

BETA GLUCAN DEGRADATION DURING POST HARVEST MATURATION OF MALTING BARLEY WITH EMPHASIS ON MALT QUALITY

Miriam Lišková, Helena Frančáková, Ján Mareček

ABSTRACT

β -glucans are natural gum polysaccharides occurring in the bran of cereal grains. Their negative effect consists in blocking enzymes entering the cells whereby they negatively influence the speed of grain degradation during process of malting. Aim of this work was to investigate to what extent post-harvest maturation influences β -glucan degradation with regard to malt quality. Results revealed that post-harvest maturation significantly influenced β -glucan degradation in malt. In barley grains that were stored six weeks after harvest, degradation of β -glucan in malt represented 99 % while using barley grains two weeks after harvest, β -glucan degradation represented only 50 %. Statistically significant was the effect of genotype on β -glucan content in grain as well as on β -glucan degradation level in malt.

Keywords: spring barley, malt, β -glucan, post-harvest maturation

ÚVOD

V súčasnosti dochádza na celom svete k výraznej renesancii využitia jačmeňa pre výživu ľudí. Súvisí to s obsahom beta glukánov, ktoré z obilnín najviac obsahuje práve jačmeň. Požívaním β -glukánov sa imunitný systém viditeľne posilní a stabilizuje sa v obrane pred vírusmi a baktériami. β -glukany sa môžu podieľať aj na znižovaní krvnej hladiny cholesterolu a ďalších lipidov (Ehrenbergerová et al., 2000). Na druhej strane z technologického hľadiska, β -glukany spôsobujú problémy v spracovateľskom priemysle. Vyskytujú sa prevažne v endosperme zrna jačmeňa v neškrobnatých polysacharidoch a to v hemicelulóze a gumovitých látkach (Vaculová, 1992). β -glukany plnia funkciu stavebných látok v bunkových stenách endospermu a pri vyšších koncentráciách limitujú úroveň modifikácie endospermu v procese sladovania (Zhang et al., 2001). Podľa Frančákovvej (2003a) a Frančákovvej (2003b) brzdia vstup enzýmov do buniek, čím negatívne ovplyvňujú

rýchlosť rozlúštenia zrna počas sladovania. Za krajnú hodnotu pre výrobu kvalitného sladu sa udáva obsah do 4 % β -glukánov v zrne jačmeňa. Ich množstvo je ovplyvnené odrodou, pôdnymi a klimatickými podmienkami. Všeobecne sa hodnoty β -glukánov zvyšujú v suchých a teplých ročníkoch, pričom pozitívny vplyv má najmä skrátené vegetačné obdobie (Molina-Cano et al., 1997, Hang et al., 2007). Podľa Faustnaughta et al. (1996), Perez-Vendrella et al. (1996) a Zhanga et al. (2001) mierne teploty a vysoký podiel zrážok počas vývinu zrna jačmeňa vedú k zníženiu obsahu β -glukánov. Vysoký obsah β -glukánov je pre sladovanie nežiaduci. β -glukany zhoršujú tvorbu extraktu a sťažujú filtráciu tým, že vytvárajú viskózne roztoky (Kuusela et al., 2004). Podľa Chandru et al. (1999), Molina-Canu et al. (1995) a Palmera (2000) je degradácia β -glukánov považovaná za najdôležitejší proces ovplyvňujúci kvalitu sladu.

Tabuľka 1 Klimatické podmienky na skúšobných staniciach za rok 2006

| Veľké Ripňany | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Mesiace | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | priemer |
| Zrážky skutočnosť' | 57,5 | 44 | 43,6 | 30,4 | 87,4 | 100,7 | 10,8 | 53,5 |
| Zrážky normál | 35 | 34 | 31 | 41 | 55 | 70 | 77 | 49 |
| Teplota skutočnosť' | -4,9 | -2,4 | 2,7 | 12,2 | 15,3 | 19,4 | 24,1 | 9,5 |
| Teplota normál | -2,2 | -0,3 | 4,2 | 10,1 | 15,2 | 18,4 | 20,3 | 9,4 |
| Sládkovičovo | | | | | | | | |
| Mesiace | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | priemer |
| Zrážky skutočnosť' | 58,1 | 29,1 | 23,8 | 32,6 | 98,5 | 43,3 | 42,5 | 46,8 |
| Zrážky normál | 26,5 | 27,6 | 25,4 | 31,6 | 49,3 | 66,6 | 57,5 | 40,6 |
| Teplota skutočnosť' | -2,29 | -0,5 | 4,78 | 13,14 | 15,21 | 20,07 | 24,92 | 10,8 |
| Teplota normál | -1,28 | -1,18 | 5,19 | 11,16 | 16,37 | 19,32 | 21,13 | 10,1 |
| Jakubovany | | | | | | | | |
| Mesiace | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | priemer |
| Zrážky skutočnosť' | 10,7 | 25,1 | 51,6 | 52,2 | 97,3 | 108,4 | 75 | 60 |
| Zrážky normál | 28 | 25 | 26 | 39 | 62 | 80 | 88 | 49,7 |
| Teplota skutočnosť' | -5,8 | -3,8 | 1 | 9,7 | 13,3 | 17,2 | 21,1 | 7,6 |
| Teplota normál | -4,4 | -2,8 | 2,2 | 7,9 | 13,5 | 16,3 | 17,9 | 7,2 |

MATERIÁL A METODIKA

V práci boli hodnotené tri genotypy jačmeňa jarného sladovníckeho a to kontrolná odroda Nitran a novošľachtené genotypy SK 5734 a SK 5976, ktoré boli zaradené v odrodových skúškach a pestované na troch klimaticky odlišných lokalitách: Sládkovičovo, Veľké Ripňany a Jakubovany. Vzorky boli analyzované druhý týždeň po zbere, keď boli zrná ešte dormantné a šiesty týždeň po zbere, po ukončení dormancie. Sladovanie vzoriek bolo zrealizované v mikroskladovni na šľachtiteľskej stanici Hordeum Sládkovičovo s.r.o.

A. Klimatické podmienky pestovateľských lokalít (skúšobných staníc)

B. Stanovenie β -glukanov v zrne a v slade Fluorometricky (Analytica EBC 3.11.2, 1998)

Extrakt jačmeňa a sladu sa zmeral na prístroji Tecator β -GLUKAN 5700 Analyzér. Fluorescenčné meranie reakcie kalkoflóru s vysokomolekulárnymi reťazcami β -glukanov sa uskutočnilo za pomoci Prietokového Injekčného Analyzéra.

Tabuľka 2 β -glukany v zrne a v slade pri genotypoch zo stanice Sládkovičovo, Veľké Ripňany a Jakubovany

| Sládkovičovo | β -glukany zrna (%) | β -glukany sladu (%) | β -glukany sladu (%) |
|---------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Genotyp | 2 týždeň po zbere | 2 týždeň po zbere | 6 týždeň po zbere |
| Nitran | 3,8 | 2,2 | 0,05 |
| SK 5976 | 3,8 | 1,9 | 0,05 |
| SK 5734 | 4,6 | 1,7 | 0,05 |
| \bar{x} | 4,06 | 1,93 | 0,05 |
| Veľké Ripňany | β -glukany zrna (%) | β -glukany sladu (%) | β -glukany sladu (%) |
| Genotyp | 2 týždeň po zbere | 2 týždeň po zbere | 6 týždeň po zbere |
| Nitran | 2,9 | 1,6 | 0,02 |
| SK 5976 | 4,1 | 2,3 | 0,07 |
| SK 5734 | 4,2 | 2,2 | 0,08 |
| \bar{x} | 3,73 | 2,03 | 0,05 |
| Jakubovany | β -glukany zrna (%) | β -glukany sladu (%) | β -glukany sladu (%) |
| Genotyp | 2 týždeň po zbere | 2 týždeň po zbere | 6 týždeň po zbere |
| Nitran | 3,3 | 1,3 | 0,07 |
| SK 5976 | 4 | 2,4 | 0,1 |
| SK 5734 | 4,3 | 2,2 | 0,07 |
| \bar{x} | 3,86 | 1,96 | 0,08 |

Tabuľka 3 Štatistické vyhodnotenie β -glukanov v zrne (ANOVA)

| Zdroj premenlivosti | Suma štvorcov | Stupeň voľnosti | Variancia | F hodnota | Preukaznosť |
|----------------------|---------------|-----------------|-----------|-----------|---------------------|
| Genotyp | 1,628889 | 2 | 0,814444 | 8,778 | 0,0344 ⁺ |
| Stanovište | 0,168889 | 2 | 0,084444 | 0,91 | 0,4723 ⁻ |
| Zvyšok | 0,371111 | 4 | 0,92778 | - | - |
| Celková Premennivosť | 2,168889 | 8 | - | - | - |

- = nepreukazné (>0,05), + = preukazné (0,01-0,05), ++ = vysoko preukazné (<0,01)

Tabuľka 4 Štatistické vyhodnotenie degradácie β -glukanov v slade (ANOVA)

| Zdroj premenlivosti | Suma štvorcov | Stupeň voľnosti | Variancia | F hodnota | Preukaznosť |
|----------------------|---------------|-----------------|-----------|-----------|----------------------|
| Týždeň | 16,51209 | 1 | 16,51209 | 221,405 | 0,0000 ⁺⁺ |
| Genotyp | 2,837644 | 2 | 1,418822 | 2,677 | 0,050 ⁺ |
| Stanovište | 0,12869 | 2 | 0,064135 | 0,121 | 0,8862 ⁻ |
| Odber | 82,80796 | 3 | 27,60265 | 52,074 | 0,0000 ⁺⁺ |
| Zvyšok | 33,39409 | 63 | 0,530065 | - | - |
| Celková Premennivosť | 119,332 | 71 | - | - | - |

- = nepreukazné (>0,05), + = preukazné (0,01-0,05), ++ = vysoko preukazné (<0,01)

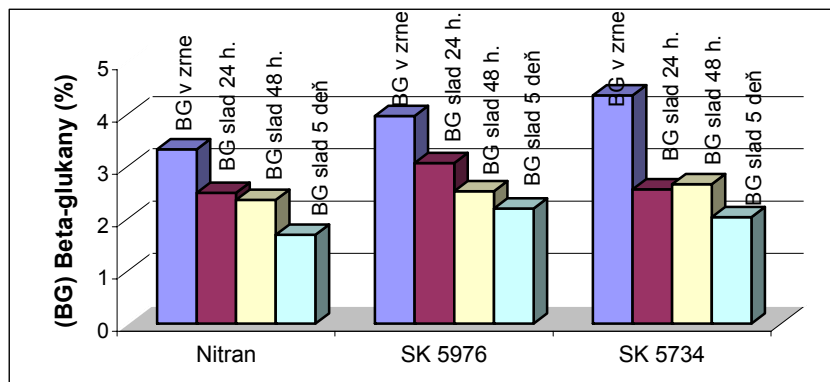
Tabuľka 5 Štatistické vyhodnotenie degradácie β -glukanov v slade z pohľadu genotypu (LSD-test)

| Genotyp | Počet | LS priemer | Homolog. skupina |
|---------|-------|------------|------------------|
| Nitran | 24 | 2,46 | x |
| SK 5976 | 24 | 2,775 | xx |
| Sk 5734 | 24 | 2,938333 | x |

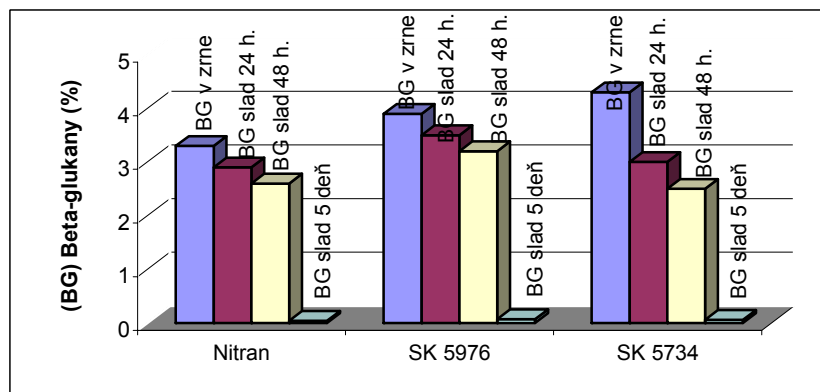
Chemikálie: jačmenná a sladová múka - 100 mg, demineralizovaná voda, kalkofluór reagent typ II, štandardný roztok 300 mg.l⁻¹.

Získané výsledky boli štatisticky vyhodnotené matematicko-štatistickou metódou s použitím programu SAS (Statistical Analysis System). Pri normálnom

termamyl- α -amyláza typ 120 L, 95-97 % H₂SO₄, rozdelení súborov sa na porovnanie priemerov základného súboru použila viacfaktorová analýza rozptylu (ANOVA) a na testovanie štatistickej preukaznosti rozdielov: LSD test.



Obr. 1 Degradácia β-glukanov v zrne a v slade po 24 hod., 48 hod. a po 5 dni, druhý týždeň po zbere, z pohľadu odrody



Obr. 2 Degradácia β-glukanov v zrne a v slade po 24 hod., 48 hod. a po 5 dni, šiesty týždeň po zbere, z pohľadu odrody

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky ukázali, že z pohľadu lokality v priemere najviac β-glukanov v zrne kumulovali genotypy pochádzajúce zo stanice Sládkovičovo (aridná oblasť) (tabuľka 2) aj keď podľa analýzy rozptylu rozdiely medzi lokalitami boli štatisticky nepreukazné $P > 0,05$ (tabuľka 3). Podľa Frančákovej (2003a) a Frančákovej (2003b), všeobecne sa hodnoty β-glukanov zvyšujú v suchých a teplých ročníkoch, pričom pozitívny vplyv má najmä skrátené vegetačné obdobie. Podľa Molinu-Cano et al. (1997) vplyv klimatických faktorov na obsah β-glukanov v jačmeňoch prevažuje nad vplyvom genetickým. Z údajov v klimatograme (tabuľka 1) vyplýva, že stanica Sládkovičovo sa v roku 2006 prejavila ako najteplejšia a najsuchšia lokalita. V priemere najnižší obsah β-glukanov v zrne preukázali genotypy pestované na lokalite Veľké Ripňany (tabuľka 2). Podľa Faustnaughta et al. (1996) a Perez-Venderella et al. (1996), mierne teploty a vysoký podiel zrážok počas vývinu zrna jačmeňa vedú k zníženiu obsahu β-glukanov. Na druhej strane Wallwork et al. (1998) uvádza, že vysoké teploty neovplyvňujú proces ukladania sa β-glukanov v bunkách zrna, ale vedú k zníženiu celkového obsahu β-glukanov v zrne jačmeňa. Výsledky našej práce dospeli k opačnému tvrdeniu. Rozdiely medzi genotypmi podľa analýzy rozptylu boli štatisticky preukazné $P = 0,03$ (tabuľka 3), s najnižším

obsahom β-glukanov v zrne pri odrode Nitran a s najvyšším obsahom pri odrode SK 5734. Štatisticky preukazné rozdiely v obsahu β-glukanov medzi genotypmi, lokalitami a pestovateľskými ročníkmi dokumentuje vo výsledkoch svojej práce aj Perez-Venderell et al. (1996) a Kihara et al. (2007).

Zistilo sa, že medzi testovanými genotypmi existujú rozdiely v rozsahu degradácie β-glukanov. Z pohľadu genotypu, druhý týždeň po zbere, v priemere najnižší obsah β-glukanov v slade po degradácii preukázala odroda Nitran (1,7 %), zároveň pri tejto odrode bol nameraný aj najnižší obsah β-glukanov v zrne (obr. 1). Naopak v priemere najvyšší obsah β-glukanov preukázal genotyp SK 5976 (2,2 %) (obr. 1). V šiestom týždni po zbere bola degradácia v porovnaní s druhým týždňom výraznejšia z dôvodu pozberového dozrievania jačmeňov, pričom rozdiely medzi týždňami boli štatisticky vysoko preukazné $P < 0,01$ (tabuľka 4). U odrody Nitran bol opäť nameraný v priemere najnižší obsah β-glukanov v slade po degradácii (0,04 %) a pri odrode SK 5976 rovnako najvyšší obsah β-glukanov (0,07 %) (obr. 2). Z pohľadu genotypu najvýraznejšie prebehla degradácia β-glukanov v slade, v druhom aj v šiestom týždni po zbere, pri odrode SK 5734 (v priemere zo 4,4 % na 0,07 %). Podľa analýzy rozptylu rozdiely medzi genotypmi boli štatisticky

preukazné $P = 0,05$ (tabuľka 4). Z pohľadu lokality najvýraznejšie prebehla degradácia β -glukanov v slade pri genotypoch zo stanice Sládkovičovo aj napriek tomu, že rozdiely medzi lokalitami neboli štatisticky preukazné. Štatisticky vysoko preukazné boli rozdiely medzi druhým a šiestym týždňom v prospech šiesteho týždňa (najvýraznejšia degradácia) $P < 0,01$ (tabuľka 4). Z výsledkov vyplýva, že degradáciu β -glukanov v slade výrazne ovplyvňuje pozberové dozrievanie. V šiestom týždni po zbere došlo po zosladovaní až k 99 % degradácii β -glukanov v slade, pričom pri použití zrna jačmeňa iba po dvoch týždňoch po zbere predstavovala degradácia β -glukanov 50 %. Aj pri genotypoch s vyšším obsahom β -glukanov v zrne došlo po odznení pozberového dozrievania k ich 99 % degradácií. **Woonton et al. (2005)** zistil, že obsah β -glukanov v sladine sa s dobou skladovania jačmeňa znižuje. Zo získaných výsledkov sa ďalej potvrdil vplyv odrody na obsah a na degradáciu β -glukanov v slade (24 h, 48 h, 5 deň), pričom preukazne bolo možné odlišiť odrodu Nitran (najmenej výrazná

degradácia) a genotyp SK 5734 (najvýraznejšia degradácia) (tabuľka 5). Vysoko štatisticky preukazné $P < 0,01$ (tabuľka 4) boli rozdiely medzi odbermi, v prospech piateho dňa sladovania, kde došlo k najvýraznejšej degradácii β -glukanov v slade v oboch sledovaných týždňoch.

ZÁVER

Ako ukázali výsledky, pozberové dozrievanie ovplyvňuje degradáciu β -glukanov v slade a tým aj kvalitu vyrábaného sladu. Z toho dôvodu by sme odporúčali jačmene po zbere nechať aspoň šesť týždňov pozberovo dozrieť. Na sladovnícke účely by bolo najvhodnejšie použiť odrody s nižším počiatočným obsahom β -glukanov v zrne jačmeňa, aby sa zaručila dokonalá degradácia β -glukanov vo vyrábanom slade. Dôležitý je aj výber pestovateľskej lokality. Najvhodnejšie sú lokality humidnejšie a menej vhodné sú lokality aridné, kde je predpoklad vyššej kumulácie β -glukanov v zrne jačmeňa.

LITERATÚRA

ANALYTICA EBC, 3. 11. 2., 1998, 4th edition, Zurich Switzerland-publisher.

CHANDRA, G. S., PROUDLOVE, M. O., BAXTER, E. D. 1999. The structure of barley endosperm – an important determinant of malt modification. In *Journal of Science of Food and Agriculture*, vol. 79, 1999, p. 37-46.

EHRENBERGEROVÁ, J., VACULOVÁ, K., ZIMOLKA, J., KOUTNÁ, K. 2000. Možnosti využitia ječmene pro potravinárske účely. In *Jačmeň, výroba a zhodnotenie*. Nitra: SPU, 2000, s. 95-99, ISBN 80-7137-681-7.

FASTNAUGHT, C. E., BERGLUND, P. T., HOLM, E. T., FOX, G. J. 1996. Genetic and environmental variation in β -glucan content and quality parameters of barley for food. In *Crop Science*, vol. 36, 1996, p. 941-946.

FRANČÁKOVÁ, H. 2003a. Pozberové dozrievanie a dormancia zín jačmeňa. In *Jačmeň - biológia, pestovanie, využívanie*. Nitra: Agrogenofond, 2003, p. 151-152, ISBN 80-69068-2-8.

FRANČÁKOVÁ, H. 2003b. Technologická kvalita jačmeňa a sladu. IN HOLKOVÁ, S. a kol. Jačmeň - biológia, pestovanie, využívanie. Nitra: Agrogenofond, 2003, p. 158-159, ISBN 80-69068-2-8.

HANG, A., OBERT, D., GIRONELLA, A. I. N., BURTON, CH. S. 2007. Barley Amylose and β -Glucan: Their Relationships to Protein, Agronomic Traits, and Environmental Factors. In *Crop Science*, vol. 47, 2007, p. 1754-1760.

KIHARA, M., OKADA, Y., HIMURE, T., ITO, K. 2007. Accumulation and Degradation of Two Functional Constituents, GABA and β -Glucan, and Their Varietal Differences in Germinated Barley Grains. In *Journal of Breeding Science*, vol. 57, 2007, no. 2, p. 85-89.

KUUSELA, P., JARI, J., Hämäläinen, P. R., OLKKU, J. 2004. Simulation Model for the Control of beta-Glucanase Activity and beta-Glucan Degradation During Germination in Malting. In *Journal of Institute of Brewing*, vol. 110, 2004, no. 4, p. 309-319.

MOLINA-CANO, J. L., RAMO, T., ELLIS, R. P., SWANSTON, J. S., BAIN, H., URIBE-ECHEVERRIA, T., PEREZ-VENDRELL, A. M. 1995. Effect of grain composition on water uptake by malting barley: A genetic and environmental study. In *Journal of Institute of Brewing*, vol. 101, 1995, p. 79-83.

MOLINA-CANO, J. L., FRANCESCH, M., PEREZ-VENDRELL, A. M., RAMO, T., VOLTAS, J., BRUFAU, J. 1997. Genetic and environmental variation in malting and feed quality for barley. In *Cereal Science*, vol. 25, 1997, p. 37-47.

PALMER, G. H. 2000. Malt performance is more related to inhomogeneity of protein and β -glucan breakdown than to standard malt analyses. In: *Journal of Institute of Brewing*, vol. 106, 2000, p. 189-192.

PEREZ-VENDRELL, A. M., BRUFAU, J., MOLINA-CANO, J. L., FRANCESCH, M., GUASCH, J. 1996. Effect of cultivar and environment on (1-3,1-4)- β -D-glucan content and acid extract viscosity of Spanish barleys. In *Cereal Science*, vol. 23, 1996, p. 285-292.

VACULOVÁ, K. 1992. Beta-glukany a kvalita zrna ječmene. In *Úroda*, no. 5, 1992, p. 209-210.

WALLWORK, M. A. B., LOGUE, S. J., MACLEOD, L. C., JENNER, C. E. 1998. Effects of a period of high temperature during grain filling on the grain growth characteristic and malting quality of three Australian malting barleys. In *Australian Journal of Agricultural Research*, vol. 49, 1998, p. 1287-1296.

WOONTON, B., JACOBSEN, J. V., SHERKAT, F., STUART, I. M. 2005. Changes in germination and malting quality during storage of barley. In *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 111, 2005, no. 1, p. 33-41.

ZHANG, G., CHEN, J., WANG, J., DING, S. 2001. Cultivar and environmental effects on (1-3,1-4)- β -glucan and protein content in malting barley. In *Cereal Science*, vol. 34, 2001, p. 295-301.

Kontaktná adresa:

Ing. Miriam Lišková PhD., Slovak University of Agriculture, FBP, KSSRP, Trieda Andreja Hlinku 2. Tel.: +421 37 641 4779, E-mail: miriam.liskova@uniag.sk

doc. Ing. Helena Frančáková, CSc., Slovak University of Agriculture, FBP, KSSRP, Trieda Andreja Hlinku 2. Tel.: +421 37 641 4311, E-mail: helena.francakova@uniag.sk

Ing. Ján Mareček PhD., Slovak University of Agriculture, FBP, KSSRP, Trieda Andreja Hlinku 2. Tel.: +421 37 641 4379, E-mail: jan.marecek@uniag.sk