

Vliv genotypu a intenzity zpracování na obsah nutričně významných látek v mlýnských produktech ze zrna ječmene

(Influence of genotype and processing intensity on the content of nutritionally important substances in barley grain mill products)

Vaculová Kateřina, Sedláčková Irena, Jirsa Ondřej
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787, Kroměříž

Souhrn: Vybrané materiály bezpluchého jarního ječmene, odrůda AF Cesar a nové genetické zdroje se sníženým podílem polysacharidu amylozy (waxy typem škrobu), linie KM 2454, KM 2551 a KM 2975, byly pěstovány v roce 2019 na pozemcích v lokalitě Zvíkov u Lišova, vedených v ekologickém pěstební režimu. Po sklizni byly vzorky zrna a dále krup a omelků, připravených broušením o rozdílné intenzitě na loupacím stroji Ekonos 3, hodnoceny podle obsahu biologicky aktivních složek zrna (beta-glukany, N-látky, škrob, tuk). V souladu s nastavením intenzity na stroji pomocí regulačních klapek byly získány vzorky 4 frakcí krup (A, B, C a D) i omelků. Se zvyšující se intenzitou broušení byl v průměru ve frakci krup pozorován nárůst obsahu škrobu a v obou frakcích (kroupách i omelcích) se zvyšoval obsah beta-glukanů (dále BG), zatímco obsah N-látek (dále NL) klesal. Různá intenzita broušení krup ze zrna jednotlivých materiálů ječmene rezultovala rovněž v nárůstu obsahu škrobu a BG a pokles NL, přičemž rozdíly mezi jednotlivými genotypy byly ve většině případů statisticky průkazně odlišné. S vyšší intenzitou průtoku zrna strojem byly získány kroupy s obsahem BG nad 7 % při současném vysokém obsahu škrobu. Zpracování krup uvařením ve vodě vedlo u všech zkoušených materiálů ječmene v průkazné zvýšení obsahu BG oproti hodnotám naměřeným v naturálním (syrovém) stavu. Nejvyšší obsah BG byl stanoven v uvařených vzorcích ze zrna linie KM 2551 po třetí intenzitě broušení (frakce C = $7,72 \pm 0,05$ %), avšak absolutně největší rozdíl mezi naturálními a vařenými kroupami byl zjištěn ve vzorku zrna linie KM 2454 (o 1,12 %) po druhé intenzitě broušení.

Klíčová slova: bezpluchý ječmen, ekoprodukce, zrno, kroupy, omelky, bioaktivní látky

Abstract: Selected materials of hulless spring barley, variety AF Cesar and new genetic resources with a reduced proportion of amylose polysaccharide (waxy starch), lines KM 2454, KM 2551 and KM 2975, were grown in 2019 on field in the locality of Zvíkov u Lišova, kept in ecological growing regime. After harvest, samples of grain, groats and pearled fines, prepared by pearling of different intensity on a peeling - hulling machine Ekonos 3, were evaluated according to the content of biologically active components of the grain (beta-glucans, crude protein, starch, and fat). In accordance with the intensity setting on the machine using control flaps, samples of 4 fractions of groats (A, B, C and D) and pearled fines were obtained. With increasing pearling intensity, an increase in the starch content was observed on average in the groats fraction and the content of beta-glucans (hereinafter BG) increased in both fractions (groats and pearled fines), while the content of crude protein (hereinafter CP) decreased. The different intensity of pearling the grain of individual barley materials also led to an increase in the starch and BG content and a decrease in CP, while the differences between the individual genotypes were in most cases statistically significantly different. With a higher intensity of grain flow through the machine, groats with a BG content above 7 % were obtained with the high starch content at the same time. Processing of pearled kernels by boiling in water resulted in a significant increase in the BG content of all tested barley materials compared to the values measured in the natural (raw) state. The highest BG content was determined in cooked samples from grain of the KM 2551 line after the third pearling intensity (fraction C = $7.72 \pm 0.05\%$), but the absolute largest difference between natural and cooked groats was found in the sample after the second pearling intensity of the KM 2454 line (by 1.12% BG).

Key Words: hulless barley, eco-production, grain, groats, pearled fines, bioactive substances

Úvod

Ječmen, celosvětově čtvrtá nejrozšířenější obilovina, je v současnosti využíván jako potrava k přímé konzumaci v rozsahu nižším než 2 % z celkové produkce (Sharma and Kotari, 2017), i přesto, že patří k cereáliím s nezanedbatelným potenciálem pro využití ve zdravé a preventivní lidské výživě. Jeho význam je dán komplexním působením mnoha bioaktivních složek zrna - vlákniny, vitaminů, minerálních látek, polyfenolů a dalších nutričně důležitých fytochemikálií (Idehen *et al.* 2017, Zeng *et al.* 2000). Výsledky dlouholetého lékařského výzkumu dokumentují, že pravidelnou konzumaci požadovaného množství vlákniny, i v podobě celozrnných cereálních výrobků, lze účinně přispět ke snížení rizika vývoje mnoha chronických, tzv. civilizačních onemocnění, jako jsou srdečně-cévní choroby, diabetes II. typu, zvýšená hladina cholesterolu v krvi, různé typy rakoviny trávicího traktu, vysoký krevní tlak, atd. (Choo *et al.* 2013, Idehen *et al.* 2017, Schmidt 2020, Zeng *et al.* 2000). Vysoký obsah vlákniny potravy v zrna ječmene zajišťují především neškrobové polysacharidy, beta-glukany [$\beta(1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)$ -D-glukany], které se tak staly jednou z nejsledovanějších komponent ječného zrna,

na něž se v minulosti zaměřila hlavní pozornost výzkumných i klinických studií.

Také v současnosti je termín „vláknina“ nebo „beta-glukany“ sledován jako jedna z významných vlastností konzumovaných potravin, i přesto, že nejnovější vědecké informace dokazují, že samotná vláknina bez spolupůsobení dalších složek zrna nemá schopnost generovat uváděné zdravotní benefity. Je zde na místě zdůraznit hlavní rozdíly mezi obilnými beta-glukany a beta-glukany získanými z hub, kvasinek, bakterií a dalších nižších organismů, jejichž hlavní účinek je připisován imunomodulačnímu působení. Obilné beta-glukany, a jmenovitě získané z ječmene a ovsa, přispívají k udržení normální hladiny cholesterolu v krvi a k omezení nárůstu hladiny glukózy v krvi po jejich konzumaci. Tyto účinky specifikují schválená zdravotní tvrzení v Nařízení komise EU č. 432/2012 (z 16. května 2012).

Obsah beta-glukanů ovlivňuje genotyp a environmentální podmínky (Ehrenbergerova *et al.*, 2005; Holteklejken *et al.*, 2006; Tamm *et al.* 2015). Fyziologická a zdravotní účinnost je pak modifikována jejich strukturou, poměrem $\beta(1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)$ vazeb, poměrem cellotriosylových a cellotetraosylových jednotek (DP3)/(DP4), molekulovou hmotností, viskozitou a dalšími

fyzikálně-chemickými vlastnostmi i zpracovatelskou technologií (Sharma and Kotari 2017, Wiede *et al.* 2018).

V našem příspěvku byl hodnocen obsah bioaktivních a dalších složek zrna vybraných materiálů bezpluchého ječmene, vypěstovaných v ekologických pěstebních podmínkách, v naturálním zrna a po dalším technologickém zpracování.

Materiál a metodika

V pokusu byly zařazeny materiály ječmene jarního s bezpluchým zrnem - odrůda AF Cesar a nové šlechtitelské linie, KM 2454, KM 2551 a KM 2975, vytvořené v průběhu řešení výzkumných projektů ve společnosti Agrotest fyto, s.r.o. AF Cesar má standardní složení škrobu (poměr polysacharidů amylozy: amylopektinu = cca 25:75 %), zatímco nové linie jsou nositeli recesivní alely genu *wx*, která podmiňuje snížení podílu polysacharidu amylozy a má vliv na změny některých fyzikálně-chemických charakteristik škrobu (Song and Jane 2000), jako například hydrataci škrobu, odlišnou teplotu jeho želatinace, apod.. Materiály byly pěstovány v roce 2019 v lokalitě Zvíkov u Lišova, katastrální území Zaliny u Ledenic, okres České Budějovice (48°58' 51" severní šířky, 14°37' východní délky, 490 m n. m. Výrobní oblast bramborářská, podoblast 3. obilnářská. Průměrný dlouhodobý úhrn srážek je 588 mm, průměrná dlouhodobá roční teplota vzduchu je 8,2 °C. Půdní typ pseudoglej HPJ „53“).



Foto 1: Loupací stroj Ekonos 3 (Prokop, Mlýnské stroje ČR)

Setí bylo provedeno (27. 3. 2019) na pozemcích vedených v ekologickém režimu po předplodině svazence vratičolisté (osevní plochy 0,3 ha - 0,7 ha). Ošetřování v průběhu vegetace odpovídalo zásadám ekologického pěstování, tj. bez použití průmyslových hnojiv a pesticidů. Po setí byly pozemky upraveny válcováním (válce typu Cambridge). Ochrana proti plevelům byla prováděna pouze mechanicky - vláčením prutovými bránami. Sklizeň byla provedena kombajnem v období plné zralosti (5. 8. 2019).

Sklizené zrna bylo zpracováno ve mlýně společnosti Pro-Bio, obchodní spol. s r.o. Po čištění a třídění na univerzálním třídícím

a čistícím stroji K 531/1 bylo zrna dále broušeno na loupacím stroji Ekonos 3 (Prokop, Mlýnské stroje ČR – Foto 1), kde se měnila rychlost průtoku zrna a tím i intenzita broušení nastavením regulační klapky na výpadu ze stroje. Byly využity 4 stupně nastavení intenzity broušení (v pokuse označené písmeny A, B, C, D pro nastavení klapky na stroji od 1 do 4). V průběhu všech stupňů intenzity broušení byly odebrány kroupy a omelky.

Chemické rozborů byly provedeny v laboratoři společnosti Agrotest fyto, s.r.o. v původním zrna, kroupách i omelkách. Byly stanoveny základní nutričně významné živiny (vše ve 100% sušiny) - beta-glukany (BG), N-látky (NL = N x 6,25), škrob (v zrna a kroupách) a tuk (jen v zrna) podle platných metodik.

Ve vzorcích krup po druhém a třetím broušení, skladovaných v laboratorních podmínkách po dobu cca 6 měsíců, byl stanoven obsah BG v naturálním (syrovém) stavu a po vaření v čisté vodě (do měkčnosti na skus). Experimentální data byla vyhodnocena s využitím software STATISTICA, verze 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA).

Výsledky a diskuse

Po čištění a třídění na stroji K 531/1 byly odebrány vzorky zrna na stanovení všech sledovaných látek. Obsah škrobu v zrně hodnocených materiálů ječmene kolísal od 53,7±0,91 % (KM 2454) po 59,4±0,76 % (KM 2975), beta-glukanů od 4,47±0,09 % (AF Cesar) po 5,76±0,03 % (KM 2551), N-látek od 13,6±0,12 % (KM 2975) po 15,4±0,14 % (AF Cesar) a tuku od 2,5±0,04 % (AF Cesar) po 3,8±0,31 % (KM 2454) – Tab. 1.

Na rozdíl od neprůkazných diferencí v obsahu NL, škrobu, BG a HTS, které získali Kalnina *et al.* (2013) při porovnání čtyř bezpluchých ječmenů v ekologických a konvenčních pěstebních podmínkách, v našem případě byly v obsahu sledovaných živin zjištěny sice malé, ale průkazné rozdíly mezi vybranými materiály. Nepotvrdil se ale kladný vztah mezi obsahem BG a NL, který pro pokusy vedené v konvenčních pěstebních podmínkách zjistila řada autorů (Ehrenbergerova *et al.* 2006, Hang *et al.* 2007, Kumar *et al.* 2017, Noworolnik *et al.* 2014 a další).



Foto 2: Kroupy ze zrna linie KM 2454 zpracované při různé intenzitě broušení na stroji Ekonos 3

Tab. 1: Obsah sledovaných živin v zrnu vybraných materiálů ječmene jarního, pěstovaných v ekologických pěstebních podmínkách (Zvíkov – 2019)

Odrůda, linie	Typ škrobu ¹⁾	Škrob ²⁾	HS ³⁾	Beta-glukany ²⁾	HS	N-látky ²⁾	HS	Tuk ²⁾	HS
AF Cesar	std	56.9±0.93	ab	4.47±0.09	a	15.4±0.14	c	2.5±0.04	a
KM 2454	waxy	53.7±0.91	a	5.73±0.19	b	15.3±0.04	c	3.8±0.31	b
KM 2551	waxy	57.2±0.33	b	5.76±0.03	b	14.7±0.07	b	2.7±0.07	a
KM 2975	waxy	59.4±0.76	b	5.07±0.20	a	13.6±0.12	a	2.8±0.05	a

¹⁾ – std. = standardní, waxy – snížený podíl polysacharidu amylozy;

²⁾ – vše v % v suš.;

³⁾ – rozdílná písmena v rámci stejné živiny označují statisticky průkazný rozdíl při $p \leq 0.5$

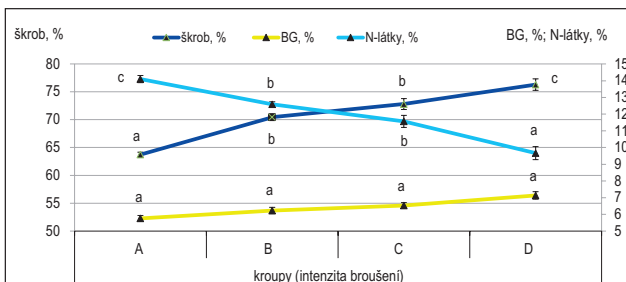
Analýza obsahu BG v zrně vybraných 27 odrůd ječmene, pšenice, ovsa a žita, pěstovaných v konvenčních a ekologických pěstebních podmínkách ale prokázala, že bez ohledu na existující difference mezi odrůdami jednotlivých druhů, byl ječmen obilninou s nejvyšším obsahem BG v obou pěstebních podmínkách (Menkovska *et al.* 2017), což podporuje dobrou perspektivu pro jeho pěstování v ekologickém zemědělství k využití při výrobě potravin s vysokým nutričním potenciálem v lidské výživě. Také porovnání s našimi dalšími výsledky i výsledky získanými v průběhu studia širšího sortimentu materiálů ječmene (Martínez *et al.* 2018) potvrdilo, že obsah BG není výrazněji ovlivněn při pěstování v ekologických podmínkách.

Další zpracování obilí hodnocených materiálů ječmene na stroji Ekonos 3 generovalo po jednotlivých intenzitách broušení jak frakci krup, tak i omelků. S použitím jednotlivých regulačních klapek byly získány 4 vzorky krup (Foto 2) a omelků od každého materiálu.

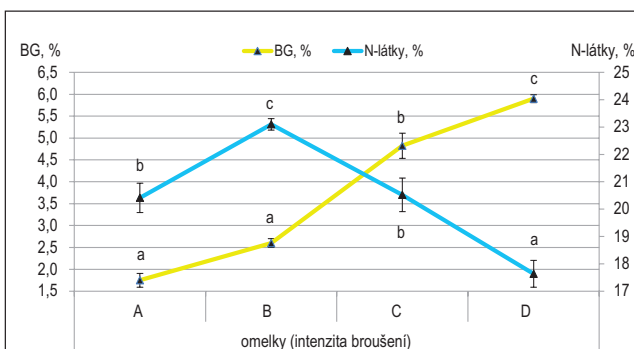
Průměrné hodnoty obsahu sledovaných látek, získané ze všech ječmenů po aplikaci různé intenzity broušení, znázorňují grafy na Obr. 1 a Obr. 2. U krup byly v jednotlivých skupinách podle intenzity broušení průkazné rozdíly v obsahu škrobu a NL (kromě vzájemné difference mezi skupinami B a C, tedy intenzitou s nastavenými klápkami 2 a 3), přičemž obsah škrobu vzrostl od 63,7±0,67 % (skupina A) po 76,3±1,03 % (skupina D), zatímco obsah NL naopak klesal od 14,1±0,22 % (A) po 9,7±0,39 % (D). Průměrný obsah BG se zvýšil od 5,76±0,18 % po 7,14±0,22 %, avšak v důsledku větší proměnlivosti naměřených hodnot nebyly průměrné rozdíly mezi jednotlivými intenzitami statisticky významně odlišné.

Také v případě omelků (Obr. 2) byl se vzrůstající rychlostí průtoku zrna ve stroji pozorován pokles obsahu NL (od 23,1±0,21 % po 17,6±0,49 % – s výjimkou vzorků z intenzity B) a obdobně jako u krup naopak nárůst obsahu BG. Jak je vidět na grafu, při intenzitách A a B nebyla difference (0,85 %) mezi obsahy BG průkazná, ale třetí a čtvrtá intenzita se již v průměru od prvních dvou průkazně lišily a rovněž tak i mezi sebou. Po posledním broušení vzrostl obsah BG v této frakci omelků na 5,90±0,09 %, tedy téměř 3,4 krát vůči hodnotě naměřené při první intenzitě (1,76 %).

Postupné snižování obsahu popela, NL, vlákniny potravy a celkové antioxidační kapacity a naopak nárůst obsahu BG od povrchových vrstev ječného zrna k vnitřku obilí zaznamenali také Irakli *et al.* (2020) a Blandino *et al.* (2015), kteří testovali potenciál těchto dílčích frakcí pro využití ve výrobě chleba. Biologická aktivita a tedy i potenciální zdravotní benefity BG z obalových vrstev a endospermu nejsou stejné. Izydorczyk and Dexter (2008) zjistili, že BG izolované z celozrnného ječmene měly jinou strukturu než BG z endospermu, což se odrazilo v jejich rozdílných fyzikálních vlastnostech i odlišné účinnosti.



Obr. 1: Průměrný obsah škrobu, BG a NL v kroupách ječmene po různé intenzitě broušení (rozdílná písmena v rámci stejné živiny označují statisticky průkazný rozdíl při $p \leq 0.5$)



Obr. 2: Průměrný obsah BG a NL v omelcích z ječmene po různé intenzitě broušení (rozdílná písmena v rámci stejné živiny označují statisticky průkazný rozdíl při $p \leq 0.5$)



Porost bezpluchého ječmene ve zralosti

Proto se doporučuje prostudovat vlivy zpracování ječmene nejen na obsah BG, ale i na jejich molekulární hmotnost, schopnosti extrakce a další důležité vlastnosti (Goudar *et al.* 2020).

Badea *et al.* (2018) hodnotili vybrané ječné suroviny i z hlediska obsahu tokolů (vitaminu E) a tuku. Frakce omelků, získané při zpracování šesti různých krmných a potravinářských genotypů ječmene z více pěstebních lokalit obsahovaly vyšší obsah sledovaných látek než celé zrna. Bohatá byla zejména frakce získaná při obroušování obalových vrstev od 5 do 10 % hmotnosti zrna a autoři doporučují tento produkt používat přímo jako novou funkční ingredienci do potravin nebo jako surovinu pro extrakci zdraví prospěšných tokolů (vitaminu E) a ječného tuku.

Jednotlivé změny obsahu živin ve vybraných frakcích krup získaných zpracováním zrna odrůdy AF Cesar a nových genetických zdrojů ječmene v průběhu zvyšující se intenzity broušení na stroji Ekonos 3 jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2: Průměrný obsah živin v kroupách jednotlivých materiálů ječmene po vybraných stupních intenzity broušení na stroji Ekonos 3

Odrůda, linie	Intenzita broušení ¹⁾	Škrob ²⁾	HS ³⁾	Beta-glukany ²⁾	HS	N-látky ²⁾	HS
AF Cesar	A	65.0±0.01	c	4.80±0.11	a	14.2±0.01	i
	B	71.9±0.01	f	5.19±0.29	a	12.8±0.07	f
	C	75.4±0.06	h	5.65±0.09	b	11.3±0.03	c
KM 2454	A	63.6±0.16	b	5.84±0.08	bc	13.5±0.02	h
	B	70.7±0.08	e	5.96±0.06	bc	12.1±0.04	e
	C	74.9±0.03	h	6.52±0.19	cd	10.4±0.06	a
KM 2551	A	62.6±0.05	a	6.00±0.11	bc	14.7±0.04	j
	B	68.7±0.1	d	6.91±0.06	de	12.9±0.02	fg
	C	72.1±0.08	f	7.10±0.23	e	11.7±0.02	d
KM 2975	A	68.9±0.03	d	5.80±0.02	bc	13.0±0.05	g
	B	74.0±0.09	g	7.00±0.02	e	10.7±0.02	b

¹⁾ – A, B, C = intenzita broušení 1, 2 a 3;

²⁾ – vše v % v suš.;

³⁾ – rozdílná písmena v rámci stejné živiny označují statisticky průkazný rozdíl při $p \leq 0.5$

Obsah NL, shodně s průměrnými údaji ze všech zkoušených materiálů ječmene (viz graf na Obr. 1), klesal s vyšší intenzitou broušení, ale míra poklesu byla u všech materiálů přibližně stejná - mezi prvním a třetím stupněm intenzity broušení na úrovni cca 20 %, tedy nebyla pozorována závislost na původním obsahu NL. Naopak z naměřených hodnot bylo možné vysledovat, že v důsledku broušení došlo k částečné eliminaci původních rozdílů mezi hodnotami obsahu NL zjištěnými v celém zrna (zejména u odrůdy AF Cesar a linie KM 2454), což může indikovat, že rozmístění NL v obilce jednotlivých genotypů není stejnoměrné.

Také detailní posouzení výsledků analýz škrobu a BG potvrdilo, že výše prezentovaný průměrný trend zvyšování jejich obsahu s narůstající intenzitou broušení platí pro všechny hodnocené genotypy i varianty broušení. V daném souboru vzorků byl nejvyšší obsah BG stanovený v kroupách ze zrna linie KM 2551 při třetí intenzitě broušení (7,10±0,23 %), ale hodnoty kolem 7 % byly naměřeny i v dalších vzorcích, připravených obroušením zrna linií KM 2975 a KM 2454. V porovnání s novými liniemi byl průměrný obsah BG v kroupách z odrůdy AF Cesar nižší ve všech variantách intenzity broušení o téměř jednu pětinu a kolísal od 4,80±0,11 % po 5,65±0,09 %.

Kladné rozdíly mezi výsledky stanovenými v zrně (Tab.1), obsahy škrobu a BG, naměřenými ve frakcích krup po broušení, byly potvrzeny u všech materiálů ječmene a vzrůstaly s mírou obroušení. Po třetí intenzitě broušení (Tab. 2 – intenzita C, resp. B u KM 2975) se tyto rozdíly v obsahu škrobu pohybovaly od 14,6 % (KM 2975) po 21,2 % (KM 2454) a obsah BG byl vyšší oproti zrna o 0,79 % (KM 2454) až o 1,73 % (KM 2795).

Obsah NL, shodně s průměrnými údaji ze všech zkoušených materiálů ječmene (viz graf na Obr. 1), klesal s vyšší intenzitou broušení, ale míra poklesu byla u všech materiálů přibližně stejná - mezi prvním a třetím stupněm intenzity broušení na úrovni cca 20 %, tedy nebyla pozorována závislost na původním obsahu NL. Naopak z naměřených hodnot bylo možné vysledovat, že v důsledku broušení došlo k částečné eliminaci původních rozdílů mezi hodnotami obsahu NL zjištěnými v celém zrna (zejména u odrůdy AF Cesar a linie KM 2454), což může indikovat,

že rozmístění NL v obilce jednotlivých genotypů není stejnoměrné.

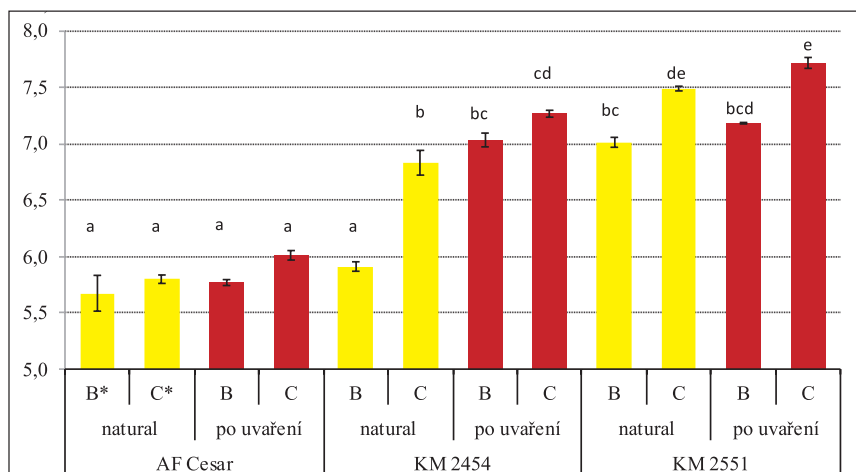
Také detailní posouzení výsledků analýz škrobu a BG potvrdilo, že výše prezentovaný průměrný trend zvyšování jejich obsahu s narůstající intenzitou broušení platí pro všechny hodnocené genotypy i varianty broušení. V daném souboru vzorků byl nejvyšší obsah BG stanovený v kroupách ze zrna linie KM 2551 při třetí intenzitě broušení (7,10±0,23 %), ale hodnoty kolem 7 % byly naměřeny i v dalších vzorcích, připravených obroušením zrna linií KM 2975 a KM 2454. V porovnání s novými liniemi byl průměrný obsah BG v kroupách z odrůdy AF Cesar nižší ve všech variantách intenzity broušení o téměř jednu pětinu a kolísal od 4,80±0,11 % po 5,65±0,09 %.

Kladné rozdíly mezi výsledky stanovenými v zrně (Tab.1), obsahy škrobu a BG, naměřenými ve frakcích krup po broušení, byly potvrzeny u všech materiálů ječmene a vzrůstaly s mírou obroušení. Po třetí intenzitě broušení (Tab. 2 – intenzita C, resp. B u KM 2975) se tyto rozdíly v obsahu škrobu pohybovaly od 14,6 % (KM 2975) po 21,2 % (KM 2454) a obsah BG byl vyšší oproti zrna o 0,79 % (KM 2454) až o 1,73 % (KM 2795).

Z grafu je zřejmé, že v důsledku vaření došlo ke zvýšení obsahu BG ve všech vzorcích, i když míra průkaznosti mezi naměřenými hodnotami byla u jednotlivých materiálů ječmene různá. Zatímco u linie KM 2454 byl ve vzorku po druhé intenzitě broušení zaznamenán absolutně největší rozdíl v obsahu BG (o 1,12 %) mezi uvařenými kroupami a hodnotou naměřenou v naturální podobě, difference ve vzorcích ze zrna odrůdy AF Cesar se vzájemně průkazně nelišily vůbec. Obdobný výsledek byl získán také při hodnocení obsahu BG v nově vyvinutém produktu na bázi zrna odrůdy AF Cesar („Pot barley“), kde byla stanovena neprůkazná difference mezi naturálním a vařeným produktem ve výši pouze 0,1 % (Vaculová 2018). Mnoho údajů o změnách obsahu, molekulové hmotnosti a dalších chemických vlastnostech BG po vaření není k dispozici, nicméně starší literatura se zmiňuje, že ječmen s waxy typem škrobu má měkčí zrna a proto je vhodnější k obroušování nebo pro přípravu příloh (Edney *et al.* 2002).

Závěr

Výsledky dosažené v tomto pokusu umožňují vyslovit předpoklad, že v ekologických pěstebních podmínkách lze vyrábět zrna vybraných materiálů ječmene pro produkci zdravé a preventivní lidské výživy bez obavy z poklesu obsahu žádoucích bioaktivních látek, zvláště BG. Naopak podle dostupných údajů je zrna vypěstovaná v tomto režimu hospodaření bohatší o další prospěšné fytochemikálie, zejména polyfenolické látky a některé mikroprvky (Kalnina *et al.* 2013).



Obr. 3: Obsah beta-glukanů v naturálním (syrovém) vzorku a po uvaření krup, získaných při rozdílné intenzitě broušení zrna vybraných materiálů ječmene (* - B a C = intenzita broušení 2 a 3 - viz Materiál a metodika; rozdílná písmena v rámci stejného způsobu přípravy označují statisticky průkazný rozdíl při $p \leq 0.05$)

Získané údaje dokladují, že v našich pěstebních podmínkách i při použití standardních mlynářských technologií lze volbou vhodných odrůd ječmene (s geneticky podmíněným vysokým obsahem požadovaných složek zrna) a rozdílnými postupy při zpracování jejich zrna získat širokou škálu produktů (krup i omelků) se statisticky průkazně odlišnými obsahy důležitých biologicky aktivních látek, a tak je možné zlepšit a zvýšit nutriční hodnotu výsledných produktů.

Tyto produkty, a především dílčí endospermální frakce krup, mohou být použity přímo k přípravě nejrůznějších pokrmů (samostatně nebo ve směsích s jinými nutričně cennými ingrediencemi), případně dále využity jako polotovary či meziprodukty pro výrobu nových potravin na bázi ječmene (vloček, extrudovaných výrobků, mouky, pečiva, apod.).

Co se týče frakce omelků, naše poznatky korespondují s doporučeními, která pro otruby nebo omelky ze zrna ječmene publikovali někteří zahraniční autoři (Blandino *et al.* 2015, Irakli *et al.* 2020), ale o širším průmyslovém využití takových produktů v tuzemských podmínkách by bylo možné uvažovat pouze v případě zpracování velkých objemů základní suroviny, což se zatím nepředpokládá.

Při využití primárních produktů s ověřeným vysokým obsahem BG v další potravinářské výrobě bude i v odvozených výrobcích snazší dodržet výši obsahu BG, požadovanou Nařízením EU pro dosažení jejich deklarované funkční účinnosti. Podle Nařízení komise EU č. 432/2012 smí být tvrzení o schopnosti udržet normální hladinu cholesterolu v krvi použito pouze u potravin, které obsahují nejméně 1 g beta-glukanů z ovsa, ovesných otrub, ječmene, ječných otrub nebo ze směsí těchto zdrojů

v kvantifikované porci a příznivého účinku se dosáhne při přívodu 3 g beta-glukanů z uvedených zdrojů denně. Druhé tvrzení o omezení nárůstu hladiny glukózy v krvi smí být použito pouze u potravin, jež obsahují nejméně 4 g beta-glukanů z ovsa nebo ječmene na každých 30 g využitelných sacharidů v kvantifikované porci jakožto součásti jídla a příznivého účinku se dosáhne konzumací beta-glukanů z ovsa nebo ječmene jakožto součásti jídla.

Prezentované produkty, zvláště kroupy získané zpracováním zrna materiálů ječmene s waxy typem zrna při vyšší intenzitě broušení, se vyznačovaly nejen významně zvýšeným obsahem BG, ale rovněž velmi příznivou, světlou barvou (Foto 3), danou sníženým obsahem antokyanů v rostlině a zrna. V oblastech s historicky dlouholetou tradicí využití ječmene jako potraviny ve výživě lidí je světlá barva krup a obecně produktů na bázi ječmene jedním z hlavních požadavků při vývoji a šlechtění nových potravinářských odrůd (Yanagisawa *et al.* 2011).

Česká republika se řadí k zemím, kde se zatím přímému potravinářskému využití ječmene nevěnuje dostatečná a hlavně stabilní komerční pozornost. Dílčí „pokusy“ se zařazením chleba a dalšího pečiva na bázi ječmene do prodejních sítí v minulých letech skončily ztrátou zájmu obchodníků, a kvůli minimální nebo žádné propagaci významných zdravotních benefitů takového pečiva, i spotřebitelů. Další výrobky jako vločky, různé kaše, extrudované produkty a podobně jsou dostupné jen sporadicky, často v menších prodejnách se zdravou výživou, a většinou i bez doplňujících informací o jejich nutričních přednostech.

Kroupy obecně patří k výrobkům s jednoduchou zpracovatelskou technologií, dlouhou dobou trvanlivosti a časovým rozsahem spotřeby, finančně nízkými náklady a požadavky na skladovací podmínky i známou a jednoduchou kuchyňskou přípravou. Vzhledem k těmto přednostem i menšímu objemu spotřeby by se právě kroupy s významně zvýšenou nutriční jakostí mohly stát stálíci na spotřebitelském trhu s nezanedbatelným příznivým zdravotním impaktem pro lidskou výživu.

Použitá literatura

(výběr, celý seznam je k dispozici u autorů příspěvku)

Blandino M., Locatelli M., Gazzola A., Coisson J. D., Giacosa S., Travaglia F., Bordiga M., Reyneri A., Rolle L., Arlorio M. (2015). Hull-less barley pearling fractions: Nutritional properties and their effect on the functional and technological quality in bread-making. *Journal of Cereal Science*, 65, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.004>.

Ehrenbergerová J., Belcrediová N., Havlová P., Roznovský J., Vejrazka K., Vaculová K., (2005). Effect of weather conditions and genotype on the content of non-starch polysaccharides in spring barley breeding, pp. 25-31 In: Brandstätter, A. Ruckebauer P., Raab F., Trischler A., eds. . Züchtung auf Anpassungsfähigkeit. Tagungband der 56. Jahrestagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 22.–24. November 2005, Raumberg-Gumpenstein, 126 s.

- Farag, M. A., Xiao, J., & Abdallah, H. M. (2020). Nutritional value of barley cereal and better opportunities for its processing as a value-added food: a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1835817>.
- Goudar, G., Sharma, P., Janghu, S., & Longvah, T. (2020). Effect of processing on barley β -glucan content, its molecular weight and extractability. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.208>.
- Henrion, M., Francey, C., L , K. A., & Lamothe, L. (2019). Cereal B-glucans: The impact of processing and how it affects physiological responses. *Nutrients*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu11081729>.
- Irakli, M., Lazaridou, A., Mylonas, I., & Biliaderis, C. G. (2020). Bioactive components and antioxidant activity distribution in pearling fractions of different greek barley cultivars. *Foods*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/foods9060783>.
- Izydorczyk M., Dexter J. E. (2008). Barley- β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products-a Review. *Food Research International* 41, 850-868.
- Kalnina, S., Rakcejeva, T., & Kunkulberga, D. (2013). (8) Investigation of physically-chemical parameters of conventional and organic hull-less barley harvested in Latvia I Request PDF. In *Annual 19th International Scientific Conference Proceedings RESEARCH FOR RURAL DEVELOPMENT* (p. 206). Latvia University of Agriculture.
- Kumar, D., Sneh, N., Verma, R. P. S., & Kharub, A. S. (2017). Genotypic and growing location effect on grain β -glucan content of barley under sub-tropical climates. *Indian J. Genet.*, 77(2), 235-241.
- Martínez, M., Motilva, M-J., López de las Hazas, M-C., Romero, M-P., Vaculová, K., Ludwig, I. A. (2018). Phytochemical composition and β -glucan content of barley genotypes from two different geographic origins for human health food production. *Food Chemistry* 245, 15: 61-70.
- Menkovska, M., Damjanovski, D., Levkov, V., Gjorgovska, N., Knezevic, D., Nikolova, N., Stanoev, V. (2017). Content of B-glucan in cereals grown by organic and conventional farming. *Banats Journal of Biotechnology*, VIII(16), 39-47. [https://doi.org/10.7904/2068-4738-VIII\(16\)-39](https://doi.org/10.7904/2068-4738-VIII(16)-39).
- Nařizen  komise (EU)  . 432/2012.
- Noworolnik K., Wirkijowska A., Mikos-Szymanska M. (2014). Effect of genotype and nitrogen fertilization on grain yield and quality of spring barley intended for health food use. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 20: 576-580.
- Schmidt, M. (2020). Cereal beta-glucans: an underutilized health endorsing food ingredient. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1864619>.
- Vaculová K., Ehrenbergerov  J., Pouch, M. (2008). Breeding of waxy barleys using molecular markers. In: *Cereal Science and Technology for Feeding Ten Billion People*. Genomic Era and Beyond. Proceedings to the Meeting of the Eucarpia Cereal Section, Lleida (Spain), 13-17 November 2006, Eds.. J. L. Molina Cano et al, Zaragoza, CIHEAM 2008, 289-293. ISBN. 2-85352-404-3, ISSN. 1016-121X. Options m diterran ennes, SERIE A. S minaires M diterran ens, Num ro 81.
- Vaculová, K. (2018). „Pot barley“ – v ce n  ob  ejn  kroupy..... *Obiln řsk  listy*, XXVI, 3-4: 91-92. ISSN 1212-138X.
- Wiege I., Slukov  M., Vaculová K., Skřivan P. (2018). N n  beta-glukan jako beta-glukan. *Vyřiva a potraviny*, 1: 23-26.
- Yanagisawa, T., Nagamine, T., Takahashi, A., Takayama, T., Doi, Y., Matsunaka, H., & Fujita, M. (2011). Breeding of Kirari-mochi: A new two-rowed waxy hull-less barley cultivar with superior quality characteristics. *BREEDING SCIENCE*, 61(3), 307-310. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.61.307>.
- Zeng, Y., Pu, X., Du, J., Yang, X., Li, X., Mandal, M. S. N., Yang T., Yang, J. (2020). Molecular Mechanism of Functional Ingredients in Barley to Combat Human Chronic Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2020/3836172>.

/Recenzováno/

Dedikace

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucion ln  podpora MZE-RO1118.



Foto 3: Kroupy ze zrna waxy linie ječmene KM 2151 po nejvyř   intenzitě brouřen  (obsah BG = 7,80 0,17%)