

Commission Regulation n. 41/2009 concerning the composition and labelling of foodstuffs suitable for people intolerant to gluten. Official Journal of the European Union dated 21.01.2009, L16/3

De Re V., Magris R., Cannizzaro R. 2017. New insights into the pathogenesis of celiac disease. *Frontiers in Medicine* 4: 137. doi: 10.3389/fmed.2017.00137

Joint Australian and New Zealand Food Standards Code. Standard 1.2.8. 2007. Available at: <http://www.foodstandards.gov.au/foodstandardscode>

Kahlenberg F., Sanchez D., Lachman I., Tuckova L., Tlaskalova H., Mendez E., Mothes T. 2006. Monoclonal antibody R5 for detection of putatively celiac-toxic gliadin peptides. *European Food Research Technology* 222: 78–82.

Real A., Comino I., de Lorenzo L., Merchán F., Gil-Humanes J., Giménez M.J., López-Casado M.A., Torres M.I., Cebolla A., Sousa C., Barro F., Pistón F. 2012. Molecular and immunological characterization of gluten proteins isolated from oat cultivars that differ in toxicity for celiac disease. *PLoS One* 7(12): e48365.

Rizzello C.G., De Angelis M., Di Cagno R., Camarca A., Silano M., Losito I., De Vincenzi M., De Bari M.D., Palmisano F., Maurano F., Gianfrani C., Gobetti M. 2007. Highly efficient gluten degradation by Lactobacilli and fungal proteases during food processing: new perspectives for celiac disease. *Applied and Environmental Microbiology* 73(14): 4499–4507

Silano M., Pozo E.P., Uberti F., Manferdelli S., Del Pinto T., Felli C., Budelli A., Vincentini O., Restani P. 2014. Diversity of oat varieties in eliciting the early inflammatory events in celiac disease. *European Journal of Nutrition* 53: 1177–1186.

Skerritt J.H., Hill A.S., Andrews J.L. 2000. Antigenicity of wheat prolamins: detailed epitope analysis using a panel of monoclonal antibodies. *Journal of Cereal Science* 32: 259–279.



před není úniku!

Nurelle D

Spolehlivý účinek proti přenašečům viróz v obilninách (mšice, křísi).

Efektivní ochrana proti osenici a dalším škůdcům řepky na podzim.

Přípravek má dlouhodobou reziduální účinnost.

CORTEVA
agriscience

Info: **602 275 038**

Predikce technologické kvality bílkovin kompozitní mouky s netradičními produkty

(Prediction of proteins technological quality of composite flour with non-traditional products)

Švec, I., Hrušková, M.

Ústav sacharidů a cereálií, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Souhrn: Obohacení pšeničné mouky různými rostlinnými materiály by mělo naplnit dva cíle - obohatit nabízené portfolio konečných produktů a vyvážit výživové skóre výrobků z pšeničné mouky. Éra zapomenutých cizích, často i zámořských rostlin je částečně na ústupu a jsou střídány plodinami domácími na evropském kontinentu. Tyto materiály nepochybně představují ječmen nebo lněné semeno; obě suroviny jsou bohaté zdroje dietní vlákniny, druhá uvedená i nenasycených mastných kyselin. Semena lněného semínka mohou být použity v neupravené formě, nebo jsou mlety do celozrnné (plnotučné) mouky. Efektivnějším využitím se zdá být oddělení oleje a výroba mouky z výlisků - pokrutin, tzv. lněné vlákniny. Použití této rostliny, přirozeně bezpečné, může přinést určité technologické potíže, takže předpovídání kvality bílkovin je na místě. Tradičně se k tomuto účelu používá sedimentační Zelenyho test a moderní metoda profil retenčních kapacit. Předložená práce nabízí statistické srovnání obou analytických metod pro předpovídání kvality bílkovin v trojsložkových kompozitech na bázi pšeničné mouky a lněné vlákniny (ze zlatého i hnědého lnu). Testované netradiční materiály byly celozrnné mouky z tmavých semen chia, žlutých quinoi a hnědočervených canahui plus nopálová mouka, přidané do premixu až do 10 hmot. % (32 trojsložkových kompozitních vzorků). Pro Zelenyho test byla potvrzena jeho robustnost pro kvantifikaci kvality bílkovin, jako hlavní vliv byl určen kombinovaný efekt typu netradiční plodiny a výše přídavku. Retenční kapacita závisela hlavně na trojici hodnocených faktorů. Pomocí shlukové analýzy je potenciálně možno stanovit rozdíly v kvalitě bílkovin pro kompozity pšeničné mouky podle retenční kapacity kyseliny mléčné.

Klíčová slova: kompozitní pšeničná mouka, netradiční plodina, Zelenyho test, retenční kapacita, hierarchická shluková analýza

Summary: Fortification of wheat flour by different plant materials should fulfil two aims – to enrich offered final products portfolio and to balance nutrition score of wheat flour-based goods. The era of forgotten foreign even frequently oversea plants is partially on retreat, and crops domestic on the Europe continent take the battalion. Undoubtedly, such materials represent barley or linseed; both are rich donors of dietary fibre, the latter also of unsaturated fatty acids. Seeds of linseed could be used as they are, or milled into whole (full-fat) flour. More efficient utilisation seems to be separation of the oil and producing the press-cake flour, so-called linseed fibre. Application of such plant, naturally gluten-free material may bring some technological difficulties, so prediction of protein quality is in place. Traditionally, the Zeleny sedimentation test is used for this purpose, and a modern method represents the solvent retention capacity profile. The presented work offers a statistical comparison of both analytical methods to predict protein quality in flour tri-composites based on wheat flour-linseed fibre premix (both golden and brown linseed applied). Tested non-traditional materials were wholemeals from dark chia, yellow quinoa and brown-red canahua seeds plus nopal flour, added into premix up to 10 wt. % (32 tri-composite samples). For the Zeleny test, its robustness to quantify protein quality was confirmed, and the combined effect of the non-traditional crop type and the addition level was verified as principal. Retention capacities depended mainly on the complete triple of the studied factors. By cluster analysis, potential to specify differences in protein quality for wheat flour composites was confirmed for the retention capacity of lactic acid.

Keywords: composite wheat flour, non-traditional crop, Zeleny sedimentation value, retention capacity, hierarchical cluster analysis

Úvod

V rámci současných trendů v potravinářském průmyslu lze kromě využití netradičních plodin sledovat návrat k plodinám domácím na evropském kontinentu, jejichž tradiční využití bylo relativně úzké. Příkladem může být ječmen, pro jehož rozšířené využití mimo sladařské účely a výrobu krup a vloček byl vypsán 6. rámcový program EU „Barley Bread“ (2006–2009). Cílem projektu bylo využití ječmene k získání pečiva s vysokým obsahem vlákniny a nízkým obsahem soli a v rámci výzkumu VŠCHT Praha byly v laboratorním měřítku vyrobeny těstoviny (Hrušková M., 2012; Hrušková M., 2015). V posledních letech se v ČR výzkum zaměřil na len a lněná semena, která jsou v pekárenství používána pro posyp pečiva a dále jako surovina pro výrobu technického a v menším měřítku i jedlého oleje. Cílový produkt je nazýván lněná vláknina, získávaná mletím a proséváním pokrutin po vylisování či extrakci oleje. Zpracovávaná surovina může pocházet jak z tradičně hnědých, tak i žlutých (zlatých) semen lnu. Světovým producentem je Functional Whole Foods New Zealand Ltd. (dříve Walramcom Ltd.), v tuzemsku pak Walramcom, s.r.o. Bruntál (ZdravéTuky.cz). Složením se barevné varianty příliš neliší – obsah vlákniny potravy je 45–52 % (poměr cca nerozpustné a rozpustné přibližně 85:15 hm. %), přirozeně bezlepkových bílkovin 32 % a omega-3 nenasycených mastných kyselin 9 % (www.vaihibush.co.nz). Ve srovnání s netradičními plodinami jako např. semena chia nebo nopálová mouka je obsah vlákniny potravy ve lněné vláknině přibližně ve středu (celková vláknina TDF 30 % (Frydrychová, 2011), respektive až 77 % (Chahdoura a kol., 2015^{*}). Známa zdravotní pozitiva konzumace vlákniny jsou zlepšení zažívání a redukce kalorického příjmu. Dalšími významnými složkami jsou antioxidanty typu tokoferolů a lignanů, účinných v prevenci rakoviny. Obsah lignanů je ve lněné vláknině 75x až 800x vyšší než v zelenině a luštěninách (Budwig, 2011).

Vliv novozélandské a tuzemské zlaté i hnědé lněné vlákniny na technologickou kvalitu bílkovin byl popsán dříve (Hrušková a Švec, 2016; Hrušková a Švec, 2017). V obou případech se jednalo o snížení, jehož míra byla závislá na výši přídatku – významný vliv na pšeničnou mouku byl prokázán pro 10 % lněné vlákniny. Podobný trend byl stanoven i v případě přídatků mouk z netradičních plodin jako chia a nopál (Švec a Hrušková, 2016), nebo quinoa a canahua (Kapačinskaitė, 2017). Poslední dvě uvedené plodiny patří do jednoho botanického rodu merlíkovité *Chenopodium* a jejich nutričním přínosem je 10–18% obsah

bílkovin s vyváženým složením – autoři Bavec F. a Bavec M. (2007) uvádějí uspokojivé zastoupení v pšenici deficitního lysinu a histidinu.

Předložená práce se zabývá porovnáním vlivu hnědé a zlaté lněné vlákniny na kvalitu bílkovin komerčně vyrobené pšeničné mouky v kombinaci s přídatky celozrnných mouk z tmavých semen chia, žluté quinoi a hnědočervené canahui a komerční nopálové mouky. Pro vyšší obsah vlákniny v testovaných rostlinných materiálech byl kromě Zelenyho testu stanoven také profil retenčních kapacit (RK) a to RK kyseliny mléčné, RK sacharózy a RK vody (kvalita bílkovin, obsah pentozanů, celková absorpční schopnost bílkovin a polysacharidů). Získaná data byla statisticky zpracována vícefaktorovou analýzou rozptylu a hierarchickou shlukovou analýzou s ohledem na vliv typu lněné vlákniny, druhu a výše přídatku netradiční plodiny včetně jejich vzájemných interakcí.

Experimentální část

Materiál a metody

Základ třísluškových kompozitních mouk tvořila pšeničná mouka hladká (M), dodaná komerčním mlýnem Delta Praha v roce 2017. Za použití IR spektrometru Infraconic 8600 (Pertin Instruments, Švédsko) byl stanoven obsah bílkovin 12,1 %. Zlatá a hnědá lněná vláknina byla definována granulací 0,5–0,7 mm a pocházela z odrůd lnu Raciol a Recital, sklizených v ČR v roce 2016 (zkratky ZL a HL). Testované netradiční suroviny byly zakoupeny ve specializovaných tuzemských nebo zahraničních obchodech ve formě hladké mouky (nopál) a celých semen (chia, quinoa, canahua). Ve druhém případě byla provedena dezintegrace na celozrnnou mouku pomocí nožového mlýnku Concept KM 5001 (Elko Valenta, Česká republika). Mletí bylo prováděno opakovaně s navázkou 25 g po dobu 3 min. Nopálová mouka je prodávána firmou Salvia Paradise s.r.o. (Komárov, Česká republika). Semena chia a quinoi pocházela z Mexika, resp. Bolívie a byla zakoupena v provozovně Country Life CZ. Semena canahui dodala firma Wolfberry s.r.o. (Ostrovačice, Česká republika), jejich původ byl však z ekologického zemědělství v Peru. Pro třísluškové mouky byl nejprve vytvořen premix z M s 10 hm. % ZL, nebo HL (poměr 90:10). Netradiční suroviny nahradily 2,5 %, 5,0 % a 10,0 hm. % premixů; kódy vzorků kombinují základní surovinu M, typ použité lněné vlákniny, výši přídatku a zkratku celozrnné mouky podle netradiční plodiny (ChC – chia, QC – quinoa, CaC – canahua, No – nopál, např. MZL+5,0No označuje premix pšeničné mouky a zlaté lněné vlákniny s 5,0 hm. % nopálové mouky). V souhrnu bylo připraveno a testováno 16 dvojic vzorků na bázi MZL a MHL proti kontrolní pšeničné mouce M.

^{*} Autoři uvádějí složení pro čerstvá kladodia (ze kterých je mouka získávána): obsah TDF 6,2 % a vlhkost 92 %.

Přesnost stanovení Zeleného sedimentační hodnoty je podle normy ČSN ISO 5529 rovna 1 ml, tj. rozdíl 2 ml mezi měřeními je již průkazný. Opakovatelnost profilu retenčních kapacit byla vypočtena jako opakovatelnost deseti měření nezávislého vzorku pšeničné mouky (směrodatné odchylky 0,29; 0,81 a 0,87 procentního bodu).

Vlivy typu lněné vlákniny (báze kompozitní mouky, premixu), druhu a výše přídatku netradiční plodiny byly statisticky popsány pomocí post-hoc Tukeyova testu ($P = 95\%$) v programu Statistica 13 (Statsoft, USA). Kvantifikace podílu těchto vlivů jako náhodných faktorů byla provedena pomocí modulu *Komponenty rozptylu*. Pro komplexní průzkum stejných činitelů byla ve stejném programu použita hierarchická shluková analýza (HCA) ze standardizovaných dat (eliminace rozdílného rozsahu stanovených parametrů). Shlukování bylo provedeno v euklidovském prostoru algoritmem Úplného shlukování (anglicky *Complete* nebo *Furthest neighbour*) jako v předchozích případech (Švec a kol., 2009; Švec a Hrušková, 2016).

Výsledky a diskuse

Vliv složení kompozitní mouky na kvalitu bílkovin pšeničné mouky

Jak lze odvodit z obr. 1a, rozdíly stanovené mezi kompozitními moukami na bázi MZL nebo MHL nebyly ve smyslu Zeleného testu statisticky průkazné; proti kontrolnímu vzorku M došlo v průměru ke snížení asi na polovinu. Mezi vzorky obsahujícími QC a CaC byly podle předpokladu srovnatelné a společně s kompozity s ChC vykázaly také podobný rozptyl. Průměrné hodnoty Zeleného testu pro vzorky obohacené nopálovou moukou odpovídaly úrovním v podskupinách MZL+ChC a MHL+ChC, ovšem rozpětí hodnot bylo trojnásobné (obr. 2a). Nopálová mouka proto měla jednoznačně nejsilnější vliv na objem sedimentu jak v případě pšeničných premixů se lněnou vlákninou, tak bez ní (Švec a Hrušková, 2016). S ohledem na neprůkaznou sestupnou tendenci při průměrování přes výši přídatků (obr. 2c) se ukázal druh netradiční plodiny jako rozhodující na kvalitu bílkovin.

Výsledky podrobnější třífaktorové ANOVA dokládají skutečnost, že Zeleného test byl vytvořen pro pšeničnou mouku; jeho dostatečná robustnost však v případech hodnocení kompozitní mouky omezuje míru rozlišení v testovaném souboru (27 %; Tab. 2). Testování vyšších přídatků by ovšem neodpovídalo technologické praxi.

Vliv složení kompozitní mouky na profil retenčních kapacit

Tab. 1 shrnuje výsledky ANOVA hlavních efektů pro jednotlivé RK. Podobně jako pro Zeleného test je patrné, že mezi kompozity na bázi MZL nebo MHL nelze najít statisticky významný rozdíl, na druhou stranu jsou hodnoty všech tří RK vyšší než pro kontrolu M. V principu se bude jednat o zvýšenou absorpční kapacitu polysacharidové složky.

Tabulka 1. Statistické porovnání vlivu faktorů typ báze kompozitní mouky, druh a výše přídatku netradiční plodiny na rozptyl retenčních kapacit (RK)

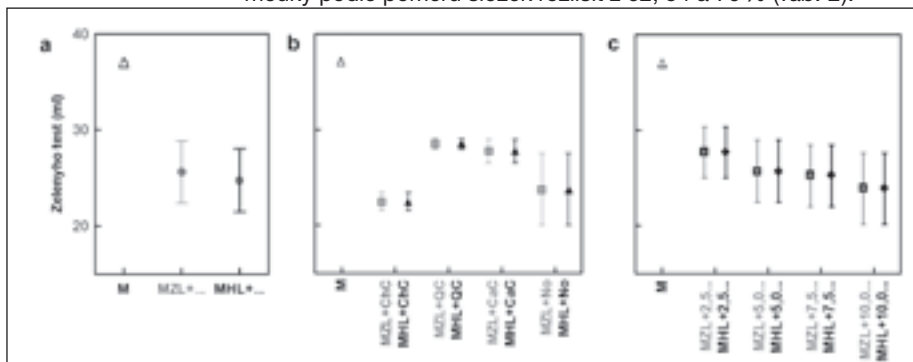
Faktor	RK vody ^a [%]	RK sacharózy ^a [%]	RK kyseliny mléčné ^a [%]
<i>a) báze kompozitní mouky (průměry přes netradiční suroviny ChC, QC, CaC, No a přídatky 2,5-5,0-7,5-10,0 %)</i>			
M	70,0 ± 0,3 a	113,6 ± 0,8 a	124,9 ± 0,9 a
MHL	143,1 ± 20,6 b	138,6 ± 13,7 b	141,5 ± 15,3 b
MZL	136,8 ± 13,6 b	133,2 ± 14,1 b	148,8 ± 28,6 b
<i>b) faktor druh netradiční plodiny (průměry přes premixy MZL, MHL a přídatky 2,5-5,0-7,5-10,0 %)</i>			
M	70,0 ± 0,3 a	113,6 ± 0,8 a	124,9 ± 0,9 a
M+ChC	165,7 ± 13,4 d	151,3 ± 15,0 b	154,6 ± 5,2 a
M+QC	126,5 ± 6,5 b	134,9 ± 13,9 a	152,9 ± 20,3 a
M+CaC	129,2 ± 5,3 b	126,9 ± 5,5 a	133,6 ± 15,7 a
M+No	138,4 ± 2,3 c	130,5 ± 4,2 a	139,4 ± 6,1 a
<i>c) faktor přídatků netradiční plodiny (průměry přes premixy MZL, MHL a netradiční suroviny ChC, QC, CaC)</i>			
0,0 (M)	70,0 ± 0,3 a	113,6 ± 0,8 a	124,9 ± 0,9 a
2,5	137,2 ± 15,0 b	130,4 ± 11,1 a	146,0 ± 10,5 a
5,0	140,8 ± 23,7 b	135,9 ± 12,3 a	141,4 ± 8,2 a
7,5	142,3 ± 18,1 b	136,2 ± 10,3 a	142,0 ± 25,2 a
10,0	139,5 ± 15,0 b	141,1 ± 20,5 a	151,2 ± 18,9 a

^a a–c: průměry ve sloupcích označené různými písmeny jsou statisticky odlišné ($P = 95\%$)

M: pšeničná mouka, MZL, MHL: směsi z M s 10 hm. % lněné vlákniny ze zlatých a hnědých semen lnu; ChC, QC, CaC: celozrnné mouky ze semen chia, quinoi a canahui; No: nopálová mouka

Pro lněná semena ve formě celozrnné mouky to potvrzují Koca a Munir (2007) jako zvýšenou vaznost při přípravě nefermentovaného těsta. V případě škrobu je podle Steffolani a kol., 2013) pro míru bobtnání rozhodující poměr amyloza/amylopektin a jejich molekulární struktura (krystalinita, délka řetězců), kdy oba parametry jsou dány botanickým původem. Podle výše přídatku lze jednoznačně odlišit pouze kontrolní vzorek a kompozitní mouky obsahující 10% podíl netradičních plodin; tendence zvyšování hodnot tří RK podle výše přídatku není jednoznačná (Tab. 1).

Zahrnutím interakcí sledovaných faktorů se potvrdily mírně vyšší hodnoty pro podsoubor MZL (Tab. 2). Mezi kompozity s celozrnnými moukami z botanicky příbuzných plodin quinoi a canahui převažují vyšší hodnoty pro druhou uvedenou. Naproti tomu by mohl vyšší podíl amylozy v canahui bránit bobtnání škrobových granulí (Steffolani a kol., 2013). Celkově se změny složení vzorků promítají do dvoj- až trojnásobné vyššího rozptylu tří RK, proto bylo možno kompozitní mouky podle poměrů složek rozlišit z 62, 54 a 70 % (Tab. 2).



Obr. 1 Vliv báze kompozitní mouky (a), druhu netradiční plodiny (b) a výše přídatku (c) na rozptyl hodnot Zeleného testu. M: pšeničná mouka, MZL, MHL: premix pšeničné mouky a 10 hm. % vlákniny ze zlatých, resp. hnědých semen lnu; ChC, QC, CaC: celozrnné mouky ze semen chia, quinoi a canahui, No: nopálová mouka; 2,5 – 5,0 – 7,5 – 10,0: výše přídatku netradiční plodiny. Grafy a), b), c) zahrnují průměry dílčích skupin vzorků celého testovaného souboru (N = 33). Počty vzorků v podskupinách: MZL+..., MHL+... (N = 16), MZL+ChC, MHL+ChC, atd. (N = 4), MZL+2,5..., MHL+2,5..., atd. (N = 4)

Tabulka 2. Statistické hodnocení vlivu typu báze kompozitní mouky, druhu a výše přídavku netradiční plodiny na Zelenýho test a retenční kapacity (RK)

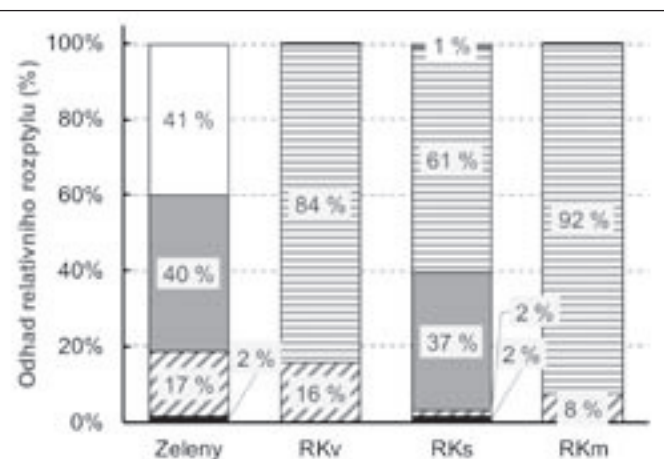
Premix ^a	Netradiční plodina ^a	Přídavek netradiční plodiny [%]	Zelenýho test ^b [ml]	RK vody ^b [%]	RK sacharózy ^b [%]	RK kyselina mléčné ^b [%]
M	-	0,0	37 h	70,0 a	113,6 a	124,9 b
MZL	ChC	2,5	24 abcdefg	165,9 s	136,7 ijk	160,0 u
		5,0	23 abcdef	192,4 u	153,9 p	154,8 rst
		7,5	22 abcd	177,2 t	154,1 p	157,5 stu
		10,0	22 abcd	163,9 r	172,8 q	158,4 tu
	QC	2,5	29 g	127,4 f	148,4 no	136,7 hijk
		5,0	29 g	130,5 gh	151,2 op	142,2 lmn
		7,5	28 fg	125,4 e	137,4 jk	126,4 bc
		10,0	28 fg	121,9 c	135,1 hij	131,4 cdefg
	CaC	2,5	29 g	125,1 de	132,1 efgh	146,8 no
		5,0	28 fg	131,9 hi	131,0 defg	147,2 nop
		7,5	28 fg	134,5 j	127,9 d	98,4 a
		10,0	26 cdefg	138,3 kl	123,4 b	135,7 ghij
No	2,5	29 g	136,8 k	122,5 bc	152,0 pqr	
	5,0	23 abcdef	140,6 m	127,8 d	141,4 klm	
	7,5	23 abcdef	137,6 k	133,0 ghi	139,7 jkl	
	10,0	20 ab	141,0 m	130,7 defg	135,3 fghij	
MHL	ChC	2,5	22 abcde	154,0 o	132,0 efgh	159,0 tu
		5,0	25 bcdefg	152,0 n	144,0 lm	146,0 mno
		7,5	21 abc	162,0 q	145,0 mn	153,0 qrs
		10,0	24 abcdefg	158,0 p	172,0 q	148,0 opq
	QC	2,5	26 cdefg	125,0 de	109,9 a	130,6 cdef
		5,0	27 defg	114,4 b	119,5 bc	129,1 bcde
		7,5	28 efg	134,9 j	137,1 jk	185,6 v
		10,0	28 efg	132,3 i	140,6 kl	241,6 w
	CaC	2,5	28 fg	129,3 g	133,0 fghi	141,0 klm
		5,0	29 g	125,1 e	129,1 def	133,7 efghi
		7,5	28 fg	126,3 ef	119,9 bc	138,4 ijkl
		10,0	26 cdefg	123,4 cd	119,0 b	127,7 bcd
No	2,5	24 abcdefg	134,3 j	128,6 de	142,3 lmn	
	5,0	22 abcde	139,6 lm	131,0 defg	136,5 hijk	
	7,5	19 a	140,3 m	135,2 hij	136,8 ijk	
	10,0	19 a	137,4 k	135,1 hij	131,6 defgh	
Opakovatelnost		1	0,29	0,81	0,87	
Variabilita ^b		a - h (27 %)	a - u (64 %)	a - q (52 %)	a - w (70 %)	

^a a - w: průměry ve sloupcích označené různými písmeny jsou statisticky odlišné (P = 95 %)

^b M: pšeničná mouka, MZL, MHL: směsi z M s 10 hm. % lněné vlákniny ze zlatých a hnědých semen lnu

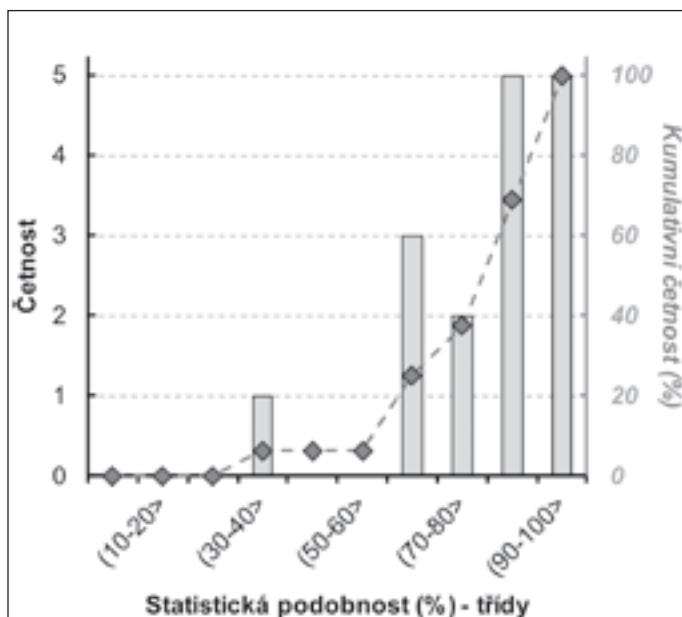
ChC, QC, CaC: celozrné mouky ze semen chia, quinoi a canahui; No: nopálová mouka

^c maximální variabilita, a - ag (33 homogenních skupin, tj. 33 vzorků), představuje odlišení ze 100 %



Obr. 2. Odhad podílu báze kompozitní mouky (premixu), druhu a výše přídavku netradiční plodiny na rozptylu sledovaných jakostních znaků. Zelený: Zelenýho test, RKv, RKs, RKm: retenční kapacity vody, sacharózy a kys. mléčné.

□ – Chyba odhadu, □ – Premix * Netradiční plodina * Přídavek, □ – Netradiční plodina * Přídavek, ▨ – Premix * Přídavek, ■ – Přídavek netradiční plodiny



Obr. 4. Histogram statistické podobnosti mezi 16 páry kompozitních mouk na bázi MZL a MHL

Tabulka 3. Vícerozměrné testy významnosti – vliv faktorů báze kompozitní mouky (premixu PR), druh a výše přídavku netradiční plodiny (DP; PŘ) na sledované jakostní znaky a jejich vzájemné interakce

a) celkové porovnání vlivu faktorů (Wilksův test)

Faktor	F-hodnota	P ^a
PR	72,3	0,000***
PR × DP	38,7	0,000***
PR × DP × PŘ	3,6	0,000***

b) komponenty rozptylu pro jednotlivé kvalitativní znaky (F-test)

Zeleného test

PR	19,2	0,000***
DP	15,1	0,000***
PŘ	1,1	0,400
PR × DP	6,5	0,010**
PR × PŘ	5,7	0,020*
DP × PŘ	7,2	0,000***
PR × DP × PŘ	0,7	0,730

RK vody

PR	40,3	0,000***
DP	105,9	0,000***
PŘ	0,6	0,680
PR × DP	3,0	0,087
PR × PŘ	1,7	0,227
DP × PŘ	0,5	0,839
PR × DP × PŘ	583,1	0,000***

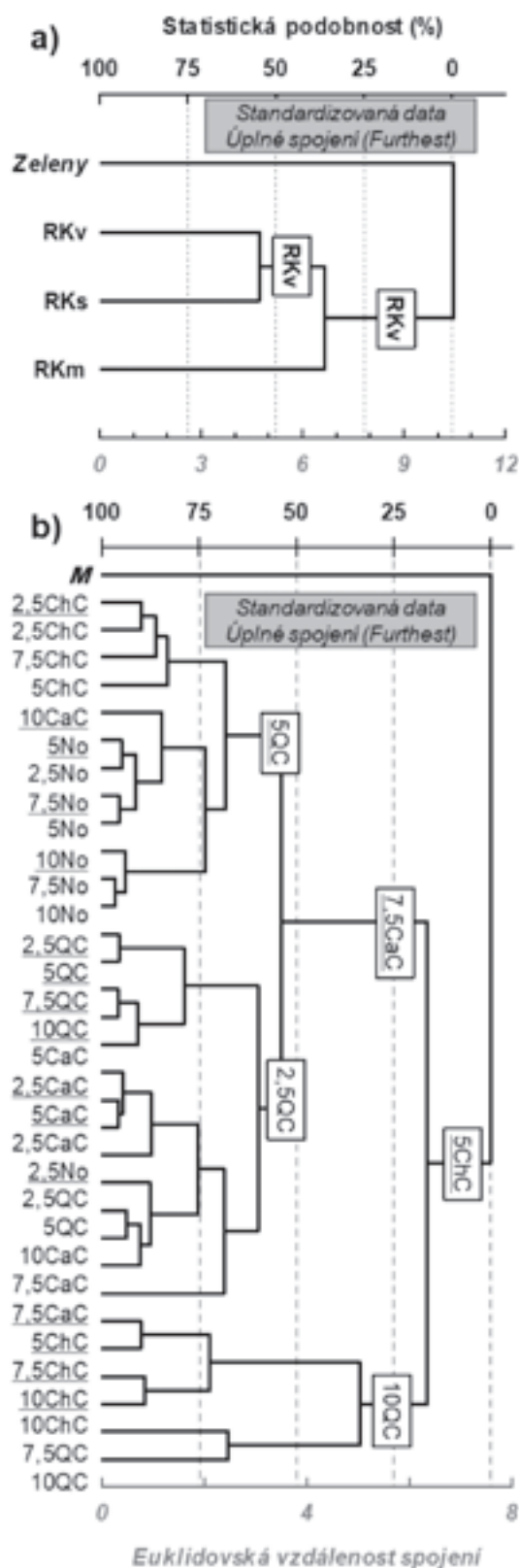
RK sacharózy

PR	4,4	0,032*
DP	6,1	0,015*
PŘ	1,1	0,434
PR × DP	2,0	0,181
PR × PŘ	0,8	0,533
DP × PŘ	2,2	0,127
PR × DP × PŘ	153,3	0,000***

RK kys. mléčné

PR	0,8	0,496
DP	1,8	0,215
PŘ	0,3	0,847
PR × DP	1,8	0,215
PR × PŘ	1,3	0,325
DP × PŘ	1,0	0,504
PR × DP × PŘ	616,5	0,000***

a *, **, *** - F-hodnota významná na hladině pravděpodobnosti P = 95 %, 99 % a 99,9 %



Obr. 3. Shluková analýza a) sledovaných jakostních znaků, b) pšeničné mouky (M) a 32 vzorků kompozitní mouky – vliv báze kompozitní mouky (premixu), druhu a výše přídavku netradiční plodiny: ChC, QC, CaC: celozrnné mouky z chia, quinoa, canahua; No – nopálová mouka; 2,5 – 5 – 7,5 – 10: výše přídavku. 2,5ChC, 2,5ChC: kompozitní mouka na bázi premixu M + zlatá lněná vláknina, resp. premixu M + hnědá lněná vláknina

Analyza rozptylu dat vlivem složení kompozitní mouky

Při predikci kvality bílkovin v celém souboru je nutno zahrnout všechny tři dílčí faktory – rozhodující se zdá být premix (PR) a druh netradiční plodiny (DP; hodnoty *F*-testu průkazné na 99,9 %; Tab. 3). Pro Zelenyho test platí výše uvedené, zohlednit by se však měla také interakce druhu netradiční plodiny a výše přídatku (PŘ). Kombinace všech tří faktorů (PR × DP × PX) však roli nehraje. Naopak pro RK vody, sacharózy i kyseliny mléčné má tato interakce zásadní vliv (*P* = 99,9 %), význam premixu a druhu netradiční plodiny postupně slábne.

Metoda komponent rozptylu umožňuje odhadnout procentní podíly sledovaných vlivů. Pro Zelenyho test jako screeningovou metodu je chyba odhadu rozptylu nejvyšší jako v předchozím případě (41 % proti 33 %; Švec a Hrušková, 2016), jinak dominuje společný efekt netradiční plodiny a přídatku. Pro RK je v různé míře převažující interakce třetího řádu (PR × DP × PŘ), pro RK sacharózy se podobně Zelenyho testu na výsledku z 37 % podílí interakce DP × PŘ.

Shluková analýza

Shlukování parametrů kvality dokládá odlišný princip stanovení Zelenyho testu a profilu RK. V souboru kompozitních vzorků se ukázala možná alternace RK vody a sacharózy; lze dovodit, že RK vody byla dílem založena na neškrobových polysacharidech netradičních plodin. Spojením obou tvrzení vyplývá nejmenší statistická podobnost mezi Zelenyho testem (kvalita bílkovin) a RK vody (absorpční schopnosti zejména polysacharidů) v dendrogramu (obr. 2a).

V grafu shlukování vzorků převažuje spojování podle plodin, v primárních a sekundárních klastrech nejvýrazněji pro nopálovou mouku. Ve směru shora dolů pak převládá nárůst míry obohacení premixů MZL a MHL (obr. 2b). Srovnáním dendrogramů 2a) a 2b) se potvrzuje výše diskutované. Lze pozorovat slabý vliv přídatků netradičních plodin na Zelenyho a průkazný vliv vyšších přídatků na RK vody a sacharózy. Stoupající míra obohacení hodnoty RK kyseliny mléčné spíše se snižovala pro vzorky jak na bázi MZL, tak MHL.

Pravouhlé shlukování s euklidovskou metrikou poskytlo data pro konstrukci grafu distribuce statistické podobnosti mezi 16 páry kompozitních vzorků na bázi MZL nebo MHL. Z jiného úhlu pohledu jsou doloženy minoritní rozdíly mezi kompozity s ZL nebo HL, neboť statistickou podobnost nad 60 % vykazuje 15 z 16 kompozitních vzorků (obr. 3). Dvě nejčtetnější třídy s podobností v intervalech <80; 90 %) a <90; 100 %) zahrnuje 63 % vzorků (data neuvedena).

Závěr

V souboru kompozitních mouk na bázi premixu pšeničné hladké s dvěma typy lněné vlákniny byly stanoveny rozdíly v analyticko-technologické kvalitě bílkovin na základě testovaných netradičních, botanicky odlišných plodin (chia, quinoa, canahua, nopál) a čtyř vyšší přídatku (2,5 – 5,0 – 7,5 – 10,0 %) jako dílčích náhrad dvousložkových premixů. V praxi běžně používaný test kvality bílkovin podle Zelenyho dokázal rozlišit 33 vzorků jen částečně (z cca 30 %). Důvodem pro toto zjištění je jednak robustnost metody (malý rozptyl dat) a také částečně protichůdný vliv druhu netradiční plodiny a výše přídatku. Profil tří retenčních kapacit, umožňující podrobnější popis vlastností kompozitní mouky, tyto vzorky odlišil na úrovni 52–70 %. Za hlavní faktor lze v případě Zelenyho testu označit interakci druhu a výše přídatku netradiční plodiny (odhad rozptylu dat ze 40 %), pro retenční kapacity interakci všech tří faktorů (odhad rozptylu dat z 61 až 92 %). Podle výsledků shlukování kvalitativních parametrů byla celková retenční kapacita založena

z téměř 50 % na neškrobových polysacharidech (podobnost RK vody a RK sacharózy). Mezi vzorky kompozitních mouk převažovalo spojování podle druhu netradiční plodiny nezávisle na barevném typu lněné vlákniny v premixu. Nejvyšší přírůstek netradičních plodin měl v rámci shluků podle plodin nejmenší statistickou podobnost k ostatním členům. Dále tento přírůstek ovlivnil negativně Zelenyho hodnoty a zejména RK kyseliny mléčné. V tomto ohledu má RK kyseliny mléčné potenciál upřesnit popis technologické kvality bílkovin včetně kompozitních mouk na bázi pšeničné.

/Recenzováno/

Dedikace

Práce byla vypracována v rámci grantu NAZV OI 151 027 „Biolen“.

Literatura

Hrušková M.: *Ječmen a těstoviny*, v knize: *Renesance ječmene 2012*, kapitola 6. Česká technologická platforma pro potraviny, Potravinářská komora České republiky, Praha 2012.

Hrušková M.: *Těstoviny s ječmenem a konopím*, v knize: *Renesance ječmene 2015*, kapitola 6. Česká technologická platforma pro potraviny, Potravinářská komora České republiky, Praha 2015.

<https://waihobush.co.nz/products/fibres-smoothies/flax-fibre-original>, staženo 9.1.2019

Frydrychová A. *Uplatnění různých druhů vlákniny do vypichovaných sušenek*. Bakalářská práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2011

Chahdoura, H, Morales, P., Barreira, J.C.M., Barros, J., Fernández-Ruiz, V., Ferreira, I.C.F.R., Achour, L. (2015). Dietary fiber, mineral elements profile and macronutrients composition in different edible parts of *Opuntia microdasys* (Lehm.) Pfeiff and *Opuntia macrorhiza* (Engelm.). *LWT – Food Sci. Technol.*, 64: 446–451

Budwig, J. *The Budwig cancer and coronary heart disease prevention diet*. Freedom Press Inc., Los Angeles 2011

Hrušková, M., Švec, I. (2016): Flax – evaluation of composite flour and using in cereal products. *Potravinářstvo*, 10, 287–294

Hrušková M., Švec I. (2017): Linseed fibre – effect on composite flour properties and cereal products quality. *Potravinářstvo*, 11: 252–259

Švec, I., Hrušková, M. (2017): Statistické hodnocení analytických znaků kompozitních směsí na bázi pšeničné mouky. *Chem. listy*, 111(1): 41–46

Kapačinskítě R.: *Evaluation of composite flour with canahua* (*Chenopodium pallidicaule*). Odborný projekt. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2017.

Bavec, F., Bavec, M. *Organic production and use of alternative crops*. Taylor & Francis Group, New York 2007

Švec, I., Hrušková, M., Jirsa, O. (2009): Využití vícerozměrných statistických metod pro sledování jakostního profilu komerční pšenice. *Chem. listy*, 103: 172–178

Koca, A.F., Munir, A. (2007): Effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality. *J. Sci. Food Agric.* 87: 1172–1175

Steffolani M.E., León A.E., Pérez G.T. (2013): Study of the physicochemical and functional characterization of quinoa and kañiwa starches. *Starch/Stärke*, 65: 976–983.

Kontaktní adresa: Ing. Ivan Švec, Ph.D., Ústav sacharidů a cereálií, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6; Ivan.Svec@vscht.cz.