

Změny obsahu fosforu v zrně ječmene a sladu

Changes in Phosphorus Content in Barley Grain and Malt

Zdeněk SVOBODA, Renata MIKULÍKOVÁ, Sylvie BĚLÁKOVÁ, Karolína BENEŠOVÁ

VÚPS, a. s., Sladařský ústav Brno, Mostecká 7, 614 00 Brno/ *RIBM Plc, Malting Institute, Mostecká 7, 614 00 Brno, Czech Republic*
e-mail: svoboda@beerresearch.cz

Recenzovaný článek / *Reviewed paper*

Svoboda, Z. – Mikulíková, R. – Běláková, S. – Benešová, K.: Změny obsahu fosforu v zrně ječmene a sladu. Kvasny Prum. 60, 2014, č. 11–12, s. 282–284

V průběhu výroby sladu se v zrně ječmene aktivuje tvorba enzymů, které štěpí zásobní látky a ty jsou poté využity při klíčení. Během mletí uvolňují sladové fosfatasy z fytiátů do sladiny anorganické fosforečnany, podílející se na udržování optimálního pH pro většinu sladových enzymů. Fosforečnany v mladině jsou během kvašení využívány pivovarskými kvasinkami v jejich metabolismu. U dvou odrůd ječmene z pěti lokalit byl sledován obsah fosforu v zrně ječmene a z něho vyrobeného sladu. V průběhu sladování v zrně došlo k úbytku do 3 % z celkového obsahu fosforu. Úbytek byl způsoben zejména přechodem produktů štěpení zásobního fytiinu do zárodků kořínků a listů, které se u hotových sladů při odkličování odstraňují.

Svoboda, Z. – Mikulíková, R. – Běláková, S. – Benešová, K.: Changes in phosphorus content in barley grain and malt. Kvasny Prum. 60, 2014, No. 11–12, pp. 282–284

During malting, production of enzymes is activated in barley grain; these enzymes degrade storage substances that are subsequently used in germination. During kilning, malt phosphatases release inorganic phosphates from phytates to wort, phosphates contribute to maintaining the optimum pH for most of the malt enzymes. During fermentation, phosphates in wort are required by brewery yeasts for their metabolism. Phosphorus content in barley grain and malt produced was studied in two barley varieties from five localities. During malting decline to 3 % of the total phosphorus content in grain was detected. The decline was caused mainly by passing storage phytin degradation products to germs of rootlets and leaves that are removed from final malts at degerming.

Svoboda, Z. – Mikulíková, R. – Běláková, S. – Benešová, K.: Die Änderungen des Gehalts an Phosphor im Gersten- und Malzkorn. Kvasny Prum. 60, 2014, Nr. 11–12, S. 282–284

Im Laufe der Malzherstellung wird die Enzymenbildung im Gerstenkorn aktiviert, die Speicherstoffe splitten, was zur Keimung ausgenutzt werden. Während des Maischenprozesses lösen aus den Phytaten Malzphosphatasen, die den optimalen pH Wert für Mehrheit von Malzenzymen halten, anorganische Phosphate in die Würze ein. Während der Gärung sind die Phosphate in der Würze durch Brauhefe zu ihrem Metabolismus ausgenutzt. Bei zwei Gerstensorten aus den fünf Lokalitäten wurde ein Gehalt an Phosphor im Gerstenkorn und im aus dieser Gerste hergestellten Malzkorn verfolgt. Während des Malzherstellungsprozesses wird eine Abnahme von 3% vom gesamten Gehalt an Phosphor eingetroffen. Diese Abnahme wurde durch einen Übergang von Spaltungsprodukten des Speicherphytins in die Wurzel- und Blätterkeime verursacht, die beim fertigen Malz beim Entkeimen beseitigt werden.

Klíčová slova: sladování, fosforečnany, fytiin, kyselina fytoová, pivo

Keywords: malting, phosphates, phytin, phytic acid, beer

1 ÚVOD

Fosfor patří k biogením makroprvkům nezbytným pro správný růst a vývoj všech živých organismů. Má významnou úlohu v metabolismu, která spočívá ve využití energie k růstu a vývoji a v udržování osmotické a acidobazické rovnováhy (Prugar et al., 2008).

V zrně ječmene je většina fosforu vázaná ve formě fytiinu (vápenato-hořečnatá sůl kyseliny fytoové), který je ve zvýšené koncentraci obsažen v klíčku a aleuronové vrstvě. Kyselina fytoová (ester myo-inositolu a kyseliny fosforečné) a její soli představují 50 – 85 % fosforu v semenech obilovin, olejnin a luštěnin (Prugar et al., 2008).

Fosfáty přítomné v zrně ječmene mají důležitý fyziologický význam. Podílejí se na udržování pH nejen při klíčení, ale i v mladině a pivu (Kosař et al., 2000). Přirozenou kyselost vstříčky a sladiny tvoří fosforečnany a aminokyseliny ze sladu.

Hodnoty pH vstříčky se obvykle pohybují v rozmezí 5,6 až 6,0. V průběhu mletí pH klesá o 0,15 až 0,30 a přibližuje se tak více či méně k optimu většiny sladových enzymů. Při vyšších hodnotách pH mletí se snižuje aktivita technologicky významných enzymů při přípravě mladiny (Basařová et al., 2010).

Během procesu výroby sladu zrno ječmene prochází fázemi máčení, klíčení a hvozdní. Klíčení je fyziologický proces, při kterém se v zárodečné části zrna vyvíjejí zárodky kořínků a listů za využití zásobních látek endospermu. S procesem klíčení je přímo spjata aktivace a tvorba enzymů, z nichž mají největší technologický význam fosfatasy, cytas, proteas a hlavně amylasy. Během klíčení se aktivita fosfatasy ve sladu zvyšuje 5 až 6krát. Při hvozdní se fosfatasy částečně degradují, přesto je jejich aktivita ve sladu v porovnání s ječmenem trojnásobná (Kosař et al., 2000).

Z hlediska acidity a tlumivé schopnosti mletí, mladiny a piva je velmi důležité působení sladových enzymů, kyselých fosfat (EC

1 INTRODUCTION

Phosphorus belongs to biogenic macroelements necessary for the proper growth and development of all live organisms. It plays an important role in metabolism, it helps use energy for the growth and development and maintains osmotic and acid-base balance (Prugar et al., 2008).

In barley grain most of phosphorus is bound in the form of phytin (calcium-magnesium salt of phytic acid), which is contained at elevated concentrations in the aleuron layer and germ. Phytic acid (ester of myo-inositol and phosphoric acid) and its salts account for up to 50 – 85% of phosphorus in seeds of cereals, oil crops and legumes (Prugar et al., 2008).

Phosphates present in the barley grain are of high physiological importance. They participate in maintaining pH not only during germination but also in wort and beer (Kosař et al., 2000). Phosphates and amino acids from wort ensure natural acidity of mash and wort.

The values of pH mash usually move from 5.6 to 6.0. During mashing, pH declines by 0.15 to 0.30, getting thus, more or less, to the optimum of most malt enzymes. With higher values of pH mashes, the activity of enzymes that are technologically important for wort production declines (Basařová et al., 2010).

The malt production process includes steeping, germination and kilning of barley grain. Germination is a physiological process during which the germs of rootlets and leaves develop in the embryonic part of the grain using the storage substances of the endosperm. Enzyme activation and formation is directly associated with the germination process; phosphatases, cytas, proteases, and first of all amylases are of the highest technological importance. During germination, phosphatase activity in malt increases 5 to 6 times. At kilning phosphatases are partially degraded, but

Tab. 1 Obsah fosforu v zrna ječmene a ve sladu / Table 1 Phosphorus content in barley grain and malt

Identifikace vzorku / Sample identification	Ječmen / Barley	Slad / Malt	$\Delta (j-s)$ / (b-m)
	obsah P v suš. / P content in dry matter [g.kg ⁻¹]	obsah P v suš. / P content in dry matter [g.kg ⁻¹]	
BOJOS, Čáslav	4.69	4.54	0.15
KANGOO, Čáslav	4.72	4.55	0.16
BOJOS, Uherský Ostroh	4.72	4.61	0.12
KANGOO, Uherský Ostroh	5.21	4.95	0.26
BOJOS, Jaroměřice	4.80	4.61	0.19
KANGOO, Jaroměřice	4.85	4.81	0.04
BOJOS, Líba	4.62	4.48	0.14
KANGOO, Líba	4.29	4.20	0.09
BOJOS, Věrovany	4.28	4.24	0.05
KANGOO, Věrovany	4.26	4.14	0.12

3.1.3.2) nebo 3-fytasy (EC 3.1.3.8), které z nukleových kyselin a dalších organických fosfatů (např. fytinu) uvolňují do sladiny anorganické fosforečnany (Basařová et al., 2010).

Fosforečnany v mladině jsou během kvašení využívány pivovarskými kvasinkami pro jejich výživu a metabolismus. Nedostatek fosforu zpomaluje růst kvasinek i kvasný proces (Šilhánková, 2009).

Fosfor se v buňce kvasinky vyskytuje v nukleových kyselinách, fosfomannanech, fosfolipidech a makroergické sloučenině ATP (adenosintrifosfát – nejběžnější energetické oběživo živých systémů). Během kvašení mladiny působí myo-inositol – další složka fytové kyseliny, jako stimulant růstu pivovarských kvasinek.

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Změny obsahu fosforu byly sledovány u dvou odrůd ječmene (Bojos, Kangoo) z 5 pěstebních lokalit (Čáslav, Uherský Ostroh, Jaroměřice, Líba, Věrovany) ze sklizně 2012, jak v zrna ječmene před procesem sladování, tak v získaném sladu v mikroskladovně. Vzorky nebyly kontaminovány sanitacními prostředky ani pesticidními přípravky typu Gastoxin. Výsledné hodnoty uvedené v tab. 1 a na obr. 1 jsou průměrem 6 opakování a byly hodnoceny statistickým programem EffiValidation.

2.1 Stanovení obsahu fosforu v ječmeni a ve sladu

Organické a anorganické sloučeniny fosforu v zrna ječmene a ve sladu byly převedeny na rozpustné orthofosforečnany rozkladem, který probíhal za přítomnosti oxidačních činidel. Obsah orthofosforečnanů ve vzorcích byl stanoven ve formě fosfomolybdenové modři spektrofotometricky při 690 nm (ČSN, 2004).

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Ve vzorcích zrna ječmene z odrůd Bojos a Kangoo z 5 lokalit (Čáslav, Uherský Ostroh, Jaroměřice, Líba, Věrovany) byl stanoven obsah fosforu, který se pohyboval v rozmezí 4,26 – 5,21 g/kg. V analyzovaných vzorcích nebyly zjištěny významné rozdíly mezi sledovanými odrůdami ani mezi jednotlivými lokalitami.

Ze sledovaných vzorků zrna ječmene byl vyroben slad, který byl též analyzován na obsah fosforu. Také v analyzovaných sladech nebyl výrazný rozdíl mezi odrůdami a lokalitami. Zjištěný obsah fosforu v hotových sladech byl o cca 3 % nižší než u analyzovaného zrna ječmene (4,14–4,95 g/kg).

Ke zjištěnému úbytku obsahu fosforu v zrna ječmene během výroby sladu přispívá hlavně přechod rozštěpených zásobních látek do

still their activity in malt compared to barley is three times higher (Kosař et al., 2000).

In terms of acidity and suppressing capacity of mashes, wort and beer activity of malt enzymes, acid phosphatases (EC 3.1.3.2) or 3-fytase (EC 3.1.3.8) is important as they release inorganic phosphates from nucleic acids and other organic phosphates (e.g. phytin) to wort (Basařová et al., 2010).

Phosphates in wort are utilised during fermentation by brewery yeasts for their nutrition and metabolism. Lack of phosphorus slows down the yeast growth and fermenting process (Basařová et al., 2010).

Phosphorus in yeast cells occurs in nucleic acids, phosphomannose, phospholipids and macroergic compound ATP (adenosine triphosphate – the most common energy donor of the live systems). During wort fermentation myo-inositol, another component of phytic acid, acts as a stimulator of the brewery yeast growth.

2 Experimental part

Changes in phosphorus content were studied in two barley varieties (Bojos, Kangoo) from five growing localities (Čáslav, Uherský Ostroh, Jaroměřice, Líba, Věrovany) from harvest 2012, both in barley grain before the malting process and in malt obtained in a micro-malting plant. The samples were not contaminated with sanitary agents or Gastoxin type of pesticides. The resulting values given in Table 1 and Fig. 1 are an average of 6 repetition and were assessed using the statistical program EffiValidation.

2.1 Determination of phosphorus content in barley and malt

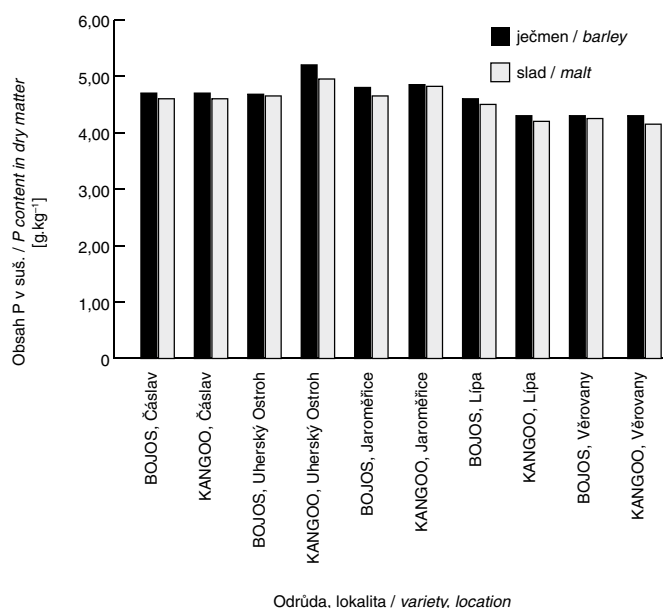
Organic and inorganic phosphorus compounds in barley grain and malt were decomposed to soluble orthophosphates in the presence of oxidation agents. Orthophosphorus content in samples was determined with phosphomolybdate blue spectrophotometry phosphomolybdic blue at 690 nm [ČSN EN ISO 6878 (75 7465)].

3 RESULTS AND DISCUSSION

Phosphorus content was determined in barley grain samples from the varieties Bojos and Kangoo from 5 localities (Čáslav, Uherský Ostroh, Jaroměřice, Líba, Věrovany). It varied from 4.26 – 5.21 g/kg. No significant differences between the studied varieties and the individual localities were found in the analyzed samples.

Malt made from the studied barley grain samples was also analyzed for phosphorus content. Similarly, the analyzed malts did not show any significant difference between the varieties and localities. The detected phosphorus content in finished malts was by ca 3 % lower than in the analyzed barley grain (4.14 – 4.95 g/kg).

The detected decline in phosphorus content in barley grain during malt production is caused mainly by the transfer of degraded storage substances to developing germs of rootlets and leaves that



Obr. 1 Obsah fosforu v zrna ječmene a ve sladu / Fig. 1 Phosphorus content in barley grain and malt

vyvíjejících se zárodků kořínků a listů, které byly u hotových sladů při odkličování odstraněny. Při praní a namáčení ječmene, v prvních fázích výroby sladu, se ze zrna vyluhují organické i anorganické látky v nepříliš vysokých koncentracích.

Tab. 1 a obr. 1 uvádí obsah fosforu stanovený ve vzorcích zrna ječmene a ve sladu.

4 ZÁVĚR

V analyzovaných vzorcích zrna ječmene a ve sladech z nich vyrobených byl stanoven obsah fosforu. Hodnoty mezi sledovanými odrůdami a jednotlivými lokalitami byly statisticky neprůkazné. Zjištěný obsah fosforu ve vyrobených sladech byl o cca 3 % nižší než v zrnech ječmene před sladováním.

LITERATURA / REFERENCES

- Basařová, G., Šavel, J., Basař, P., Lejsek, T., 2010: Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva. VŠCHT v Praze. ISBN 978-80-7080-734-7.
- Benešová, K., Běláková, S., Mikulíková, R., Svoboda, Z., 2013: Přehled analytických metod pro stanovení fytové kyseliny. Kvasny Prum. 59(5): 127–133. ISSN 0023-5830.
- ČSN, 2004: EN ISO 6878 (75 7465) Jakost vod – Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným. Český normalizační institut, Praha, 2004.
- Kobrová, M., 1989: Čištění odpadních vod z pivovarsko-sladařského průmyslu. Kvasny Prum. 35(3): 78–84. ISSN 0023-5830.
- Kosař, K. a kol., 2000: Technologie výroby sladu a piva. VÚPS, a. s., Praha. ISBN 80-902658-6-3.

were removed from final malts during degerming. During washing and steeping of barley in the first phases of malt production, organic and inorganic substances are extracted from barley grain at not very high concentrations.

Table 1 and Fig. 1 show phosphorus content determined in barley grain and malt samples.

4 CONCLUSIONS

Phosphorus content was determined in the samples of barley grain and malts made from it. The values between the studied varieties and the individual localities were statistically non significant. The phosphorus content detected in produced malts was by ca 3 % lower than in barley grains before malting.

Translated by Vladimíra Nováková

- Prugar, J. a kol., 2008: Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. VÚPS, a. s., Praha. ISBN 978-80-86576-28-2.
- Šilhánková, L., 2009: Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology. Academia, Praha. ISBN 978-80-200-1703-1.
- Vaculová, K., Balounová, M., Kvasnička, F., Sedláčková, I., Ehrenbergerová, J., Václavíková E., Pouch M., 2012: Variabilita obsahu kyseliny fytové v zrna ječmene. Kvasny Prum. 58(4): 100–108. ISSN 0023-5830.
- Velíšek, J., 2002: Chemie potravin 2. Osis, Tábor. ISBN 80-86659-01-1.

*Do redakce došlo / Manuscript received: 28. 8. 2014
Přijato k publikování / Accepted for publication: 3. 10. 2014*

37. PIVOVARSKO-SLADAŘSKÝ SEMINÁŘ

Je již tradicí, že každý sudý rok na podzim pořádá Plzeňský Prazdroj, a.s., kongres, který je v tuzemsku nejvýznamnější odbornou akcí roku. Nejinak tomu bylo i v roce 2014, kdy 23. a 24. října proběhl již 37. Pivovarsko-sladařský seminář. Na odborném zajištění akce se vedle pořadatele podílel i Ústav kvasné chemie a bioinženýrství VŠCHT v Praze a Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s.

Součástí byla vystoupení generálního ředitele Plzeňského Prazdroje, a.s., Paolo Lanzarottiho, vedení Českého svazu pivovarů a sladoven, či seznámení s novou knihou prof. Ing. Gabriely Basařové, DrSc. a kol., a exkurze do pivovaru Plzeňský Prazdroj, a.s., ale zejména 16 odborných přednášek. Základní informace přinášíme zde, v příštích číslech se pokusíme v různé podobě k některým příspěvkům vrátit.

Seznam odborných přednášek

- R. Paulů (Sladovny Soufflet ČR) – Sladařství
- V. Psota, L. Sachambula (VÚPS, a.s., Brno) – Lze zvýraznit kvalitativní rozdíly sladovnických odrůd?
- K. Benešová, M. Bolechová, S. Běláková (VÚPS, a.s., Brno) – Studium vybraných „emerging“ mykotoxinů v ječmeni a ve sladu
- Z. Rosa (Chmelařství, družstvo Žatec a BOHEMIA HOP) – Chmelařský rok 2014 a vývoj chmelařství v ČR
- K. Krofta (Chmelařský institut, s.r.o., Žatec) – Kazbek, první česká odrůda „flavour hops“

- A. Mikyška, P. Čejka, K. Krofta (VÚPS, a.s., Praha, Chmelařský institut, s.r.o., Žatec) – Jak hodnotit hořkost piva
- T. Hudcová, L. Jelínek, M. Karabín, P. Dostálék (ÚKCHB VŠCHT Praha) – Nové možnosti výroby piva s vyšším obsahem Xanthohumolu
- T. Brányik, J. Strejc (ÚKCHB VŠCHT Praha) – Využití netradičních kvasinek při výrobě nealkoholických a nízkoalkoholických piv
- P. Kubizniaková, D. Matoulková (VÚPS, a.s., Praha) – Bakterie mléčného kvašení a metody jejich detekce – srovnávací studie
- J. Kopecká, D. Matoulková, M. Němec (VÚPS, a.s., Praha) – Identifikace pivovarských kvasinek
- M. Keller (KRONES DEU) – Výhoda filtrace a úprava produktové varné vody
- A. Brož, P. Košin, J. Šavel (Budějovický Budvar, n. p., České Budějovice) – Praktické zkušenosti se separací kalů mladiny
- Z. Zloch, P. Sedláček (Lékařská fakulta UK, Plzeň) – Nový pohled na zdravotně prospěšné účinky alkoholu
- Vladimír Bubeníček (ProMinent Dosiertchnik Cz) – ECA voda – dezinfekce s přidanou hodnotou
- Michal Boháč (Bruker s.r.o.) – Má rychlá identifikace mikroorganismů pomocí hmotnostní spektrometrie řešení MALDI Biotyper šanci se prosadit i v pivovarnictví?
- J. Budjač (TECHNOPROCUR CZ, spol. s r. o.) – Fotometrie SIG-RIST – ucelený sortiment účinných nástrojů pro optimalizaci procesů výroby piva od varny až po laboratoř