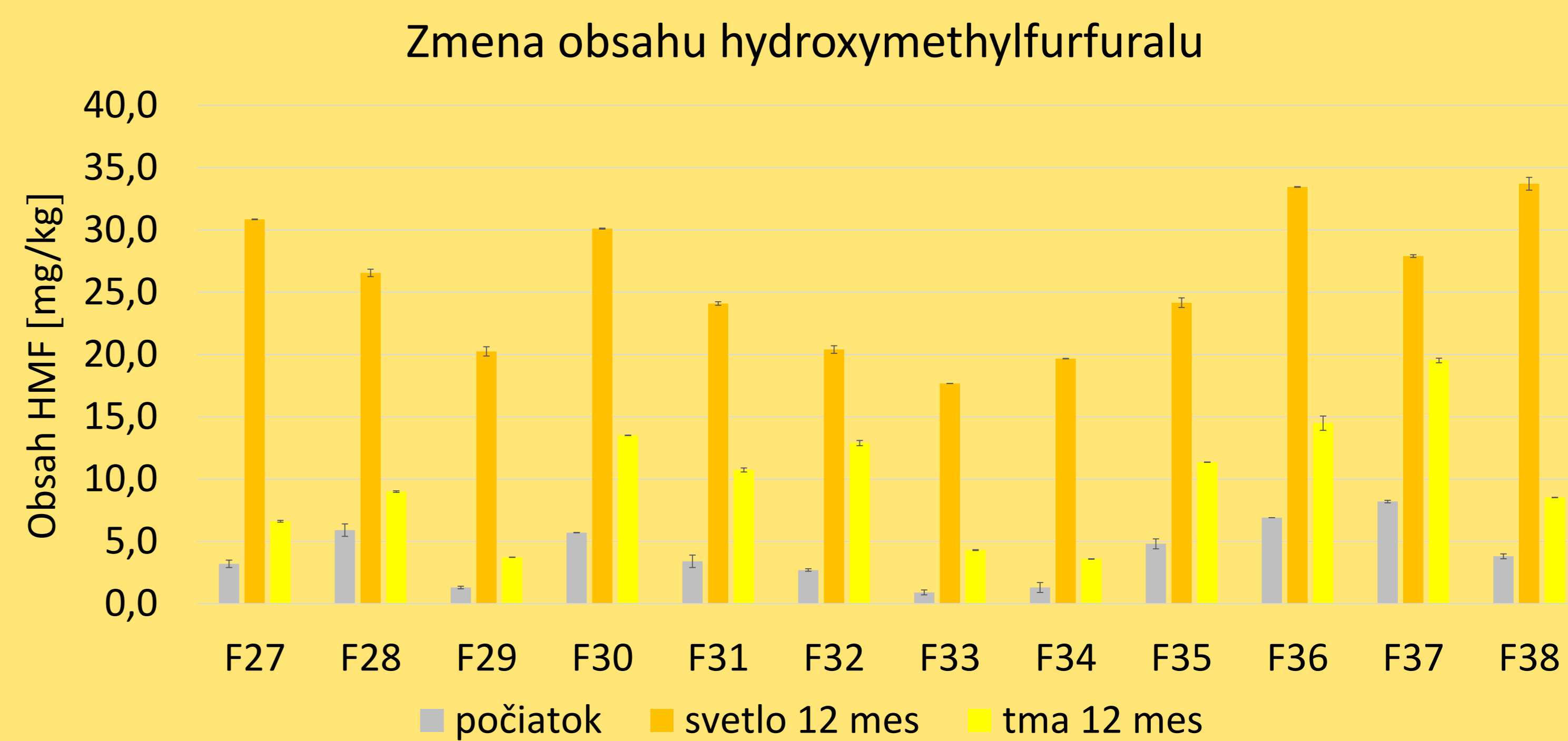
Farba je prirodzenou a charakteristickou vlastnosťou medu a závisí najmä od prítomnosti rastlinných pigmentov zahŕňajúcich karotenoidy (karotény a xantofyly), antokyány, flavonoidy a polyfenoly (Baglio, 2018). Farba medu veľmi úzko koreluje s celkovým obsahom fenolových zlúčenín (Tkáč et al., 2022), ktoré sa podieľajú na vlastnostiach medu, ako sú antioxidačná kapacita, antiradikálová kapacita a tiež antilipoperoxidačná aktivita (Beretta et al., 2005; Bertonecely et al., 2007; Kuš et al., 2014; Flanjak et al., 2016). Hydroxymethylfurfural tvorí prirodzenú súčasť medu vzhľadom na prítomnosť vhodných reaktantov, ktoré sa zapájajú do Maillardovej reakcie. Skladovanie je všeobecne jedným z faktorov, ktorý má vplyv farbu, celkový obsah fenolových zlúčenín a obsah hydroxymethylfurfuralu v mede (Spano et al., 2006; Islam et al., 2014; Korkmaz et Küplülü, 2017; Apriceno et al., 2018; Czipa et al., 2019; Yalçın, 2021; Raweh et al., 2022). Cieľom bolo zistiť, či rôzne podmienky skladovania medov, na svetle a v tme, budú mať rozdielny vplyv na farbu, celkový obsah fenolových zlúčenín a obsah hydroxymethylfurfuralu.

## MATERIÁL A METÓDY

Analyzované boli vzorky medov ( $n=12$ ) odobrané priamo od včelárov z oblasti Jihomoravského kraja. Skladované boli súbežne v tme bez prístupu svetla a na prirodzenom dennom svetle bez pôsobenia priameho slnečného žiarenia, celkovo 12 mesiacov. Farba bola meraná pomocou fotometra HI96785 Honey Color Photometer (Hanna Instruments, Rumunsko). Celkový obsah fenolových zlúčenín bol stanovený Folin-Ciocalteuovou metódou podľa Silici et al. (2010) a obsah hydroxymethylfurfuralu bol stanovený metódou vysoko účinnej kvapalinovej chromatografie s UV detekciou. Štatistické hodnotenie nameraných dát bolo vykonané v programe Excel (Microsoft Corp., USA) a programe Unistat 6.5 (Unistat Ltd., Spojené kráľovstvo).

obsahu fenolových zlúčenín po 2 ročnom skladovaní medov v tme, pričom tento nárast bol oveľa vyšší (20 až 22 %), v porovnaní s nami detegovaným nárastom. Yalçın (2021) zasa zistil, že pôsobenie slnečného žiarenia po dobu 10 dní spôsobilo štatisticky významný ( $p < 0,05$ ) pokles celkového obsahu fenolových zlúčenín.

**Graf č. 1:** Porovnanie obsahu hydroxymethylfurfuralu po 12 mesiacoch skladovania



Po 12 mesiacoch skladovania na svetle bol u všetkých vzoriek detegovaný nárast obsahu hydroxymethylfurfuralu, vid' graf č. 1. Medy skladované na svetle mali po 12 mesiacoch v priemere 6,4 násobne vyšší obsah hydroxymethylfurfuralu než na počiatku. Rovnako aj skladovanie medov v tme malo za následok nárast obsahu hydroxymethylfurfuralu. Po 12 mesiacoch bol obsah hydroxymethylfurfuralu v priemere 2,6 násobne vyšší než na počiatku. Oba rozdiely v obsahu hydroxymethylfurfuralu boli štatisticky vysoko významné ( $p < 0,01$ ). Naviac, štatisticky vysoko významný ( $p < 0,01$ ) bol aj rozdiel v obsahu hydroxymethylfurfuralu u medov skladovaných na svetle a v tme. Zhodne s našimi výsledkami detegovali nárast obsahu hydroxymethylfurfuralu v mede dôsledku skladovania v tme aj Korkmaz et Küplülü (2017), Czipa et al. (2019) a Raweh et al. (2022). Rozdielny obsah hydroxymethylfurfuralu u rovnakých vzoriek medov skladovaných za rovnakých teplotných podmienok v režime na prirodzenom dennom svetle, bez pôsobenia priameho slnečného žiarenia a v tme, poukázali na skutočnosť, že nielen tepelná energia v podobe záhrevu medu urýchľuje priebeh Maillardovej reakcie, ale aj energia elektromagnetického žiarenia v podobe prirodzeného denného svetla urýchľuje priebeh Maillardovej reakcie a potencieje tvorbu hydroxymethylfurfuralu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Po roku skladovania na svetle bola farba medov vyššia ako na počiatku, v priemere  $1,2 \pm 0,1$  násobná, ale štatisticky nevýznamná ( $p > 0,05$ ). Po 12 mesiacoch skladovania v tme, bola farba medov v priemere  $1,8 \pm 0,3$  násobná v porovnaní s počiatkovými hodnotami a táto zmena bola štatisticky vysoko významná ( $p < 0,01$ ). Štatisticky vysoko významný rozdiel vo farbe ( $p < 0,01$ ) bol detegovaný aj medzi skladovaním na svetle a v tme a to po 12 mesiacoch. Raweh et al. (2022) detegovali štatisticky významný ( $p < 0,05$ ) nárast farby medu po 4 mesiacoch skladovania pri teplote  $+25$  °C. U nami analyzovaných vzoriek medov bol detegovaný štatisticky významný ( $p < 0,01$ ) nárast farby až po 12 mesiacoch skladovania v tme. Rozdiely vo farbe medov sú prezentované v tabuľke č. 1.

**Tabuľka č. 1:** Porovnanie farby medov skladovaných na svetle a v tme

Rozdiel	Svetlo				Tma			
	Porovnávané mesiace							
	0.–1.	0.–2.	0.–3.	0.–12.	0.–1.	0.–2.	0.–3.	0.–12.
minimálny	0,7	0,7	0,6	1,0	1,0	1,1	1,1	1,4
maximálny	1,1	1,1	1,2	1,3	1,1	1,2	1,3	2,4
<b>priemerný</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,8</b>
	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$
medián	0,9	0,9	0,9	1,1	1,0	1,1	1,2	1,8
<b>štatistický</b>	0	0	0	0	0	0	0	**
	svetlo 1–tma 1		svetlo 2–tma 2		svetlo 3–tma 3		svetlo 12–tma 12	

štatistický významný rozdiel ( $p > 0,05$ ), (\*) štatisticky vysoko významný rozdiel ( $p < 0,01$ ) \*\*

12-mesačné skladovanie medov na svetle malo za následok v priemere takmer 5% štatisticky nevýznamný ( $p > 0,05$ ) pokles celkového obsahu fenolových zlúčenín. Rovnako štatisticky nevýznamná ( $p > 0,05$ ) bola aj zmena celkového obsahu fenolových zlúčenín po 12 mesačnom skladovaní medov v tme (3% nárast). Napokon, bolo zistené, že po 12 mesiacoch skladovania neexistoval štatisticky významný rozdiel ( $p > 0,05$ ) v celkovom obsahu fenolových zlúčenín medzi medmi skladovanými na svetle a v tme. Czipa et al. (2019) detegovali nárast celkového

## ZÁVER

Vzájomným porovnaním všetkých troch sledovaných parametrov (farba, celkový obsah fenolových zlúčenín a obsah hydroxymethylfurfuralu) bolo zistené, že 12 mesačné skladovanie na svetle spôsobilo v priemere 1,2 násobný, štatisticky nevýznamný nárast farby medu ( $p > 0,05$ ), 0,95 násobný, štatisticky nevýznamný pokles celkového obsahu fenolových zlúčenín ( $p > 0,05$ ) a 6,4 násobný, štatisticky vysoko významný nárast obsahu hydroxymethylfurfuralu ( $p < 0,01$ ). Naproti tomu 12 mesačné skladovanie v tme spôsobilo v priemere 1,8 násobný, štatisticky vysoko významný nárast farby medu ( $p < 0,01$ ), štatisticky nevýznamnú zmenu celkového obsahu fenolových zlúčenín ( $p > 0,05$ ) a 2,5 násobný, štatisticky vysoko významný nárast obsahu hydroxymethylfurfuralu ( $p < 0,01$ ). Na záver možno konštatovať, že z nutričného hľadiska je významné skladovať med v tme.

Štúdia bola finančne podporená z prostriedkov Inštitucionálnej podpory výskumu pridelených Ústavu hygieny a technológie potravín živočíšného pôvodu a gastronómie FVHE, VETUNI Brno.

**LITERATÚRA** 1) Apriceno, A., Girelli, A.M., Scuto, F.R. & Tarola, A.M. 2018. Determination of furanic compounds and acidity for Italian honey quality. *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 33, no. 6, pp. 411–419. 2) Baglio, E. 2018. *Chemistry and Technology of Honey Production*. Switzerland: Springer International Publishing, ISBN 978-3-319-65749-3. 3) Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M. & Maffei Facino, R. 2005. Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, vol. 533, no. 2, pp. 185–191. 4) Bertonecely, J., Dobešek, U., Jamnik, M. & Golob, T. 2007. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, vol. 105, no. 2, pp. 822–828. 5) Bogdanov, S., Martin, P. & Lüllmann, C. Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie*, 1997, no. extra issue, p. 1–59. Revidované: Bogdanov, S. *Harmonised methods of the International Honey Commission* [online]. Liebefeld: Swiss Bee Research Centre, FAM, 2009, p. 63. Dostupné z: <https://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf>. 6) Czipa, N., Kovács, B. & Phillips, C.J.C. 2019. Composition of acacia honeys following processing, storage and adulteration. *Journal of Food Science and Technology*, vol. 56, no. 3, pp. 1245–1255. 7) Islam, M.N., Khalil, M.I., Islam, M.A. & Gan, S.H. 2014. Toxic compounds in honey. *Journal of Applied Toxicology*, vol. 34, no. 7, pp. 733–742. 8) Flanjak, I., Kenjerić, D., Primorac, L. & Bubalo, D. 2016. Characterisation of selected Croatian honey types based on the combination of antioxidant capacity, quality parameters, and chemometrics. *European Food Research and Technology*, vol. 242, no. 4, pp. 467–475. 9) Korkmaz, S.D. & Küplülü, Ö. 2017. Effects of storage temperature on HMF and diastase activity of strained honeys. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, vol. 64, no. 4, pp. 281–287. 10) Kuš, P.M., Congiu, F., Teper, D., Sroka, Z., Jerković, I. & Tuberoso, C.I.G. 2014. Antioxidant activity, color characteristics, total phenol content and general HPLC fingerprints of six Polish unifloral honey types. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 55, no. 1, pp. 124–130. 11) Raweh, H.A.S., Badjah-Hadi-Ahmed, A.Y., Iqbal, J. & Alqarni, A.S. 2022. Impact of Different Storage Regimes on the Levels of Physicochemical Characteristics, Especially Free Acidity in Taha (*Acacia gerrardi* Benth.) Honey. *Molecules*, vol. 27, no. 18, p. 5959. 12) Silici, S., Sagdic, O. & Ekici, L. 2010. Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of Rhododendron honeys. *Food Chemistry*, vol. 121, no. 1, pp. 238–243. 13) Spano, N., Casula, L., Panzanelli, A., Pilo, M.I., Piu, P.C., Scano, R., Tapparo, A. & Sanna, G. 2006. An RP-HPLC determination of 5-hydroxymethylfurfural in honey: The case of strawberry tree honey. *Talanta*, vol. 68, no. 4, pp. 1390–1395. 14) Tkáč, M., Vorlová, L., Borkovcová, I. & Gollan, J. 2022. Physicochemical and bioactive characterization of beekeeper and market honeys. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, vol. 34, no. 4, pp. 268–278. 15) Yalçın, G. 2021. Effects of Thermal Treatment, Ultrasonication, and Sunlight Exposure on Antioxidant Properties of Honey. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 18, no. 6, pp. 776–780.

**Kontaktná adresa:** Mgr. Matej Tkáč, Ph.D., Ústav hygieny a technológie potravín živočíšného pôvodu a gastronómie, Fakulta veterinárnej hygieny a ekológie, Veterinárni univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 612 42 Brno, Česká republika, e-mail: tkacm@vfu.cz