

JE NÍZKÁ TEPLOTA SUŠENÍ OVOCE A ZELENINY VÝHODNĚJŠÍ? META ANALÝZA DAT

IS LOW DRYING TEMPERATURE FAVORABLE TOWARDS QUALITY OF FRUITS AND VEGTABLES? META-ANALYSIS OF DTA

Libor Červenka, Zuzana Červenková, Helena Velichová

Abstrakt

V této práci byl aplikován meta-analytický postup (poměr výsledků, PV) pro zjištění efektu teploty sušení na obsah karotenoidních látek a antokyanů v ovoci a zelenině u studií publikovaných v letech 1990-2016. Hodnoty PV klesaly s rostoucí teplotou sušení v porovnání s obsahem látek v syrovém produktu. Při srovnání obsahu karotenoidů a antokyanů v produktech sušených při nízké teplotě (40 °C) a vyšších teplotách (50 °C-80 °C) nebyl zjištěn významný rozdíl v obsahu sledovaných látek.

Klíčová slova

Meta-analýza, sušárna, karotenoidní látky, antokyaniny.

Abstract

The effect of drying temperatures on carotenoid and anthocyanin contents in fruits and vegetables was evaluated using meta-analytical approach (response ratio, RR). Relevant research papers were obtained by review process. RR values decreased with the increase in drying temperature in comparison with the raw counterparts. No significant differences were found between the content of bioactive compounds in products dried at low (40 °C) and higher (50 °C–60 °C) temperatures.

Key words

Meta-analysis, air-forced oven, carotenoid, anthocyanin

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 kreků 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 sušícího 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 (**Guarte et al., 2005; López-Vidaña et al., 2015**) 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 *poměru výsledků* (PV), která kvantifikuje výsledky experimentu jako změnu průměrné hodnoty (\bar{X}) pro experimentální (E) a kontrolní (K) skupinu (**Hedges et al., 1999**):

$$PV = \ln(\bar{X}_E / \bar{X}_K) \quad (1)$$

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 metodika

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 PV (*poměr výsledků*), 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 °C, 60 °C, 70 °C a 80 °C (40/50, 40/60, 40/70, 40/80). V rámci studie byly také hodnoceny obsahy karotenoidních látek a antokyanů ve vzorcích v syrovém stavu a sušených vzorcích. Všechny výpočty byly prováděny v tabulkovém procesoru MS Excell.

Výsledky a diskuze

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 forma vyjádření výsledků. Pro meta-analýzu vlivu nízké teploty sušení na obsah karotenoidních látek bylo vybráno 14 publikací, v případě antokyanů celkem 8 publikací. V případě srovnání obsahu látek v sušených a syrových vzorcích bylo vybráno 16 studií v případě antokyanů a 24 studií pro karotenoidní látky. Obsah karotenoidních látek byl nejčastěji vyjádřen jako celkový obsah karotenoidů (spektrofotometrická metoda), β -karotenu, obsah lykopenu a luteinu (metodou HPLC). Obsah

Tabulka 1 Meta-analýza vlivu teploty sušení na obsah karotenoidních látek v ovoci a zelenině

T (°C)	<i>k</i>	<i>N</i>	<i>Q</i>	<i>PV</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
Syrové/sušené						
T (°C)						
40	7	34	2332,5	0,88	0,84–0,92	<0,001
50	9	45	3002,9	0,70	0,64–0,75	<0,001
60	21	148	213417,0	0,69	0,61–0,78	<0,001
70	11	45	56065,6	0,41	0,34–0,48	<0,001
80	9	41	2153,2	0,58	0,53–0,63	<0,001

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

antokyanů byl ve všech vybraných studiích zjišťován spektrofotometrickou metodou. Kompletní seznam studií vybraných pro meta-analýzu je uveden v elektronické příloze (**elektronická příloha**)¹. Jak je patrné z tabulky 1, ve všech případech byly k dispozici výsledky minimálně dvou nezávislých studií, proto je možné data použít pro účely meta-analýzy. Vysoké hodnoty Q -statistik indikuje významnou heterogenitu ve vzorcích, což není vzhledem k charakteru dat nic překvapivého. Je nutné si uvědomit, že na retenci látek během

¹ dostupná na adrese: https://unipardubice-my.sharepoint.com/personal/lice0194_upce_cz/_layouts/15/guestaccess.aspx?docid=153bfc150c76043c18c1e8d17bdc4f16&authkey=ATTR89X62lIrCoq7AEbdS8o

sušení nemá vliv jen teplota, ale také další parametry, jako jsou doba sušení, rychlost proudění vzduchu, velikost vzorků aj. Hodnoty *PV* ukazují, zda došlo ke snížení obsahu karotenoidních látek ($PV < 1$) nebo ke zvýšení ($PV > 1$) ve srovnání s kontrolním vzorkem. V případě porovnání obsahu karotenoidů ve vzorcích ovoce a zeleniny sušenými při 40 °C a vyššími teplotami bylo zjištěno, že zvýšením teploty sušení na 50 °C, 60 °C nebo 80 °C prakticky nedochází ke změnám v obsahu ($PV = 0,98\text{--}1,02$), i když toto zjištění nelze považovat za statisticky významné ($p > 0,05$). Pouze porovnáním obsahu karotenoidů po sušení při 40 °C a 70 °C byl zjištěn statisticky významný úbytek karotenoidních látek ($PV = 0,81$; $p < 0,001$). Porovnáním obsahu karotenoidních látek v sušených a syrových vzorcích byl zjištěn klesající trend hodnot *PV* s rostoucí teplotou sušení. Sušením při 40 °C byla zjištěna významná pokles karotenoidů ($PV=0,88$; $p < 0,001$), který dále pokračoval až na velmi nízké hodnoty *PV* v případě sušení při 70 °C nebo 80 °C. Na základě těchto zjištění můžeme tvrdit, že teplota sušení významně ovlivňuje obsah karotenoidních látek v ovoci a zelenině a nízká teplota sušení (40 °C) má významný efekt v retenci karotenoidů ve srovnání s obsahem v syrovém stavu.

V případě meta-analýzy vlivu teploty sušení na obsah antokyanů bylo získáno méně studií. To je patrné z tabulky 2, 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. Výsledky těchto dvou prací jsou téměř protichůdné, hodnota *PV* má široký interval spolehlivosti ($IS = 1,09\text{--}0,46$). V případě porovnání obsahu antokyanů v produktech byly získány hodnoty $PV < 1$, nicméně intervaly spolehlivosti také obsahují také hodnoty *PV* vyšší než 1.

Tabulka 2 Meta-analýza vlivu teploty sušení na obsah antokyanů v ovoci a zelenině

T (°C)	<i>k</i>	<i>N</i>	<i>Q</i>	<i>PV</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
Syrové/sušené						
T (°C)						
40	6	30	30688,1	1,21	0,60–2,47	0,60
50	3	36	5250,1	0,46	0,28–0,77	0,003
60	12	101	91170,0	0,40	0,37–0,42	<0,001
70	7	67	44546,3	0,40	0,38–0,55	<0,001
80	5	15	926,1	0,26	0,17–0,41	<0,001

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

Obecně tedy nelze tvrdit, že by sušení ovoce a zeleniny při 40 °C bylo 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 ($PV = 0,77$; $p = 0,008$). Porovnáním obsahu antokyanů v ovoci a zelenině v syrovém stavu a sušených při různých teplotách bylo zjištěno, že k významným změnám v obsahu dochází až při sušení při teplotách 50, 60, 70 a 80 °C ($PV = 0,46\text{--}0,26$). Navíc je zde patrný klesající trend hodnot *PV* s rostoucí teplotou sušení.

Závěr

Sledování vlivu sušící teploty na retenci biologicky aktivních látek v ovoci a zelenině je důležitým faktorem při optimalizaci sušícího procesu u konkrétních produktů. Z obecného hlediska lze tento faktor analyzovat pomocí meta-analýzy výsledků studií vybraných podle přesných kritérií. Na základě výpočtu poměru výsledků lze se statistickou významností tvrdit, že retence karotenoidů a antokyanů v sušených produktech je významně ovlivněna teplotou sušení, pokud ji srovnáváme s obsahem látek v syrovém (nezpracovaném) rostlinném materiálu. V případě porovnání obsahu karotenoidů a antokyanů v produktech sušených při 40 °C a obsahu těchto látek při teplotách vyšších, nebyl zaznamenán žádný významný trend. Z hlediska přípravy pokrmů pro „vitariány“ nemá sušení při nízké teplotě (tj. 40 °C) podstatný vliv na retenci karotenoidů a antokyanů. Sušením při vyšších teplotách (např. 50 °C nebo 60 °C) lze dosáhnout stejného výsledku, vyšší teploty sušení mohou být navíc účinnější z hlediska zajištění mikrobiální kvality.

Literatura

- [1] RUSSO, R. *The raw food lifestyle: the philosophy and nutrition behind raw and live foods*. Berkeley: North Atlantic Books, 2009, 250 s. ISBN 978-1-55643-837-0.
- [2] BROŽKOVÁ, I., V. DVOŘÁKOVÁ, K. MICHÁLKOVÁ, L. ČERVENKA a H. VELICHOVÁ. Quality and antioxidant activity of buckwheat-based cookies designed for a raw food vegan diet as affected by moderate drying temperature. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2016a, 71, 429-435. DOI: 10.1007/s11130-016-0580-3.
- [3] BROŽKOVÁ, I., L. ČERVENKA, V. DVOŘÁKOVÁ, K. MICHÁLKOVÁ a H. VELICHOVÁ. The effect of processing temperature on microbial safety and antioxidant activity on minimally processed „raw food“. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2016b, 55(4), 352-360. Dostupné na www.vup.sk/en/download.php?bulID=1911.
- [4] BCHIR, B., S. BESBES, R. KAROU, H. ATTIA, M. PAQUOT a C. BLECKER. Effect of air-drying conditions on physico-chemical properties of osmotically pre-treated pomegranate seeds. *Food and Bioprocess Technology*. 2012, 5(5), 1840-1852. DOI: 10.1007/s11947-010-0469-3.
- [5] MAREY, Samy a Mohamed SHOUGHY. Effect of temperature on the drying behavior and quality of citrus peels. *International Journal of Food Engineering*. 2016, 12, 661-671. DOI: 10.1515/ijfe-2015-0296.
- [6] LÓPEZ-VIDAÑA, E.C., B.A. ROJANO, I.P. FIGUEROA, K. ZAPATA a F.B. CORTÉS. Evaluation of the sorption equilibrium and effect of drying temperature on the antioxidant capacity of the jaborcaba (*Myrciaria Cauliflora*). *Chemical Engineering Communication*. 2015, 203, 809-821. DOI: 10.1080/00986445.2015.1107721.
- [7] GUARTE, R.C., I. POTT a W. MÜHLBAUER. Influence of drying parameters on β -carotene retention in mango leather. *Fruits*. 2005, 60, 255-265. DOI: 10.1051/fruits:2005032.
- [8] HEDGES, L.V., J. GUREVITCH a P.S. CURTIS. The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. *Ecology*. 1999, 80, 1150-1156. DOI: 10.2307/177062.
- [9] MURADOR, D.C., D.T. da CUNHA a V.V. de ROSSO. Effects of cooking techniques on vegetable pigments: A meta-analytic approach to carotenoid and

anthocyanin levels. *Food Research International*. 2014, 65, 177-183. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.06.015.

- [10] KEIKOTLHAILE, B.M., P. SPANOGHE a W. STEURBAUT. Effects of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables: A meta-analysis approach. *Food and Chemical Toxicology*. 2010, 48, 1-6. DOI: 10.1016/j.fct.2009.10.031.

Kontaktní údaje

doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D., Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Katedra analytické chemie, Studentská 573, 53210 Pardubice, Česká republika, E-mail: libor.cervenka@upce.cz.

Mgr. Zuzana Červenková, Univerzita Pardubice, Fakulta zdravotnických studií, Katedra klinických oborů, Průmyslová 395, 53210 Pardubice, Česká republika, 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, 76001 Zlín, Česká republika, E-mail: velichova@ft.utb.cz