



LUTEIN AND ZEAXANTHIN CONTENT IN MILLING FRACTIONS OF SELECTED WHEAT SPECIES AND VARIETIES

Lacko-Bartošová Magdaléna*, Leváková Ľudmila

Department of Sustainable Agriculture and Herbology, Faculty of Agrobiology and Food Resources, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia

OBSAH LUTEÍNU A ZEAXANTÍNU V MLYNSKÝCH FRAKCIÁCH VYBRANÝCH DRUHOV A ODRÔD PŠENÍC

Lacko-Bartošová Magdaléna, Leváková Ľudmila

Received 25. 6. 2017

Revised 29. 6. 2017

Published 27. 11. 2017

Lutein and its isomer, zeaxanthin, belong to a class of carotenoids called xanthophylls. They are the main carotenoids in cereal grains. A number of human epidemiological and clinical studies have shown that their intake is associated with reduced incidence of age-related macular degeneration, the leading cause of irreversible blindness in elderly people, and cataracts. In addition, lutein may have protective benefits against skin cancer and may also help to prevent cardiovascular diseases. The objective of the present study was to evaluate lutein and zeaxanthin content in selected varieties of wheat species produced in organic farming system and their distribution in milling fractions. A field stationary experiment was established at the Research Experimental Station Dolná Malanta in western Slovakia, during the years 2013–2015. The significantly highest average lutein content was detected in bran fraction (2.546 $\mu\text{g/g}$ dry weight) and the lowest in flour (1.675 $\mu\text{g/g}$ dry weight). Among wheat species, the significantly highest content of lutein was achieved in the bran of *Triticum monococcum* L. (5.080 $\mu\text{g/g}$ dry weight). The highest average concentrations of lutein were observed in the variety Franckenkorn of *Triticum spelta* L. (2.706 $\mu\text{g/g}$ dry weight), particularly in bran fraction. In the case of zeaxanthin, the significantly highest content was determined in whole grain of *Triticum monococcum* (0.193 $\mu\text{g/g}$ dry weight). No significant differences in the zeaxanthin content between milling fractions were determined. *Triticum monococcum* was the most important source of carotenoids, followed by *Triticum spelta* and *Triticum dicoccon*.

Keywords: lutein; milling fractions; organic farming system; wheat; zeaxanthin

Úvod

Karotenoidy sú prírodné lipofilné pigmenty so schopnosťou chrániť rastliny pred poškodením voľnými radikálmi indukovanými svetlom. Zodpovedajú za žlté, oranžové a červené sfarbenie ovocia, zeleniny a zŕn cereálií (Žilič et al., 2011). Cereálie sú vo všeobecnosti významným zdrojom karotenoidov, ktoré sú koncentrované predovšetkým v endosperme zŕn. Hlavný priaznivý účinok

*Corresponding author: Magdaléna Lacko-Bartošová, Department of Sustainable Agriculture and Herbology, Faculty of Agrobiology and Food Resources, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia, ✉ [magdalena.lacko-bartosova@uniag.sk](mailto:magdalenalacko-bartosova@uniag.sk)

karotenoidov spočíva v ich antioxidantných schopnostiach, pre ktoré sa uplatňujú v prevencii degeneratívnych procesov a ako antikarcinogénne látky (Šivel et al., 2013).

Najviac prevládajúcimi karotenoidmi v zrne cereálií sú luteín a zeaxantín, ktoré patria medzi prirodzene sa vyskytujúce xantofyly. Luteín je v zrnách pšenice prítomný v obalových vrstvách, endosperme a zárodku, čo predstavuje približne 80 – 90 % celkového obsahu karotenoidov. Podieľa sa na svetlo krémovej až žltej farbe pšeničných finálnych výrobkov (Leenhardt et al., 2006a).

Luteín sa významne uplatňuje v biochémií zrkavého vnemu. Hromadí sa v tzv. žltej škvrne (z lat. *macula lutea*) na sietnici a v očnej šošovke. Chráni oči pred poškodením ultrafialovým žiarením a následnou stratou zraku. Spolu so zeaxantínom má kľúčovú úlohu v prevencii vekom podmienenej makulárnej degenerácie, ktorá vedie k strate zraku v strede zorného poľa v dôsledku poškodenia očnej sietnice. Takisto znižuje riziko sivého zákalu (katarakty), ktorý je hlavnou príčinou zhoršeného zraku v rozvinutých krajinách (Sajilata et al., 2008; Šivel et al., 2013).

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť obsah luteínu a zeaxantínu vo vybraných odrodách pšenice špaldovej (*Triticum spelta* L.), pšenice dvojzrnovej (*Triticum dicoccon* Schrank) a pšenice jednozrnovej (*Triticum monococcum* L.) a ich distribúciu v múke, celozrnej múke a otrubách.

Materiál a metódy

Maloparcelový poľný pokus bol založený v ekologickom systéme hospodárenia na experimentálnej báze Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre – Dolná Malanta. Geograficky sa územie nachádza v západnej časti Žitavskej pahorkatiny, ktorej charakteristický trojuholníkový tvar vymedzuje pohorie Tríbeč, rieky Nitra a Žitava. Lokalita má výmeru cca 19 ha a rovinatý charakter s miernym sklonom k juhu. Nadmorská výška v lokalite sa pohybuje v rozmedzí 177 – 180 m n. m. (Slovík a Libant, 1996). Územie patrí do teplého agroklimatického regiónu. Dlhodobá priemerná teplota vzduchu dosahuje hodnotu 9,8 °C a dlhodobý ročný úhrn zrážok za obdobie rokov 1961 – 1990 je 532,5 mm (Špánik et al., 1996). Hlavnou pôdnou jednotkou na experimentálnej báze je hnedozem pseudoglejová na sprašových a polygénnych hlinách. Pôda je bez skeletu, stredne ťažká, hlinitá (Tobiášová a Šimanský, 2009).

Pokus bol založený blokovou metódou s náhodným usporiadaním v štyroch opakovaniach. Veľkosť plochy jedného opakovania bola 10 m². Biologický materiál predstavovali tri odrody pšenice špaldovej (Oberkulmer Rotkorn, Rubiota, Franckenkorn) a pšenice dvojzrnovej (Agnone, Molise sel Colli, Farvento) a jedna odroda pšenice jednozrnovej (Einkorn). Odrody pšenice boli pestované v podmienkach ekologického systému hospodárenia, bez použitia priemyselných hnojív a prípravkov na ochranu rastlín. V pokuse bol hodnotený vplyv pestovateľského ročníka a odrôd na obsah luteínu a zeaxantínu v múke, celozrnej múke a otrubách.

Karotenoidy boli stanovené chromatograficky modifikovanou metódou podľa metodiky Herrero-Barbudo et al. (2005) a Ligor a Buszewski (2012). Do 50 ml túb sa navážil 1 g vzorky a k navážke sa pridal acetón. Tuby sa vložili na 15 minút do ultrazvukového kúpeľa a nechali sa centrifugovať pri 9 000 × g po dobu 5 minút. Z túb sa odobralo 15 ml extrakčného roztoku, ktorý sa nechal dosucha odpariť vo vákuovej rotačnej odparke pri teplote 40 °C. Zvyšky z odparky sa rozpustili v 2 ml mobilnej fáze. Vzorka bola centrifugovaná pri 15 000 × g po dobu 10 minút a následne injektovaná do detekčného systému Agilent 1260 HPLC s kolónou Symmetry C-18 (Waters, 250 × 4,6 mm, veľkosť častíc 5 μm, teplota kolóny 30 °C) a mobilnou fázou acetonitril/metylénchlorid/metanol (70 : 20 : 10 v/v/v). Prietok plynu bol 1 ml/min. Na identifikáciu karotenoidov bol použitý simultánne hmotnostný spektrometer

HPLC Agilent Triple Quadrapol 6410 MS/MS s elektrosprejovou ionizáciou (ESI mód) pri pozitívnej ionizácii (kapilárne napätie 5000 V, teplota plynu 325 °C, prietok plynu 10 l/min, vaporizer 200 °C, nebulizer 40 psi). Pre luteín bol použitý SIM mód s iónovými signálmi m/z 551, pre zeaxantín m/z 569. Získané údaje boli štatisticky vyhodnotené s využitím viacfaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA) v programe STATISTICA, verzia 10.0. Preukazné rozdiely boli hodnotené na hladine významnosti $\alpha = 0,05\%$ s použitím Fisherovho LSD testu.

Výsledky a diskusia

Počas rokov 2013 – 2015 bol analyzovaný obsah luteínu v mlynských frakciách (múke, celozrnej múke a otrubách) vybraných druhov pšeníc a ich odrôd (Tabuľka 1 a 2). Spomedzi jednotlivých frakcií bol preukazne najvyšší priemerný obsah luteínu za všetky hodnotené druhy v otrubách (2,546 $\mu\text{g/g}$ sušiny) a najnižší v múke (1,675 $\mu\text{g/g}$ sušiny). Distribúcia obsahu luteínu v múke, celozrnej múke a otrubách odrôd *Triticum dicoccon* sa síce zvyšovala, avšak štatisticky nevýznamne. V prípade odrôd *Triticum spelta* bol obsah luteínu v múke a celozrnej múke tiež štatisticky nevýznamný, v otrubách signifikantne vyšší.

Tabuľka 1 Obsah luteínu v mlynských frakciách *Triticum spelta* L., *Triticum dicoccon* Schrank, *Triticum monococcum* L. ($\mu\text{g/g}$ sušiny)

Table 1 Lutein content in milling fractions of *Triticum spelta* L., *Triticum dicoccon* Schrank, *Triticum monococcum* L. ($\mu\text{g/g}$ dry matter)

Druh pšenice	Luteín, $\mu\text{g/g}$ sušiny			
	múka	celozrnná múka	otruby	priemer
<i>Triticum spelta</i>	1,571a	1,804a	2,488b	1,954b
<i>Triticum dicoccon</i>	1,494a	1,579a	1,758a	1,610a
<i>Triticum monococcum</i>	2,530b	3,492c	5,080d	3,701c
Priemer	1,675A	1,949B	2,546C	
Rok				
2013	2,179 d	2,599 e	2,934 f	2,571 b
2014	0,988 a	1,103 a	1,429 b	1,173 a
2015	1,856 c	2,144 cd	3,274 g	2,425 b

a, b,c, d, e, f, g – preukazný rozdiel na hladine významnosti $\alpha = 0,05\%$; ANOVA – LSD test; malé písmená – preukaznosť v stĺpci; veľké písmená – preukaznosť v riadku

Obsah luteínu v *Triticum monococcum* bol zo všetkých hodnotených druhov najvyšší a významne ovplyvnený frakciami zomletého zrna. Preukazne najvyššie koncentrácie luteínu boli zistené v otrubách *Triticum monococcum* (5,080 $\mu\text{g/g}$ sušiny).

Podľa výsledkov štúdie Leenhardt et al. (2006b) koncentrácia luteínu v *Triticum monococcum*, vo frakcii celozrnej múky, dosiahla priemerne $5,75 \pm 0,17 \mu\text{g/g}$ sušiny, čo boli najvyššie hodnoty v porovnaní s ostatnými testovanými druhmi pšeníc a porovnateľné s našimi výsledkami. Takisto Abdel-Aal et al. (2007) zistili najvyššie priemerné hodnoty luteínu (až 7,41 $\mu\text{g/g}$ sušiny) v *Triticum monococcum*, pričom koncentrácie tohto karotenoidu boli ovplyvnené viacerými environmentálnymi faktormi.

Tabuľka 2 Obsah luteínu v mlynských frakciách vybraných odrôd rodu *Triticum* (µg/g sušiny)
Table 2 Lutein content in milling fractions of selected varieties of genus *Triticum* (µg/g dry matter)

Druh pšenice	Luteín, µg/g sušiny			
	múka	celozrnná múka	otruby	priemer
<i>Triticum spelta</i>				
Oberkulmer Rotkorn	1,146a	1,387ab	1,808bcde	1,447a
Rubiota	1,391ab	1,671bcd	2,069defg	1,710a
Franckenkorn	2,175efg	2,354fg	3,588h	2,706b
<i>Triticum dicoccon</i>				
Agnone	1,408 ab	1,723 bcde	1,642 bcd	1,591 a
Molise sel Colli	1,595 abc	1,370 ab	1,680 bcd	1,548 a
Farvento	1,478 ab	1,644 bcd	1,953 cdef	1,692 a
<i>Triticum monococcum</i>				
Einkorn	2,530 g	3,492 h	5,080 i	3,701 c

a, b, c, d, e, f, g, h, i – preukazný rozdiel na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ %; ANOVA – LSD test

Na obsah luteínu mali signifikantný vplyv odrody, pestovateľské roky, avšak aj interakcia odroda × rok. Medzi odrodami *Triticum dicoccon* neboli zistené štatisticky významné rozdiely z hľadiska obsahu luteínu. Spomedzi odrôd *Triticum spelta* boli preukazne najvyššie priemerné koncentrácie tohto karotenoidu v odrode Franckenkorn (2,706 µg/g sušiny), pričom najzastúpenejší bol v otrubovej frakcii. Preukazne najvyšším priemerným obsahom luteínu bola charakteristická odroda *Triticum monococcum* – Einkorn (3,701 µg/g sušiny). Preukazné rozdiely v obsahu luteínu boli zistené aj medzi druhmi v jednotlivých rokoch (Tabuľka 3), pričom najnižší obsah bol v roku 2014 pri *Triticum dicoccon* (0,408 µg/g sušiny) a najvyšší obsah v roku 2015 pri *Triticum monococcum* (5,974 µg/g sušiny). Preukazné rozdiely neboli zistené pri *Triticum spelta* medzi rokmi 2014 a 2015 a pri *Triticum dicoccon* medzi rokmi 2013 a 2015.

Tabuľka 3 Štatistické zhodnotenie obsahu luteínu v jednotlivých druhoch pšeníc za obdobie rokov 2013 – 2015 (µg/g sušiny)

Table 3 Statistical analysis of lutein content in selected wheat species during the years 2013–2015 (µg/g dry matter)

Rok	<i>Triticum spelta</i>	<i>Triticum dicoccon</i>	<i>Triticum monococcum</i>
2013	3,136d	2,196c	2,002c
2014	1,288b	0,408a	3,126d
2015	1,439b	2,228c	5,974e

a, b, c, d, e – preukazný rozdiel na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ %; ANOVA – LSD test

Z hľadiska priemerného obsahu zeaxantínu neboli medzi jednotlivými mlynskými frakciami štatisticky preukazné rozdiely (Tabuľka 4). Spomedzi všetkých hodnotených druhov bol obsah zeaxantínu v *Triticum monococcum* preukazne najvyšší, pričom najvyššie koncentrácie tohto karotenoidu boli zistené v celozrnej múke (0,193 µg/g sušiny). Moore et al. (2005) udávajú koncentrácie zeaxantínu

v zrne celozrnných cereálií v rozmedzí 0,2 – 0,39 µg/g. Na obsah zeaxantínu mal významný vplyv ročník, ako aj interakcia ročník × frakcie múky. V roku 2015 bol zistený preukazne najvyšší priemerný obsah zeaxantínu (0,183 µg/g sušiny).

Tabuľka 4 Obsah zeaxantínu v mlynských frakciách *Triticum spelta* L., *Triticum dicoccon* Schrank, *Triticum monococcum* L. (µg/g sušiny)

Table 4 Zeaxanthin content in milling fractions of *Triticum spelta* L., *Triticum dicoccon* Schrank, *Triticum monococcum* L. (µg/g dry matter)

Druh pšenice	Zeaxantín, µg/g sušiny			
	múka	celozrnná múka	otruby	priemer
<i>Triticum spelta</i>	0,074a	0,084a	0,092a	0,083a
<i>Triticum dicoccon</i>	0,088a	0,091a	0,084a	0,088a
<i>Triticum monococcum</i>	0,170c	0,193c	0,124b	0,163b
Priemer	0,093A	0,103A	0,093A	–
Rok				
2013	0,051a	0,054a	0,058a	0,054a
2014	0,056a	0,050a	0,050a	0,052a
2015	0,174b	0,203c	0,172b	0,183b

a, b,c, d, e, f, g – preukazný rozdiel na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ %; ANOVA – LSD test; malé písmená – preukaznosť v stĺpci; veľké písmená – preukaznosť v riadku

Tabuľka 5 Obsah zeaxantínu v mlynských frakciách vybraných odrôd rodu *Triticum* (µg/g sušiny)

Table 5 Zeaxanthin content in milling fractions of selected varieties of genus *Triticum* (µg/g dry matter)

Druh pšenice	Zeaxantín, µg/g sušiny			
	múka	celozrnná múka	otruby	priemer
<i>Triticum spelta</i>				
Oberkulmer Rotkorn	0,068a	0,068a	0,078ab	0,071a
Rubiota	0,084abc	0,083ab	0,079ab	0,082abc
Franckenkorn	0,069a	0,101bcd	0,120d	0,097cd
<i>Triticum dicoccon</i>				
Agnone	0,090abc	0,075ab	0,067a	0,077ab
Molise sel Colli	0,087abc	0,098bcd	0,110cd	0,098d
Farvento	0,087abc	0,098bcd	0,076ab	0,087bcd
<i>Triticum monococcum</i>				
Einkorn	0,170e	0,193e	0,124d	0,163e

a, b, c, d, e – preukazný rozdiel na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ %; ANOVA – LSD test

Signifikantný vplyv na obsah zeaxantínu mali tiež odrody, pestovateľské roky, avšak aj interakcia odroda × rok (Tabuľka 5 a 6). Spomedzi odrôd *Triticum spelta* bola preukazne najvyššími koncentraciami zeaxantínu charakteristická odroda Franckenkorn, pričom najvýznamnejšie bol zastúpený v otrubách (0,120 µg/g sušiny). Pri odrodách *Triticum dicoccon* Molise sel Colli a Farvento bol obsah zeaxantínu v múke a celozrnnej múke štatisticky nevýznamný. Preukazne najvyšší obsah bol zistený v odrode Molise sel Colli, a to taktiež v otrubovej frakcii (0,110 µg/g sušiny). Pri odrode Einkorn bol zaznamenaný preukazne vyšší obsah zeaxantínu v múke a celozrnnej múke ako v otrubách. Táto odroda sa vyznačovala preukazne najvyšším priemerným obsahom zeaxantínu (0,163 µg/g sušiny) spomedzi všetkých odrôd pšeníc. Z hľadiska rokov bol preukazne najnižší obsah zeaxantínu v roku 2014 pri *Triticum dicoccon* (0,013 µg/g sušiny) a najvyšší obsah v roku 2015 pri *Triticum monococcum* (0,430 µg/g sušiny). Preukazné rozdiely neboli zistené pri *Triticum spelta* medzi rokmi 2013 a 2015 a pri *Triticum monococcum* medzi rokmi 2013 a 2014.

Tabuľka 6 Štatistické zhodnotenie obsahu zeaxantínu v jednotlivých druhoch pšeníc za obdobie rokov 2013 – 2015 (µg/g sušiny)

Table 6 Statistical analysis of zeaxanthin content in selected wheat species during the years 2013–2015 (µg/g dry matter)

Rok	<i>Triticum spelta</i>	<i>Triticum dicoccon</i>	<i>Triticum monococcum</i>
2013	0,068c	0,046b	0,038ab
2014	0,102d	0,013a	0,020ab
2015	0,080c	0,203e	0,430f

a, b, c, d, e – preukazný rozdiel na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ %; ANOVA – LSD test

Závery

V príspevku bol zhodnotený vplyv pestovateľského ročníka a odrody na obsah luteínu a zexantínu v *Triticum spelta*, *Triticum dicoccon* a *Triticum monococcum*, ako aj distribúcia týchto karotenoidov v jednotlivých mlynských frakciách. Pestovateľský ročník mal štatisticky preukazný vplyv na obsah luteínu a zeaxantínu. Spomedzi odrôd *Triticum spelta* boli preukazne najvyššie priemerné koncentrácie luteínu v odrode Franckenkorn, najmä v otrubovej frakcii. Preukazne najvyšším priemerným obsahom luteínu spomedzi všetkých odrôd bola charakteristická odroda *Triticum monococcum* – Einkorn. Signifikantne najvyšší priemerný obsah luteínu bol v otrubách, najnižší v múke. V prípade zeaxantínu bol jeho obsah preukazne najvyšší v *Triticum monococcum*, a to v celozrnnej múke. Z hľadiska priemerného obsahu zeaxantínu neboli medzi jednotlivými mlynskými frakciami štatisticky preukazné rozdiely. Najdôležitejším zdrojom karotenoidov bola *Triticum monococcum*, nasledovaná *Triticum spelta* a *Triticum dicoccon*.

Literatúra

- Abdel-Aal, E.S.M., Young, J.C., Rabalski, I. et al. 2007. Identification and quantification of seed carotenoids in selected wheat species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 55, no. 3, p. 787–794.
- Herrero-Barbudo, M.C., Granado-Lorencio, F., Blanco-Navarro, I. et al. 2005. Retinol and γ -tocopherol and carotenoids in natural and vitamin A- and E-fortified products commercialized in Spain. *International Dairy Journal*, vol. 15, no. 5, p. 521–526.

- Leenhardt, F., Lyan, B., Rock, E. et al. 2006a. Wheat Lipoxygenase Activity Induces Greater Loss of Carotenoids than Vitamin E during Breadmaking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 54, no. 5, p. 1710–1715.
- Leenhardt, F., Lyan, B., Rock, E., Rémésy, C. 2006b. Genetic variability of carotenoid concentration, and lipoxygenase and peroxidase activities among cultivated wheat species and bread wheat varieties. *European Journal of Agronomy*, vol. 25, no. 2, p. 170–176.
- Ligor, M., Buszewski, B. 2012. Effect of Kale Cultivation Conditions on Biosynthesis of Xanthophylls. *Journal of Food Research*, vol. 1, no. 4, p. 74–84.
- Moore, J., Hao, Z., Zhou, K., Luther, M., Costa, J., Yu, L. 2005. Carotenoid, tocopherol, phenolic acid and antioxidant properties of Maryland-grown soft wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53, p. 6649–6657.
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kamat, M.Y. 2008. The carotenoid pigment zeaxanthin – a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 7, p. 29–50.
- Slovík, R., Libant, V. 1996. Pôdno-geologické pomery okolia výskumnej bázy VŠP – Dolná Malanta. *Agronomická fakulta a vývoj poľnohospodárstva na Slovensku: zborník referátov z vedeckej konferencie*, Nitra: VŠP, s. 122–124. ISBN 80-7137-276-5.
- Šivel, M., Klejdus, B., Kráčma, S., Kubáň, V. 2013. Lutein – významný karotenoid ve výživě člověka. *Chemické listy*, roč. 107, s. 456–463.
- Špánik, F., Repa, Š., Šiška, B. 1996. *Klimatické a fenologické pomery Nitry (1961 – 1990)*. Bratislava: Slovenská bioklimatologická spoločnosť SAV, 60 s.
- Tobiášová, E., Šimanský, V. 2009. *Kvantifikácia pôdnych vlastností a ich vzájomných vzťahov ovplyvnených antropickou činnosťou*. Nitra : SPU, 114 s. ISBN 978-80-552-0196-2.
- Žilič, S., Šukalovič, V. H.-T., Dodig, D. et al. 2011. Antioxidant activity of small grain cereals caused by phenolics and lipid soluble antioxidants. *Journal of Cereal Science*, vol. 54, p. 417–424.