

PREDIKCE TECHNOLOGICKÉ KVALITY LEPKU PŠENIČNO-ŽITNÝCH A ŽITNO-PŠENIČNÝCH SMĚSÍ

PREDICTION OF THE TECHNOLOGICAL QUALITY OF GLUTEN OF WHEAT-RYE AND RYE-WHEAT MIXTURES

Ivan Švec¹ – Petra Smrčková¹

¹Ústav sacharidů a cereálií, Fakulta potravinářské a biochemické technologie,
VŠCHT v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0248>



ABSTRAKT

Technologická kvalita lepku v binárních směsích z pšeničné mouky hladké světlé (Pš) a žitné hladké chlebové (ŽCh), resp. žitné hladké celozrnné (ŽCz) byla stanovena pomocí vlastní modifikace testu *Gluten Index* (GI; metoda AACC 38-12.02). Při standardním vymývání lepku z vodných suspenzí 90Pš : 10ŽCh a 90Pš : 10ŽCz na přístroji Glutomatic Perten došlo k ucpání síta nabobtnanými žitnými arabinoxylany. Alternativní postup extrakce byl vytvořen na základě mezinárodně zavedené metody *Profil retenčních kapacit* (SRC, AACC 56-11). Kvalita kontrolního vzorku pšeničné mouky odpovídala kategorii „silný lepek“, jelikož hodnoty standardního i modifikovaného GI byly vyšší než 80 (GI 90,07 ± 4,24; GI_{modif} 82,20 ± 0,01). Jak se očekávalo, vyšší podíl žitné mouky v binární směsi znamenal nižší hodnoty GI_{modif}. Pro směs 50Pš : 50ŽCh a samotnou ŽCh byly hodnoty GI_{modif} 47,33 ± 0,02 a 17,60 ± 0,02, zatímco pro celozrnné protějšky 48,05 ± 0,02 a 28,22 ± 0,02. Zvýšená kvalita žitné mouky celozrnné a jejích směsí je jen zdánlivá – vyšší hodnoty GI_{modif} lze přičíst absorpční schopnosti lineárních arabinoxylanů, přítomných ve vyšším podílu. Přesnost predikce lineární regrese analýzou pro 2 samostatné sady 11 vzorků byla uspokojivá ($R^2 = 0,963$ a 0,971).

Klíčová slova: pšeničná mouka; žitná mouka; mouka chlebová; mouka celozrnná; binární směs; kvalita lepku; Gluten Index; korelace; regrese

ABSTRACT

The technological quality of gluten in binary blends from wheat white flour (Pš) and rye bread flour (ŽCh), or rye wholemeal one (ŽCz) was determined using our own modification of the *Gluten Index* (GI; method AACC 38-12.02). During standard washing of gluten from aqueous suspensions 90Pš : 10ŽCh and 90Pš : 10ŽCz on the Perten's Glutomatic device, the sieve was clogged with swollen rye arabinoxylans. An alternative extraction procedure was created based on the internationally established method *Retention Capacity Profile* (SRC, AACC 56-11.01). The quality of the control wheat flour sample corresponded to the "strong gluten" category, since the values of both the standard and modified GI were higher than 80% (GI 90.07 ± 4.24; GI_{modif} 82.20 ± 0.01). As expected, the higher proportion of rye flour in the binary mixture, the lower GI_{modif} value. For the 50Pš:50ŽCh mixture and ŽCh alone, the GI_{modif} values were 47.33 ± 0.02 and 17.60 ± 0.02, respectively; for the wholegrain counterparts, these values were 48.05 ± 0.02

and 28.22 ± 0.02 . The increased quality of rye wholegrain flour and its blends is apparent only – the higher GI_{modif} values can be attributed to the absorption capacity of linear arabinoxylans, present in a higher portion. The accuracy of the prediction by a linear regression analysis was satisfactory for both 2 separate sets of 11 samples ($R^2 = 0.963$ and 0.971).

Keywords: wheat flour; rye flour; bread flour; wholegrain flour; binary mixture; gluten quality; Gluten Index; correlation; regression

ÚVOD

Znalost technologické kvality lepku v pšeničných moukách je rozhodující pro výrobu konkrétního typu cereálního výrobku. Z analytického pohledu je nejsnazší stanovení tzv. *mokrého lepku* ručním vypíráním z mouky pod proudem studené vody; tento postup je však zatížen značnou chybou a vyžaduje delší praxi. Lepkové bílkoviny jsou schopny navázat vodu v přibližně trojnásobném množství k vlastní hmotnosti. V mlýnsko-pekárenské praxi jsou v posledních 30 letech běžně využívány infračervené spektrometry, jejichž kalibrace v základu zahrnují obsahy vlhkosti, popela, bílkovin a mokrého lepku, případně vaznost mouky.

Za nejstarší metodu odhadu pekařské kvality pšeničného lepku v mouce lze považovat *Zelenyho sedimentační test* v prostředí kyseliny mléčné a isopropylakoholu, vyvinutý koncem první poloviny 20. století (Zeleny, 1947). O třicet let později byla představena varianta *SDS-test* pro celozrnný šrot s činidly laurylsíran sodný a kyselina octová (Axford et al., 1978). V obou případech však dochází pouze k vysrážení lepkových bílkovin (částečně i jiných biopolymerů) a odečtu objemu sedimentu. Dosud poslední analytickou možnost predikce kvality lepku v pšeničných moukách a směsích s jinými surovinami vypracovali Slade a Levine, původně pro pekařsky slabé (sušenkové) mouky. Postup nazvaný *Profil retenčních kapacit* (*Solvent Retention Capacity profile*) byl publikován v roce 1994 (Slade a Levine, 1994) a revidován 2011 (Kweon et al., 2011). Karas (2019) ve své práci doložil použitelnost této metody jak pro celozrnné šroty, tak pro 18 frakcí získaných mletím pšenice v průmyslovém mlýně (ze šrotování, luštění, vymílání, z třídiče a vytloukačky). Vzorek mouky se hydratuje 50% kyselinou mléčnou, suspenze je odstředěna a konečná hodnota *Retenční kapacita kyseliny mléčné* vyjadřuje relativní míru absorpce činidla lepkotvornými bílkovinami. V případě této trojice metod izolovatelný lepek nevzniká, jelikož chybí vklad mechanické energie k jeho vytvoření.

V tomto směru byly v šedesátých letech 20. stol. vytvořeny zařízení a instrumentální metoda *Gluten Index* (GI), kdy je lepek vypírán na kovovém sítku 2% roztokem NaCl jak z pšeničné mouky hladké světlé, tak hladké celozrnné. Izolovaný lepek je standardně odstředěn a hodnota GI odpovídá hmotnostnímu poměru přepad/propad (silný lepek $GI > 80$, středně silný lepek $80 > GI > 60$, slabý lepek $GI < 30$). Uvedené metody byly postupně standardizovány a mezinárodně uznány jak evropskou organizací International Association for Cereal Science and Technology (Viedeň, AUT), tak Americkou asociací cereálních chemiků (dnes Cereals & Grain Association, Saint Paul, Minnesota, USA).

Výše uvedené metody byly vytvořeny především pro pšeničnou mouku hladkou – ve střední Evropě se jedná o typy hladká světlá T530 a případně polosvětlá T650, v zámoří pak *plain wheat flour* (alternativně *white*

wheat flour, all-purpose wheat flour). V případě výše vymletých typů chlebové a celozrnné jsou výsledky zkesleny vyššími podíly rozpustné a nerozpustné vlákniny – neškrobových hemicelulóz, arabinoxylanů atp., pocházejících z obalových vrstev zrna (otrub). Otruby v hladké mouce vytváří frakci charakteristickou střední velikostí částic větší než pšeničný endosperm a zároveň lepší schopností bobtnat. Tyto vlastnosti urychlují sedimentaci, stejně jako omezují vývin lepku při jeho vypírání či hnětení těsta. Zmíněné jevy nastávají při zpracování kombinací nejběžnějších pekařských mouk pšeničné hladké světlé / chlebové a žitné chlebové – pro konzumní chléb kmínový je typický směsný poměr 60 : 40. Proto bylo cílem této studie na základě zavedených laboratorních postupů navrhnout vlastní metodu odhadu kvality lepku v pšenično-žitných a žitno-pšeničných směsích jak pro mouku žitnou chlebovou, tak žitnou celozrnnou. Důvodem bylo ucpání promývacích sítí přístroje Glutomatic při zpracování obou binárních vzorků obsahujících 10 % žitné mouky.

MATERIÁL A METODIKA

Mouky a chemikálie

Pro laboratorní zkoušky byly vybrány běžné komerční mouky pšeničná hladká světlá, žitná chlebová a žitná celozrnná (Pš, ŽCh, ŽCz) z produkce firmy Mlýn Perner (Svijany, ČR). Uvedená trojice mouk byla využita k přípravě dvou paralelních souborů 9 binárních směsí, odstupňovaných po 10 hmot. %. V souladu s Vyhláškou Ministerstva zemědělství ČR č. 18/2020 Sb. lze čtveřici směsí 90Pš : 10ŽCh / ŽCz až 60Pš : 40ŽCh / ŽCz klasifikovat jako pšenično-žitné, zatímco ostatní čtyři (40Pš : 60 ŽCh / ŽCz až 10Pš : 90ŽCh / ŽCz) jako žitno-pšeničné. V souladu s označením směsí jsou tři základní mouky dále kódovány jako 100Pš : 0Ž, 0Pš : 100ŽCh a 0Pš : 100ŽCz.

Pro zkoušku Gluten Index jsou nezbytnými chemikáliemi pouze destilovaná voda a chlorid sodný o čistotě *p.a.* V tomto případě byla deionizovaná voda vyrobena na přístroji *DEMIWA 5roi* (WATEK s.r.o., Ledec nad Sázavou) s vodivostí 0,20 μS. Chlorid sodný *p.a.* byl zakoupen od firmy Ing. Petr Švec – PENTA s.r.o. (Praha).

Základní chemické složení mouky a směsí

Základní chemické složení tří kontrolních mouk bylo stanoveno ve dvou opakováních podle příslušných mezinárodních norem (vlhkost, bílkoviny, celková vláknina, tuk a popel), obsah škrobu byl určen dopočtem. Chemické rozborů zahrnují i reprezentativní směsi 50Pš : 50ŽCh / ŽCz.

Měření Gluten Indexu standardním a modifikovaným postupem

Podle metodiky normy AACC 38-12.02, tj. pro normované 10g navážky mouky, byl rovněž ve dvou opakováních proveden test Gluten Index s pšeničnou moukou (100Pš : 0Ž) plus směsmi 90Pš : 10ŽCh a 90Pš : 10ŽCz (; Obrázek 1a). Byly použity přístroj Glutomatic a odstředivka CF 2015 s příslušenstvím (Perten Instruments, SWE; součást PerkinElmer, USA). S výjimkou pšeničné mouky byl test neúspěšný – během vypírání hydratované žitné arabinoxylany sítko téměř okamžitě ucpaly, kdy ani vyšší podíl větších částic žitných otrub ve směsi s celozrnnou neusnadnil vymývání.

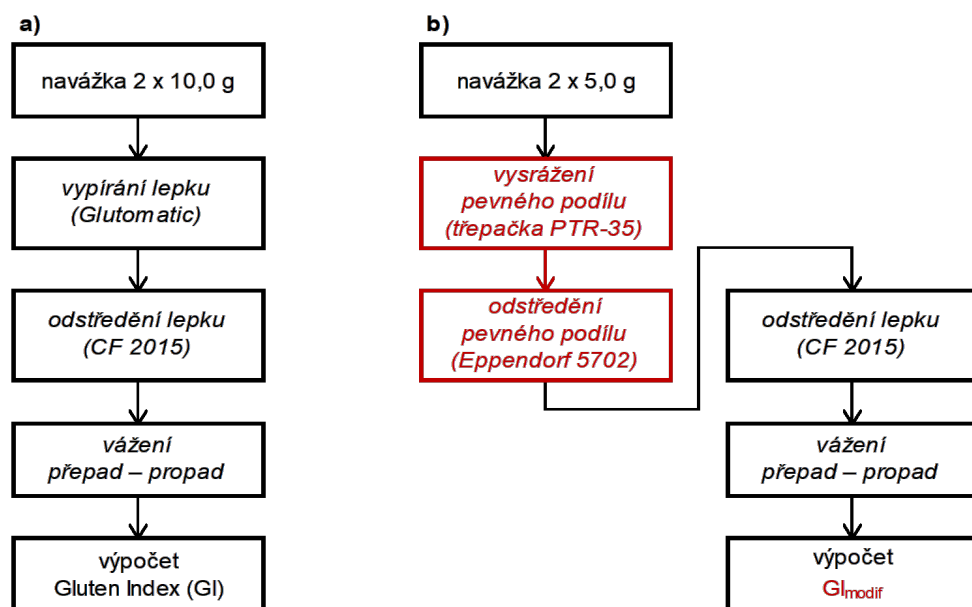
Proto byl na základě znalosti metody *Profil retenčních kapacit (SRC profile, AACC 56-61.01; Švec a Hrušková, 2014)* vytvořen vlastní postup, kdy srážecím činidlem je původní standardní 2% vodný roztok NaCl (Obrázek 1b). Je patrné, že modifikace spočívá ve vysrážení pevného podílu a jeho odstředění v plastových 50ml zkumavkách Falcon. Další vhodné změny vyplynuly z prvotních pokusů:

1. snížení navážek mouky $2 \times 10,0$ g na poloviční množství pro přímé přenesení sedimentu z prvního odstředění (viz bod 4.) do kyvet pro druhé odstředění, umožňující účinnější odstředění lepku (průkaznější kvalitativní rozlišení jednotlivých vzorků s menší odchylkou párových měření),
2. zvýšení objemu činidla z 25 na 40 ml, aby byla umožněna kompletní hydratace celozrnné mouky,
3. zkrácení doby protřepávání vzorků na rotační třepačce PTR-35 (Grant Bio, GBR) z 20 na 10 min (při zachování původní rychlosti 30 ot/min),
4. odstředění na centrifuze Eppendorf 5702 (Eppendorf SE, GER), nastavené na 10,0 min a rychlost 3.500 ot/min.

Po slití supernatantu byly zkumavky Falcon postaveny šikmo na list filtračního papíru a 10 min ponechány odkapat jako v případě měření profilu retenčních kapacit (AACC 56-11.01). Díky kónickému dnu se na sedimentech vytvořila špička, která byla prokazatelně sušší než protější plochá strana. Poté byly zkumavky seříznuty na výšku 35 mm a sedimenty kvantitativně přeneseny pinzetou do kazet centrifugy Perten „špičkou vzhůru“. Odstředění na zařízení Perten CF2015 proběhlo již v souladu s původním postupem (1,0 min při 6.000 ot/min.). Závěrečná fáze testu, tj. vážení přepadu i propadu a výpočet výsledků, je v obou postupech stejná. Výsledné parametry jsou dále uváděny pod zkratkami GI a GI_{modif} .

Statistické hodnocení

Získaná data byla porovnána v programu Statistica 13.1 (Dell, USA) pomocí 2f-ANOVA pro faktory $F1$ – *Typ žitné mouky* a $F2$ – *Výše přídatku žitné mouky* ($p < 95\%$). Linearita dat byla posouzena jednoduchou regresí zvlášť pro soubory s moukou žitnou chlebovou, resp. celozrnnou. Získané koeficienty determinace R^2 vypovídají o těsnosti korelací mezi podílem pšeničné či žitné mouky a hodnotou GI_{modif} .

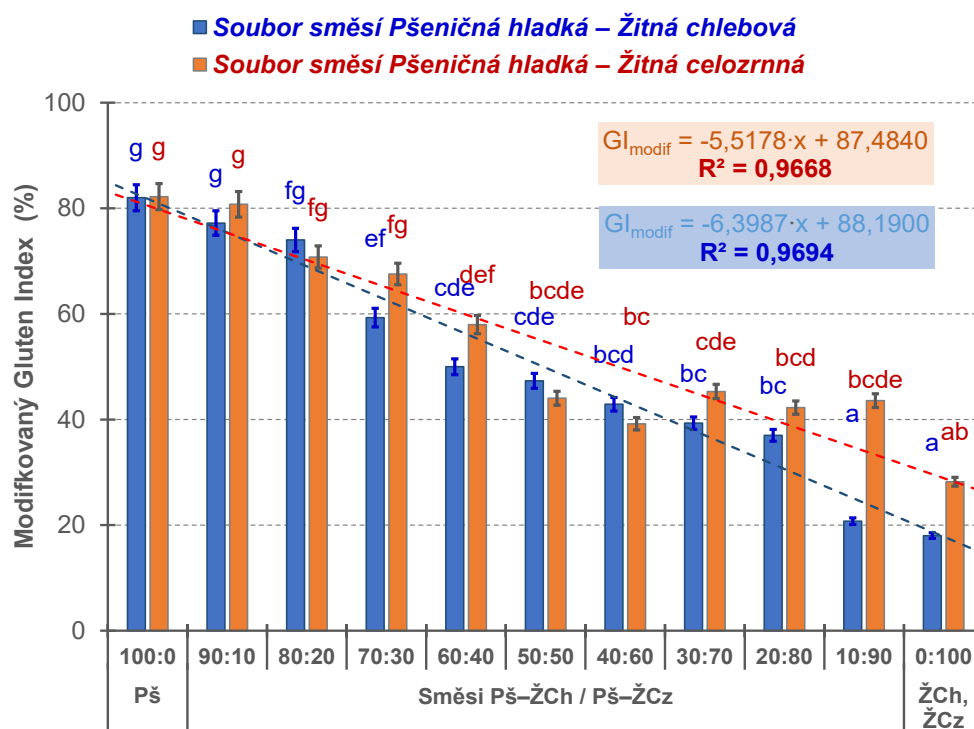


Obrázek 1: Schémata a) standardního a b) vlastního modifikovaného postupu testu Gluten Index

VÝSLEDKY A DISKUZE

Základní chemické složení mouky a směsí

Podrobné výsledky chemické nutriční analýzy jsou shrnuty v článku Švec et al. (2024); obsah jednotlivých složek v trojici základních vzorků Pš, ŽCh a ŽCz odpovídal mlynářskému typu mouky. Obsahy bílkovin byly tedy 11,76 % 7,08 % a 9,15 %, vlákniny 4,06 %, 10,40 % a 15,47 %, resp. škrobu 71,45 %, 70,01 % a 60,94 %. Lze shrnout, že obsah škrobu logicky průkazně klesal ve prospěch podílů bílkovin, vlákniny a také minerálních látek (popela; $p < 0,05$); jako nutričně bohatší byly potvrzeny celozrnné směsi.



Obrázek 2: Porovnání vlivu typu žitné mouky a výše náhrady pšeničné pro jakostní znak modifikovaný Gluten Index. (Označení sloupců odlišným písmenem ukazuje statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$)).

Standardní Gluten Index test

Výhradně pro vzorek pšeničné mouky bylo možno standardním postupem stanovit hodnotu GI, 10 % obou žitných mouk ve směsích znamenalo ucpání sítěk Glutomaticu hydratovanými arabinoxylany. Kvalita komerční pšeničné mouky odpovídala kategorii „silný lepek“ ($GI\ 90 \pm 4$). Naproti tomu je hodnota $GI_{\text{modif}}\ 82 \pm 1$ prakticky srovnatelná, i když statisticky průkazně mírně nižší. Pro 25 odrůd pšenice typu *Western Canadian* ze sklizně 2016 Tozzati et al. (2020) zaznamenali hodnoty GI v rozmezí 60–99 ($GI_{\text{prům}}\ 89 \pm 9$).

Modifikovaný Gluten Index test

Při stanovení GI_{modif} bylo prvním odstředěním směsí obsahujících ŽCh / ŽCz získáno 4,04 až 4,59 g, resp. 4,01 až 4,91 g hydratované pevné fáze. Pro všechny testované mouky a binární směsi došlo k maximálnímu vytěžení pevné fáze, jelikož nebyl v těchto hmotnostech pozorován žádný trend. Po druhém odstředění na sítku se světlostí ok 80 μm již nastal předpokládaný pokles v hmotnostech přepadu (3,21 až 0,88 g, resp. 3,81 až 1,36 g) a opačně v podílech propadu (0,59 až 3,32 g, resp. 0,70 g až 3,48 g). Pro kontrolní pšeničnou mouku, směs 50:50 a žitnou mouku tomu odpovídají vypočtené hodnoty $GI_{\text{modif}}\ 82$, 47 a 18 pro chlebové, resp. 82, 48 a 28 celozrnné varianty (Obrázek 2). Hodnotu GI_{modif} kontrolního vzorku ŽCz o 10 procentních bodů vyšší než pro ŽCh lze vysvětlit interakcí více zastoupené vlákniny s žitnými bílkovinami a větší absorpční schopností.

V jednotlivých souborech Pš : ŽCh a Pš : ŽCz lze statisticky odlišit skupiny s průměry $GI_{\text{modif}}\ 78$, 52, 40 a 20 v prvním a 78, 63, 44 a 34 ve druhém případě (Tabulka 1). Je patrné, že mezi vzorky Pš : ŽCz z neznámého důvodu vybočuje směs 40:60 i přes opakované měření. V souhrnu však toto statistické rozdělení do skupin naznačuje podobnou zpracovatelnost kynutých těst z pšeničné chlebové a žitné chlebové mouky, běžných v pekárenském provozu. Řádově do 20% žitné mouky převládá pšeničný charakter těsta, na opačném konci mají těsta 20:80 a 10:90 statistiky blíže k celožitnému – konstatování vychází z farinografického hodnocení těchto směsí (Švec et al., 2024). Typický poměr pšeničné chlebové a žitné chlebové v klasickém střeoevropském konzumním chlebu je 60:40, kdy veškerá použitá žitná mouka má podobu kvasu.

Tabulka 1: Statisticky rozdílné (homogenní) skupiny binárních moučných směsí podle znaku kvality lepkových bílkovin GI_{modif}

Binární směsi hladkých mouk	a) Soubor Pš : ŽCh	b) Soubor Pš : ŽCz
Statisticky homogenní skupina	aa) 100:0 90:10 a 80:20 ^{f–g}	ba) 100:0 90:10 a 80:20 ^{f–g}
	ab) 70:30 60:40 a 50:50 ^{e–c}	bb) 70:30 60:40 ^{e–f}
	ac) 40:60 30:70 20:80 ^{b–c}	bc) 50:50 30:70 20:80 10:90 ^{b–e}
	ad) 10:90 0:100 ^a	bd) 40:60 0:100 ^{a–b}

Legenda: Pš, ŽCh, ŽCz: mouky pšeničná hladká světlá, žitná hladká chlebová a žitná hladká celozrnná.

GI_{modif} : Gluten Index test, provedený podle vlastní modifikace metody AACC 38-12.02.

Rozdílné horní indexy ukazují statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$).

Regresní analýza a korelace

Data vynesena sloupcového grafu (Obrázek 2) jednoznačně dokládají předpokládané trendy ve smyslu těsného lineárního proložení pro oba soubory Pš : ŽCh a Pš : ŽCz a současně vyšší hodnoty pro celozrnné

směsi. Koeficienty determinace R^2 dosáhly vysoké úrovně (0,969 a 0,967), odpovídající korelační hodnoty GI_{modif} k podílu žitné mouky chlebové, resp. celozrnné $r = 0,985$ a $0,983$ jsou průkazné na hladině $p < 0,001$.

Korelační analýza mezi hmotnostmi meziproduktů a výslednými hodnotami GI_{modif} v souhrnu potvrzuje výše diskutované (Tabulka 2). Lze postřehnout, že úspěšnost srážení pevného podílu protřepáváním lze považovat za náhodnou veličinu, nezávislou na obou sledovaných faktorech proměnlivosti dat ($F1$ – Typ žitné mouky, $F2$ – Výše přídatku žitné mouky). Korelace pro hmotnost pevného podílu s ostatními parametry byly totiž nejslabší, průkazné pouze na hladině $p < 0,05$ ($r \in <-0,46; 0,56>$). V ostatních případech byla určena hladina významnosti $p < 0,001$, což potvrzuje správnost zvoleného metodického přístupu. Hodnoty parametru GI_{modif} mezi oběma soubory binárních směsí mouk závisely na podílu žitné mouky podobnou měrou – vzájemná korelace je velmi těsná ($N = 18$, $r = 0,92$; $p < 0,001$; Tabulka 2).

Tabulka 2: Korelační analýza hmotností meziproduktů modifikovaného postupu Gluten Index testu a GI_{modif}

Proměnná	Var1 Podíl žitné mouky	Var2 Hmotnost pevného podílu ¹	Var3 Hmotnost propadu ²	Var4 Hmotnost přepadu ²	Var5 GI_{modif} Pš-ŽCh	Var6 GI_{modif} Pš-ŽCz
Var1	–	0,53 **	0,98 ***	-0,98 ***	-0,98 ***	-0,93 ***
Var2	0,53 *	–	0,56 **	-0,51 *	-0,53 *	-0,46 **
Var3	0,98 ***	0,56 **	–	-0,99 ***	-1,00 ***	-0,92 ***
Var4	-0,98 ***	-0,51 *	-0,99 ***	–	1,00 ***	0,91 ***
Var5	-0,98 ***	-0,53 *	-1,00 ***	1,00 ***	–	0,92 ***
Var6	-0,93 ***	-0,46 **	-0,92 ***	0,91 ***	0,92 ***	–
N = 18		* $p < 0,05$	** $p < 0,01$	*** $p < 0,001$		
r_{krit}		0,423	0,537	0,652		

Legenda: Pš, ŽCh, ŽCz: mouky pšeničná hladká světlá, žitná hladká chlebová a žitná hladká celozrnná.

GI_{modif} : Gluten Index test, provedený podle vlastní modifikace metody AACC 38-12.02.

¹ po srážení 5,0 g mouky 2% roztokem NaCl a prvním odstředění na centrifuze Eppendorf 5702.

² po druhém odstředění na centrifuze CF2015 a frakcionaci lepku na sítku se světlostí ok 80 μm .

ZÁVĚR

Kombinací běžných laboratorních metod a přístrojového vybavení byl vytvořen vlastní postup Gluten Index (GI) testu, modifikovaný pro odhad technologické kvality lepkových bílkovin v 11 pšenično-žitných a žitno-pšeničných směsích hladkých mouk jak s chlebovou, tak celozrnnou moukou. Vypírání lepku pomocí přístroje Glutomatic bylo znemožněno tvorbou arabinoxylanových gelů; došlo k ucpání vymývacích sítí. Proto byl pevný obsah ze suspenze odstředěn jako při stanovení profilu retenčních kapacit a získaný sediment odstředěn podruhé již na standardním zařízení CF2015. Výsledky ukázaly statisticky průkaznou shodu mezi rostoucím podílem žitné mouky ve směsi a snižující se hodnotou GI_{modif} jak pro vzorky s žitnou chlebovou moukou, tak žitnou celozrnnou. Jako principiálně kvalitativně odlišné lze ve shodě s pekařskou praxí označit binární směsi pšeničné a žitné mouky v poměrech 90:10, 80:20, 70:30 proti dvojici 20:80 a 10:90. V prvním případě bude mít kynuté těsto charakter pšeničného s dominancí vlastností lepku (pružnost a tažnost), ve druhém žitného s charakterem vysoce viskózní tekutiny vlivem neomezené bobtnací schopnosti arabinoxylanů.

Inovativní postup bude nutno dále prověřit s jinými typy pšeničné (případně i špaldové) mouky a k žitu alternativními obilovinami ječmen a oves. Celkově je vhodné predikovanou kvalitu ověřit laboratorním pekařským pokusem.

LITERATURA

Axford, D. W. E., McDermott, E. E., Redman, D. G. (1978): Small-scale tests of breadmaking quality. *Milling Feed and Fertilizer*. 161, 8–20. ISSN 0140-4059

Karas, J. (2011): *Jakostní profil komerční potravinářské pšenice*. Diplomová práce, VŠCHT Praha. 1. vydání, 2011, 111 s.

Kweon, M., Slade, L., Levine, H. (2011): Solvent Retention Capacity (SRC): Testing of wheat flour: Principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding – A review. *Cereal Chemistry* [online]. 88, 537–552. ISSN 0009-0352 (print), ISSN 1943-3638 (online). Dostupné z: doi:10.1094/CCHEM-07-11-0092

Slade, L., Levine, H. (1994): *Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients*. In: Faridi H. (ed.): *The Science of Cookie and Cracker Production*. Chapman & Hall: New York, 1994, 1. vydání. ISBN 978-0442004606. p. 23–141, 516 pp. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Harry-Levine/publication/301701534_Structure-Function_Relationships_of_Cookie_and_Cracker_Ingredients/links/574b411108ae5c51e29ea724/Structure-Function-Relationships-of-Cookie-and-Cracker-Ingredients.pdf

Švec, I., Hrušková, M. (2014): Evaluation of model wheat/hemp composites. *Potravinárstvo – Slovak Journal of Food Sciences* [online]. 8, 8–14. Dostupné z: doi:10.5219/317

Švec, I., Petříková, E., Klitschová, B., Skřivan, P., Sluková, M., Polednová, P. (2024): Bakery quality of wheat-rye blends – Part I. *Cereal Technology*. 2, 2–12. ISSN 1869-2303. Dostupné z: doi:10.23789/1869-2303-2024-2-54

Tozatti, P., Güldiken, B., Fleitas, M. C., Chibbar, R. N., Hucl, P., Nickerson, M. T. (2020): The interrelationships between wheat quality, composition, and dough rheology for a range of Western Canadian wheat cultivars. *Cereal Chemistry* [online]. 97(5), 1010–1025. ISSN 0009-0352 (print), ISSN 1943-3638 (online). Dostupné z: doi:10.1002/cche.10324

Zeleny, L. (1947): A simple sedimentation test for estimating the bread-baking and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chemistry* [online]. 24, 465–475. ISSN 0009-0352 (print), ISSN 1943-3638 (online). Dostupné z: <https://archive.org/details/dli.ernet.26105/page/465/mode/2up>

Kontaktní adresa: Ing. Ivan Švec, Ph.D., Ústav sacharidů a cereálií, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, Vysoká škola chemické-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha, e-mail: ivan.svec@vscht.cz