

VLIV TEPLoty SUŠENÍ NA KAROTENOIDY A ANTOKYANY: META-ANALÝZA DAT THE EFFECT OF DRYING TEMPERATURE ON CAROTENOIDS AND ANTHOCANINS: META-ANALYSIS OF DATA

Libor Červenka, Zuzana Červenková, Helena Velichová

Abstract: The aim of this study was to review studies that evaluated the effect of drying temperature on the carotenoid and anthocyanin contents in fruits and vegetables using meta-analysis. Response ratio (RR) as a meta-analytical metric was used to quantify whether drying at 40°C is better than at higher temperatures with respect to the carotenoid and anthocyanin contents. The database search revealed 14 and 8 scientific papers describing the effect of drying temperatures on the content of carotenoids and anthocyanins, respectively. Significant decrease of carotenoid content was observed in products dried at 70 °C ($RR=0,71$) and $RR=0,77$ ($p=0,008$) was calculated for anthocyanin content followed by drying at 80 °C. In general, the results of meta-analysis did not confirm that drying at 40 °C is beneficial in comparison with those dried at 50 °C, 60 °C, 70 °C and 80 °C.

Key words: response ratio; drying temperature; fruit; vegetable; oven drying

ÚVOD

V současné době jsou na vzestupu různé alternativní výživové směry, které slibují svým zastáncům samé pozitivní dopady na zdraví. Jedním z nich je vitariánství, které je založeno na konzumaci rostlinné stravy a to převážně v syrovém stavu nebo minimálně tepelně opracované. Takto připravená strava si podle zastánců zachovává maximální obsah živin a aktivitu enzymů. Podle autorky **Russo (2009)** lze vitariánskou stravu připravit z výše uvedených důvodů sušením při teplotách nepřesahujících 46 °C. Je však sušení při nízké teplotě opravdu výhodnější? V našich dřívějších pracích jsme prokázali, že příprava krekrů z pohanky při teplotě 40 °C představovala mikrobiologické riziko, které se snižovalo s rostoucí teplotou sušení. Na druhé straně, antioxidační aktivita produktů se významně nelišila (**Brožková et al., 2016a; Brožková et al., 2016b**).

Karotenoidní látky a antokyany patří mezi přírodní pigmenty ovoce a zeleniny a vyznačují se celou řadou benefičních účinků na zdraví člověka. Jejich pravidelná konzumace je spjatá se zpomalením procesu stárnutí, snižují riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění, rakoviny, cukrovky nebo neurologických nemocí. Při tepelném zpracování (sušení) však může docházet k jejich degradaci v závislosti na teplotě, času, rychlosti proudění sušicího vzduchu a dalších faktorech. Toto tvrzení však nelze zobecňovat, protože jednotlivé studie prokázaly jak negativní (**Bchir et al., 2012; Marey a Shoughy 2016**), tak pozitivní účinky (**López-Vidaña et al., 2015; Guarte et al., 2005**) vyšších teplot na obsah karotenoidních látek a antokyanů.

Pro srovnání velikosti efektů zjištěných v jednotlivých nezávislých studiích lze použít statistický nástroj meta-analýzu. Existuje celá řada různých parametrů, které kvantifikují velikosti efektů v závislosti na počtu vstupních dat (N) a přesnosti měření (vyjádřené standardní odchylkou). V tomto případě byla použita metoda *response ratio* (RR), která kvantifikuje výsledky experimentu jako změnu průměrné hodnoty (\bar{X}) pro experimentální (E) a kontrolní (K) skupinu (**Hedges et al., 1999**):

$$RR = \ln \left(\frac{\bar{X}_E}{\bar{X}_K} \right) \quad (1)$$

Tato metoda byla úspěšně použita pro stanovení vlivu kulinárních technik na obsah pigmentů v zelenině (Murador et al., 2014) nebo kvantifikaci efektu potravinářských technologií na obsah reziduí pesticidů v ovoci a zelenině (Keikotlhaile et al., 2010). V našem případě byl analyzován vliv teploty sušení na obsah karotenoidních látek a antokyanů v ovoci a zelenině.

MATERIÁL A METODY

Vlastní meta-analýze předcházela systematická rešerše literatury s využitím databází Scopus a ISI Web of Knowledge v období prosince 2016. Pro hledání relevantních článků byly použity následující kombinace klíčových slov: fruit or vegetable, carotenoid, anthocyanin, drying or dried, temperature effect, oven, convective, dehydrat*, air drying, thermal treatment, reten* or reduced. Všechny nalezené záznamy byly zpracovány s využitím programu EndNote X3. V první fázi byly odstraněny všechny duplicitní záznamy a na základě nezávislého hodnocení všemi autory byly vybrány články, které splňovaly následující kritéria: a) článek v anglickém jazyce, b) použití pouze konvenčního zařízení s nuceným oběhem vzduchu, c) teploty sušení 40°C, 50°C, 60°C, 70°C a 80°C, d) výsledky vyjádřeny na sušinu, e) uveden počet opakování a f) přítomnost standardní odchylky měření. Články byly nejprve hodnoceny na základě informací obsažených v názvu a abstraktu, poté byl kontrolován plný text článku. Výsledky uvedené v tabulkách byly použity přímo pro meta-analýzu. V případě dat uvedených v grafech byl požádán korespondenční autor o jejich numerické vyjádření, jinak byl graf zvětšen, vytištěn a hodnoty byly zjištěny pomocí pravítka.

Dále byl aplikován postup dle Hedgese et al. (1999) a byla spočítána Q -statistika, hodnoty RR (response ratio), 95 % interval spolehlivosti (IS) a pravděpodobnost platnosti hypotézy (p). Obsah karotenoidních látek a antokyanů v rostlinném materiálu po sušení při 40 °C byl použit jako kontrola a byl srovnáván s hodnotami po sušení při 50, 60, 70 a 80 °C (40/50, 40/60, 40/70, 40/80). Všechny výpočty byly prováděny v tabulkovém procesoru Excell.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V databázích ISI Web of Knowledge and Scopus bylo nalezeno celkem 745 záznamů pro karotenoidní látky a 648 pro antokyanany. Po vyloučení duplicitních záznamů a kontrole názvů článků bylo vybráno celkem 140 záznamů odpovídajících vstupním kritériím. U těchto článků byly dále kontrolovány abstrakt, metoda sušení a vyjádření výsledků. Pro meta-analýzu vlivu teploty sušení na obsah karotenoidních látek bylo vybráno 14 publikací, v případě antokyanů celkem 8 publikací. Obsah karotenoidních látek byl nejčastěji vyjádřen jako celkový obsah karotenoidů (spektrofotometricky), β -karotenu, obsah lycopenu a luteinu (metodou HPLC). Obsah antokyanů byl zjišťován spektrofotometrickou metodou. V tabulce 1 je uveden přehled studií použitých pro meta-analýzu. Z tabulky 2 je patrné, že velikost souborů dat splňuje podmínku pro vhodnost použití meta-analýzy, a to přítomnost minimálně dvou nezávislých studií.

Q -statistika poukazuje na přítomnost heterogenity v datech, což není vzhledem k použitým datům překvapující. V případě, kdy jsou hodnoty $RR < 1$, dochází ke snižování obsahu sledovaných látek ve srovnání s kontrolní skupinou. Je-li $RR > 1$, byl prokázán opak, tedy dochází ke zvyšování obsahu látek ve srovnání s kontrolou. Z tabulky 2 je patrné, že v případech sušení při 50, 60 a 80 °C nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ve srovnání s obsahem karotenů ve vzorcích sušených při 40 °C. Pro správnou interpretaci výsledků je nutné také přihlídnout k intervalu spolehlivosti

Tabulka 1. Souhrn studií použitých pro meta-analýzu

Produkt	Parametry	Teploty sušení (°C)	Reference
Rajčata	Lykopen	40, 50, 60	Abano et al., 2012
Granátová semena	Celkové antokyany	40, 50, 60	Bchir et al., 2012
Rajčata	β -karoten, lykopen	40, 80	Chang and Liu, 2007
Ibišek (květy)	Antokyany (monomerní)	40, 60, 80	Daniel et al., 2012
Mrkev (v. Nantes)	Celkové karoteny	40, 50, 60, 70, 80	Eim et al., 2013
Mrkev (v. Nantesa)	β -karoten	40, 60	Frias et al., 2010
Meruňka	Celkové karoteny	40, 60	García-Martínez et al., 2013
Mango	All-trans- β -karoten	40, 50, 60, 70, 80	Guarte et al., 2005
Lichi	Celkové antokyany	40, 60, 70, 80	Kessy et al., 2016
Momordika	Celkové karoteny	40, 50, 60, 70, 80	Kha et al., 2011
Citrus, borůvky	Celkové antokyany	40, 60	Khanal et al., 2010
Mošská řasa	Celkové antokyany a karoteny	40, 80	Ling et al., 2015
Mrkev	Celkové karoteny	40, 50, 60, 70	Liu et al., 2014
Jaboticaba	Celkové antokyany	40, 50, 60	López-Vidana et al., 2015
Mortiño	Celkové antokyany	40, 50, 60	López-Vidana et al., 2016
Pomeranč a mandarinky (kůra)	Celkové karoteny	40, 50, 60, 70	Marey and Shoughy, 2016
Cherry rajčata	β -karoten, lykopen	40, 60, 80	Muratore et al., 2008
Murta	β -karoten	40, 50, 60, 70, 80	Rodríguez et al., 2014
Maqui	β -karoten, celkové antokyany	40, 50, 60, 70, 80	Rodríguez et al., 2016
Momordika	β -karoten, lykopen, lutein	40, 50, 60	Trirattanapikul and Phoungchandang, 2016

Tabulka 2. Meta-analýza vlivu teploty sušení na obsah karotenoidních látek

	<i>k</i>	<i>N</i>	<i>Q</i>	<i>RR</i>	<i>IS(95%)</i>	<i>p</i>
40/50	9	43	2712,9	1,02	1,10–0,94	0,70
40/60	11	53	2216,8	1,02	1,05–0,99	0,20
40/70	7	30	600,5	0,81	0,85–0,77	<0,001
40/80	7	37	2683,5	0,98	1,17–0,82	0,83

k, počet studií; *N*, počet měření; *Q*, Q-statistika; *RR*, poměr výsledků; *IS(95%)*; 95 % interval spolehlivosti; *p*, pravděpodobnost.

hodnot *RR*, a jak je patrné z tabulky 2, 95 % *IS* obsahují hodnoty $RR < 1$ a > 1 . Pouze v případě sušení při 70 °C byla prokázáno snížení obsahu karotenů ve srovnání s produkty sušenými při 40°C ($RR=0,81$; $p < 0,001$). V případě meta-analýzy vlivu teploty sušení na obsah antokyanů bylo získáno méně studií. To je patrné z tabulky 3, kde pro kombinaci 40/70 byla meta-analýza provedena pouze z výsledků dvou studií. To je v principu možné, nicméně to výrazně snižuje věrohodnost meta-analýzy. V případě porovnání obsahu antokyanů v produktech sušených při 50, 60 a 70 °C byly získány i hodnoty $RR < 1$, nicméně intervaly

spolehlivosti obsahují také hodnoty *RR* výrazně vyšší než 1. Obecně tedy nelze tvrdit, že by sušení ovoce a zeleniny při 40 °C byla výhodnější ve srovnání se sušením při 50, 60 a 70 °C. Pouze v případě sušení při 80 °C bylo prokázáno významné snížení obsahu antokyanů ve srovnání s produkty sušenými při 40 °C (*RR*=0,77; *p*=0,008).

Tabulka 3. Meta-analýza vlivu teploty sušení na obsah antokyanů

	<i>k</i>	<i>N</i>	<i>Q</i>	<i>RR</i>	<i>IS(95%)</i>	<i>p</i>
40/50	3	12	733,1	0,97	1,64–0,57	0,92
40/60	7	33	1122,4	0,91	1,17–0,70	0,46
40/70	2	6	28,7	0,70	1,09–0,46	0,11
40/80	4	24	53,9	0,77	0,93–0,64	0,008

k, počet studií; *N*, počet měření; *Q*, *Q*-statistika; *RR*, poměr výsledků; *IS(95%)*; 95 % interval spolehlivosti; *p*, pravděpodobnost.

ZÁVĚR

V této práci byla použita meta-analýza pro zjištění efektu sušící teploty na obsah karotenů a antokyanů v ovoci a zelenině. Na základě výpočtu hodnot *RR* (response ratio) bylo zjištěno, že sušení při 40 °C nepředstavuje významnou výhodu ve srovnání s vyššími teplotami. Výrazné snížení obsahu látek bylo zjištěno pouze pro jednu teplotu (v případě karotenů 70 °C, antokyanů 80 °C). Při interpretaci výsledků je nutné si uvědomit následující: retence biologicky aktivních látek během sušícího procesu nezávisí pouze na teplotě, ale také na času sušení, rychlosti proudění sušícího vzduchu, na rozložení materiálu v sušárně a dalších proměnných.

LITERATURA

- Russo, R. 2009. The raw food lifestyle: the philosophy and nutrition behind raw and live foods. North Atlantic Books, Berkeley.
- Brožková, I., Dvořáková, V., Michálková, K., Červenka, L., Velichová, H. 2016. Quality and antioxidant activity of buckwheat-based cookies designed for a raw food vegan diet as affected by moderate drying temperature. *Plant Food Hum. Nutr.*, 71, 429–435.
- Brožková, I., Červenka, L., Dvořáková, V., Michálková, K., Velichová, H. 2016. The effect of processing temperature on microbial safety and antioxidant activity on minimally processed „raw food“. *J. Food Nutr. Res.*, 55, 352–360.
- Bchir, B., Besbes, S., Karoui, R., Attia, H., Paquot, M., Blecker, C. 2012. Effect of air-drying conditions on physico-chemical properties of osmotically pre-treated pomegranate seeds. *Food Bioprocess. Technol.*, 5, 1840–1852.
- Marey, S., Shoughy, M. 2016. Effect of temperature on the drying behavior and quality of citrus peels. *Int. J. Food Eng.*, 12, 661–671.
- López-Vidaña, E. C., Rojano, B. A., Figueroa, I. P., Zapata, K., Cortés, F. B. 2015. Evaluation of the sorption equilibrium and effect of drying temperature on the antioxidant capacity of the jaborcaba (*Myrciaria cauliflora*). *Chem. Eng. Commun.*, 203.
- Guarte, R. C., Pott, I., Mühlbauer, W. 2005. Influence of drying parameters on β -carotene retention in mango leather. *Fruits*, 60, 255–265.
- Hedges, L. V., Gurevitch, J., Curtis, P. S. 1999. The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. *Ecology*, 80, 1150–1156.
- Murador, D. C., da Cunha, D. T., de Rosso, V. V. 2014. Effects of cooking techniques on vegetable pigments: A meta-analytic approach to karotenoid and anthocyanin levels. *Food Res. Int.*, 65, 177–183.
- Keikotlhaile, B. M., Spanoghe, P., Steurbaut, W. 2010. Effects of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables: A meta-analysis approach. *Food Chem. Toxicol.*, 48, 1–6.
- Abano, E. E., Ma, H., Qu, W. 2012. Optimization of drying conditions for quality dried tomato slices using response surface methodology. *J. Food Process. Preserv.*, 38, 996–1009.
- Chang, C. H., Liu, Y. C. 2007. Study on lycopene and antioxidant contents variations in tomatoes under air-drying process. *J. Food Sci.*, 72, E532–E540.

- Daniel, D. L., Huerta, B. E. B., Sosa, I. A., Mendoza, M. G. V. 2012. Effect of fixed bed drying on the retention of phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant activity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Ind. Crops Prod.*, 40, 268–276.
- Eim, V. S., Urrea, D., Rossello, C., Garcia-Perez, J. V., Femenia, A., Simal, S. 2013. Optimization of the drying process of carrot (*Daucus carota* v. Nantes) on the basis of quality criteria. *Dry. Technol.*, 31, 951–962.
- Frias, J., Penas, E., Ullate, M., Vidal-Valverde, C. 2010. Influence of drying by convective air dryer or power ultrasound on the vitamin C and beta-carotene content of carrots. *J. Agric. Food Chem.*, 58, 10539–10544.
- García-Martínez, E., Igual, M., Martín-Esparza, M. E., Martínez-Navarrete, N. 2013. Assessment of the bioactive compounds, color, and mechanical properties of apricots as affected by drying treatment. *Food Bioprocess Technol.*, 6, 3247–3255.
- Kessy, H. N. E., Hu, Z. Y., Zhao, L., Zhou, M. L. 2016. Effect of steam blanching and drying on phenolic compounds of litchi pericarp. *Molecules*, 21, 729.
- Kha, T. C., Nguyen, M. H., Roach, P. D. 2011. Effects of pre-treatments and air drying temperatures on colour and antioxidant properties of gac fruit powder. *Int. J. Food Eng.*, 7, Custom 7.
- Khanal, R. C., Howard, L. R., Prior, R. L. 2010. Effect of heating on the stability of grape and blueberry pomace procyanidins and total anthocyanins. *Food Res. Int.*, 43, 1464–1469.
- Ling, A. L. M., Yasir, S., Matanjun, P., Abu Bakar, M. F. 2015. Effect of different drying techniques on the phytochemical content and antioxidant activity of *Kappaphycus alvarezii*. *J. Appl. Phycol.*, 27, 1717–1723.
- Liu, Y. H., Wu, J. Y., Miao, S., Chong, C. J., Sun, Y. 2014. Effect of a modified atmosphere on drying and quality characteristics of carrots. *Food Bioprocess Technol.*, 7, 2549–2559.
- López-Vidaña, E. C., Pilatowsky Figueroa, I., Cortés, F. B., Rojano, B. A., Navarro Ocaña, A. 2016. Effect of temperature on antioxidant capacity during drying process of mortiño (*Vaccinium Meridionale* Swartz). *Int. J. Food Prop.*, in press.
- Muratore, G. 2008. Partial dehydration of cherry tomato at different temperatures, and nutritional quality of the products. *Food Chem.*, 111, 887–891.
- Rodríguez, K., Ah-Hen, K., Vega-Galvez, A., Lopez, J., Quispe-Fuentes, I., Lemus-Mondaca, R., Galvez-Ranilla, L. 2016. Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during convective drying of murta (*Ugni molinae* T.) berries. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 49, 990–1000.
- Trirattanapikul, W., Phoungchandang, S. 2016. Influence of different drying methods on drying characteristics, carotenoids, chemical and physical properties of gac fruit pulp (*Momordica cochinchinensis* L.). *Int. J. Food Eng.*, 12, 395–409.

Kontakní adresa: doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D., Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Katedra analytické chemie; Studentská 573, 532 10 Pardubice; E-mail: libor.cervenka@upce.cz
 Mgr. Zuzana Červenková, Univerzita Pardubice, Fakulta zdravotnických studií, Katedra klinických oborů; Průmyslová 395, 532 10 Pardubice; E-mail: zuzana.cervenkova@upce.cz
 Ing. Helena Velichová, Ph.D., Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Technologická fakulta, Ústav analýzy a chemie potravin; Vavrečkova 275, 760 01 Zlín; E-mail: velichova@ft.utb.cz