

DOI: 10.18832/kp201837

# The effect of treatment of barley grain and malt with low-temperature plasma discharge on the malt gushing potential

## Vliv ošetření zrna ječmene a sladu výbojem nízkoteplotního plazmatu na gushingový potenciál sladu

Sylvie BĚLÁKOVÁ<sup>1</sup>, Zbyněk HAVELKA<sup>2</sup>, Andrea BOHATÁ<sup>2</sup>, Ivo HARTMAN<sup>1</sup>, Hana KÁBELOVÁ<sup>2</sup>, Pavel KRÍŽ<sup>3</sup>, Miroslav DIENSTBIER<sup>1</sup>, Petr BARTOŠ<sup>3</sup>, Petr ŠPATENKA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Brewing and Malting, Malting Institute Brno, Mostecká 7, 614 00 Brno, Czech Republic  
Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Sladařský ústav Brno, Mostecká 7, 614 00 Brno

<sup>2</sup>University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture, Department of Special Plant Production, Section of Phytosanitary, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, Czech Republic  
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Katedra speciální produkce rostlinné, sekce rostlinolékařství, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice

<sup>3</sup>University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Education, Department of Applied Physics and Technics, Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice, Czech Republic  
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, Katedra aplikované fyziky a techniky, Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice

<sup>4</sup>SurfaceTreat, a.s., Na Lukách 66, 511 01 Turnov, Czech Republic

e-mail: belakova@beerresearch.cz

Reviewed paper / Recenzovaný článek

**Běláková, S., Havelka, Z., Bohatá, A., Hartman, I., Kábelová, H., Kríž, P., Dienstbier, M., Bartoš, P., Špatenka, P., 2018: The effect of treatment of barley grain and malt with low-temperature plasma discharge on the malt gushing potential. Kvasny Prum. 64(6): 314–317**

In 2015, the effect of treatment of spring barley grain and malt produced from it with low-temperature plasma discharge on the malt gushing potential was studied.

Malting barley and malt produced from it were plasma-treated. In the malt samples, the gushing potential was determined. Simultaneously, selected quality parameters were assessed in the malt samples (Kolbach index, diastatic power,  $\beta$ -glucan content in wort, final attenuation, extract of malt in dry matter, relative extract at 45 °C, and friability). Gushing declined in the plasma-treated samples of malting barley or malt. The malt quality parameters remained unchanged.

**Běláková, S., Havelka, Z., Bohatá, A., Hartman, I., Kábelová, H., Kríž, P., Dienstbier, M., Bartoš, P., Špatenka, P., 2018: Vliv ošetření zrna ječmene a sladu výbojem nízkoteplotního plazmatu na gushingový potenciál sladu. Kvasny Prum. 64(6): 314–317**

V roce 2015 byl sledován vliv ošetření zrna ječmene jarního a z něj vyrobeného sladu nízkoteplotním plazmovým výbojem na gushingový potenciál sladu.

Sladovnický ječmen a z něj vyrobený slad byl ošetřen plazmatem. U vzorků sladů byl stanoven gushingový potenciál. Současně byly ve vzorcích sladu sledovány vybrané kvalitativní parametry (Kolbachovo číslo, diastatická mohutnost, obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině, dosažitelný stupeň prokvašení, extrakt sladu v sušině, relativní extrakt při 45 °C a friabilita). U vzorků sladu, kde byl sladovnický ječmen nebo slad ošetřen plazmatem, došlo ke snížení gushingu. Kvalitativní parametry sladu zůstaly ve všech případech zachovány.

**Keywords:** malt, gushing, plasma discharge, malt quality parameters

**Klíčová slova:** slad, gushing, plazmový výboj, kvalitativní parametry sladu

## 1 INTRODUCTION

Gushing is a phenomenon observed in carbonated beverages such as beer. It is a massive overflow of beer after the container is opened. The principle of this relatively complex phenomenon is the immediate release of carbon dioxide after the bottle opening. (Shokribousjein et al., 2011). According to its causes, gushing can be divided into "primary" and "secondary" (Gjertsen, P. et al., 1963), while the primary gushing of beer is related to malt quality, secondary to its processing in the brewery. It is well known that the most important factor in the induction of primary gushing is the infection of cereals with filamentous fungi that produce surface-active proteins, so called hydrophobins (Postulkova et al., 2016).

In the past, various physical methods for suppressing fungal contamination of cereals before the malting process were used. For example, electron beam irradiation (Kottapalli, B. et al., 2006) eliminated fungal organisms in barley but malting parameters were deteriorated as well. Other methods include, for example, the use of a static magnetic field to inhibit *Fusarium* species (Albertini et al., 2003) or ozonization (Piacentini, K. C. et al., 2017). The disadvantage of these methods is that they only suppress the symptoms of fungal contamination, but do not completely eliminate it, and the fungi that survive this treatment are able to re-expand during the malting process. It has been shown that overfoaming of beer requires the activity of fungi during the malting process (Gjertsen, P. et

## 1 ÚVOD

Gushing je jev pozorovaný u sycených nápojů jako je např. pivo, kdy při otevření obalu dojde k masivnímu přepěnění nápoje. Podstatou tohoto poměrně složitého jevu je okamžité uvolnění oxidu uhličitého po otevření láhve (Shokribousjein et al., 2011). Z hlediska příčin lze gushing rozdělit na „primární“ a „sekundární“ (Gjertsen, P. et al., 1963), přičemž primární gushing u piva souvisí s kvalitou sladu, sekundární pak s jeho zpracováním v pivovaru. Je všeobecně známo, že nejdůležitějším faktorem indukce primárního gushingu je infekce obilovin vláknitými houbami, které produkují povrchově aktivní proteiny, tzv. hydrofobiny (Postulkova et al., 2016).

Pro potlačení houbové kontaminace obilovin před procesem sladování se v minulosti testovaly různé fyzikální metody. Jednalo se např. o ozáření sladovnického ječmene elektronovým paprskem (electron-beam irradiation) (Kottapalli, B. et al., 2006), kdy sice došlo k eliminaci houbových organismů v ječmeni, ale současně i ke zhoršení jeho sladařských parametrů. Dalšími metodami bylo např. použití statického magnetického pole pro inhibici plísní rodu *Fusarium* (Albertini et al., 2003) nebo ozonifikace (Piacentini, K.C. et al., 2017). Nevýhodou těchto metod je, že při nich dochází pouze k potlačení projevů plísněvé kontaminace, nikoliv však k její úplné eliminaci, přičemž plísně, které toto ošetření přežijí, jsou schopny se během sladovacího procesu opětovně rozšířit. Přítom je prokázáno, že

al., 1965); at the same time, it has not been proven that malt made from such cereals retained all the malting parameters.

According to the current state of the art, the plasma discharge has strong antimicrobial effects and its various types are used to treat and sterilize fragile and temperature-sensitive surfaces including food (Perni et al., 2008).

From an economic and technical point of view, it is much more advantageous to use atmospheric pressure systems than vacuum systems. Such atmospheric discharges include, for example, a corona discharge, a dielectric barrier discharge, or, the so-called Gliding Arc (Fridman, 1999).

The treatment with low-temperature plasma generated by Gliding Arc type burning under atmospheric pressure is one of the so-called advanced oxidation processes. The relatively high efficiency of the plasma treatment is given by the synergy of all three components of the discharge, namely the increased temperature of the plasma channel, generated UV radiation, and especially the presence of strong oxidation radicals in the plasma blown by the working gas stream towards the treated sample (Horáková et al., 2014).

The aim of our study was to evaluate the effect of treatment of spring barley grain and malt produced with low-temperature plasma discharge on the gushing potential of malt while preserving important quality parameters of malt.

## 2 MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Samples

In 2015, malting barley variety Francin was sown on the experimental field of the company Zkušební stanice Kluky spol. s r.o. (Testing Station Kluky). The certified seed of spring barley was obtained from the company Selgen a.s. The average TGW (thousand grain weight) of the seed was 39.58 g. Before sowing, two basic variants with different seed treatment were prepared:

- seed treated with the fungicide Raxil Star
- untreated seed (control sample).

Each barley variant was grown in four replications of which two mixed samples were prepared – one from the variant with the treated seed, the other from the variant with the untreated seed. One half of each barley sample was plasma-treated; the other one was left untreated. Of these four barley samples (treated and untreated variant), malts were prepared in the micromalting plant of the Malting Institute Brno using the MEBAK method (2011). One half of the malt samples was treated with the plasma discharge, the other half remained untreated. Totally, eight malt samples were prepared (Fig. 1).

### 2.2 Treatment with plasma discharge

The experimental device utilizes the effects of a Gliding Arc plasma discharge generated at atmospheric pressure. The device is described in more detail in (Kříž, Haisan and Špatenka, 2012). The experimental system settings were the same for all samples (see Table 1).

The plasma nozzle was equipped with two divergent stainless steel electrodes with the air gap of 2 mm. Each barley or malt sample (150 g) was placed to a stirrer for the whole treatment time. The stirrer consists of an open perforated tube body with a bottom blade rotating at 60 rpm to stir the sample homogeneously. Statistically, each grain was exposed to plasma three times to ten times, always for ca 0.5 to 2 s with the intervals sufficient for its cooling.

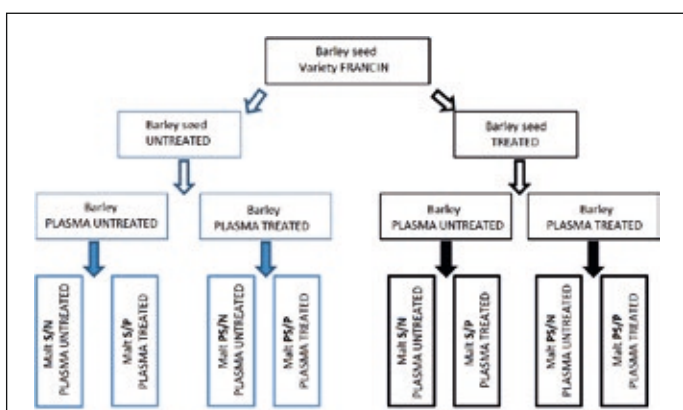


Fig. 1 Scheme of malting and plasma treatment of samples

pro přepěňování je nutná právě aktivita plísní během sladování (Gjertsen, P. et al., 1965); současně ale není prokázáno, že by si slad vyrobený z takto ošetřených obilovin zachoval všechny sladovnické parametry.

Podle současného stavu řešení problematiky má plazmový výboj silné antimikrobiální účinky a jeho různé druhy jsou používány k ošetření a sterilizaci křehkých a teplotně citlivých povrchů včetně potravin (Perni et al., 2008).

Z ekonomického i technického hlediska je mnohem výhodnější využívat systémy pracující za atmosférického tlaku než vakuové systémy. Mezi takové atmosférické výboje patří např. korónový výboj, dielektrický bariérový výboj nebo klouzavý výboj, tzv. Gliding Arc (Fridman, 1999).

Ošetření nízkoteplotním plazmatem generovaným elektrickým výbojem typu Gliding Arc hořícím za atmosférického tlaku patří mezi tzv. pokročilé oxidační procesy. Poměrně vysokou účinnost plazmového ošetření zabezpečuje synergie všech tří složek výboje, a to zvýšené teploty plazmového kanálu, generovaného UV záření a především přítomnosti silných oxidačních radikálů v plazmatu vyfukovaném proudem pracovního plynu směrem k ošetřovanému vzorku (Horáková et al., 2014).

Cílem naší práce bylo posoudit vliv ošetření zrna ječmene jarního a z něj vyrobeného sladu nízkoteplotním plazmovým výbojem na gushingový potenciál sladu a současného zachování důležitých kvalitativních parametrů sladu.

## 2 MATERIÁL A METODY

### 2.1 Vzorky

V roce 2015 byl na experimentálním poli společnosti Zkušební stanice Kluky spol. s r.o. zaset sladovnický ječmen odrůdy Francin. Uznané a certifikované osivo ječmene jarního bylo získáno z firmy Selgen a.s. Průměrná HTZ (hmotnost tisíce zrn) osiva byla 39,58 g. Před setím byly vytvořeny dvě základní varianty s různým způsobem ošetření osiva:

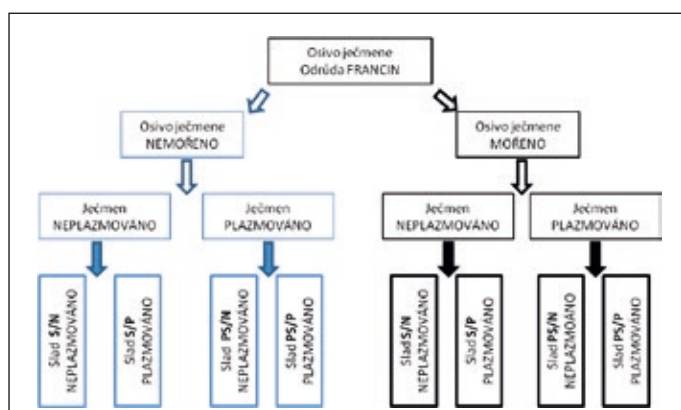
- osivo namožené fungicidním přípravkem Raxil Star
- nemožené osivo (kontrolní vzorek).

Každá varianta ječmene byla pěstována ve čtyřech opakováních, ze kterých byly připraveny 2 směsné vzorky ječmene – jeden z varianty s namoženým osivem, druhý z varianty s nemoženým osivem. Z každého vzorku ječmene byla jedna polovina ošetřena plazmatem a druhá polovina se ponechala neošetřená. Z takto vytvořených čtyř vzorků ječmene (ošetřená i neošetřená varianta) byly v mikrosladovně Sladařského ústavu v Brně připraveny slady obvyklým způsobem dle metodiky MEBAK (2011). Jedna polovina vzorků sladů byla ošetřena plazmovým výbojem, druhá polovina zůstala neošetřená. Celkem bylo připraveno 8 vzorků sladu (obr. 1).

### 2.2 Ošetření plazmovým výbojem

Použité experimentální zařízení využívá účinků plazmového výboje typu Gliding Arc generovaného při atmosférickém tlaku. Zařízení je detailněji popsáno v (Kříž, Haisan and Špatenka, 2012). Nastavení experimentálního systému bylo pro všechny vzorky stejné (viz. tab. 1).

V plazmové trysce byly použity dvě divergentní nerezové elektrody, mezi nimiž byla vzduchová mezera 2 mm. Každý vzorek ječmene nebo sladu o hmotnosti 150 g byl po celou dobu ošetření umístěn v míchacím zařízení. Míchací zařízení se skládá z otevřeného děro-



Obr. 1 Schéma sladování a plazmového ošetření vzorků

Table 1 Parameters of plasma device

Tab. 1 Parametry nastavení plazmovacího zařízení

Parameter of the process <i>Parametr procesu</i>	Conditions <i>Podmínky</i>
Working gas flow rate <i>Průtok pracovního plynu</i>	0.86 of standard m <sup>3</sup> /h <i>0,86 normálního m<sup>3</sup>/h</i>
Plasma head power <i>Výkon plazmovací hlavice</i>	240 W
Power head distance <i>Vzdálenost plazmovací hlavice</i>	10 cm
Treatment time <i>Doba ošetření</i>	4 min

### 2.3 Gushing – determination of the gushing prediction in malt

The test for the prediction of gushing was conducted in the malt samples (S/N, S/P, PS/N, PS/P) both for the treated and untreated control variant according to the method by Vaag et al. (1993). Extracts of malt grist were added into bottles of standardized beers and were pasteurized. After three days of shaking under the exactly defined conditions, the bottles were opened and weighed again. Overfoaming (given in g/bottle) corresponds to lowering of weight before and after bottle opening (Vaag et al., 1993).

### 2.4 Determination of the basic malting parameters

The following quality parameters were assessed in the studied malt samples: Kolbach index, diastatic power,  $\beta$ -glucan content in wort, final attenuation, malt extract in dry matter, relative extract at 45 °C and friability. The analyses were carried out according to the methods (EBC, 2009; MEBAK, 2011).

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 The effect of the treatment on the malt gushing potential

The effect of treatment of spring barley grain and malt produced from it with low-temperature plasma discharge on the gushing potential of malt was studied. The results of the malt gushing potential are given in Table 2.

#### Samples from untreated barley seed

Gushing in the malt samples varied from 0 – 27 g/bottle. The value of 27 g/bottle was measured in the malt sample (S/N) which was not plasma-treated in the phase of barley or malt. After malt plasma treatment (S/P), the gushing test showed the reduction of the gushing potential up to 0 g/bottle. Malt which was plasma-treated in the phase barley and/or malt had the gushing potential 0 g/bottle.

#### Samples from the treated barley seed

Gushing in the malt samples which was not plasma-treated in the phase of barley or malt was 14 g/bottle. Plasma treatment of the malt sample reduced gushing to 0 g/bottle. The same situation was also in the sample which was plasma-treated in the phase of barley. After plasma treatment of malt, gushing declined from 14 g/bottle to 0 g/bottle.

### 3.2 The effect of treatment with plasma discharge on malt quality

Malt quality of the samples was assessed according to the parameters of the malting quality index (Psota and Kosař, 2002). Table 3 gives average results of the evaluation of barley malt not treated with plasma (S/N) and its comparison with the samples treated with plasma either in the phase of barley grain or malt.

#### Samples from the untreated barley seed

In the control variant, plasma treatment of the samples did not affect any studied parameter, except  $\beta$ -glucans in wort: in the malt sample (S/P),  $\beta$ -glucan content was increased by 19% to the value of 214 mg/l.

#### Samples from the treated barley seed

$\beta$ -glucan content was reduced in the samples from the variant with the treated seed (PS/N) and (PS/P) to 74 and 79% of the original content. All other indicators of malt quality remained unchanged after plasma treatment.

Table 2 The effect of the plasma treatment of spring barley grain and malt produced from it on the malt gushing potential

Tab. 2 Vliv plazmového ošetření ječmene jarního a z něj vyrobeného sladu na gushingový potenciál sladu

Seed treatment <i>Ošetření osiva</i>	Barley plasma treatment <i>Plazmování ječmene</i>	Malt plasma treatment <i>Plazmování sladu</i>	Malt identification <i>Označení sladu</i>	Gushing (g/bottle) <i>Gushing (g/láhev)</i>
Untreated <i>Nemořeno</i>	NO/NE	NO/NE	S/N	27
Untreated <i>Nemořeno</i>	NO/NE	YES/ANO	S/P	0
Untreated <i>Nemořeno</i>	YES/ANO	NO/NE	PS/N	0
Untreated <i>Nemořeno</i>	YES/ANO	YES/ANO	PS/P	0
Treated <i>Mořeno</i>	NO/NE	NO/NE	S/N	14
Treated <i>Mořeno</i>	NO/NE	YES/ANO	S/P	0
Treated <i>Mořeno</i>	YES/ANO	NO/NE	PS/N	14
Treated <i>Mořeno</i>	YES/ANO	YES/ANO	PS/P	0

vaného tubusu s míchací čepelí na dně, která se otáčí rychlostí 60 ot/min tak, aby došlo k optimálnímu a homogennímu ošetření celého vzorku. Každé zrno vzorku bylo statisticky vystaveno plazmatu 3krát až 10krát, vždy na dobu cca 0,5 až 2 s s intervaly dostatečnými pro jeho ochlazení.

### 2.3 Gushing – stanovení predikce gushingu ve sladu

U vzorků sladů (S/N, S/P, PS/N, PS/P) pro namořenou i kontrolní variantu byl způsobem dle publikace Vaag et al. (1993) proveden test predikce gushingu. Extrakty sladového šrotu byly přidány do lahví standardizovaného piva, které poté prošly pasterizací. Po 3 dnech třepání za přesně definovaných podmínek byly láhve otevřeny a znovu zváženy. Přepěnění (udává se v g/láhev) odpovídá snížení hmotnosti před a po otevření láhve (Vaag et al., 1993).

### 2.4 Stanovení základních sladařských parametrů

Ve sledovaných vzorcích sladu byly stanoveny tyto kvalitativní parametry: Kolbachovo číslo, diastatická mohutnost, obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině, dosažitelný stupeň prokvašení, extrakt sladu v sušině, relativní extrakt při 45 °C a friabilita. Analýzy byly provedeny podle metodiky (EBC, 2009; MEBAK, 2011).

## 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 3.1 Vliv ošetření na gushingový potenciál sladu

Byl sledován vliv ošetření zrna ječmene jarního a z něj vyrobeného sladu nízkoteplotním plazmovým výbojem na gushingový potenciál sladu. Výsledky gushingového potenciálu sladu jsou uvedeny v tab. 2.

#### Vzorky z nemořené osiva ječmene

Gushing ve vzorcích sladu se pohyboval v rozmezí 0-27 g/láhev. Hodnota 27 g/láhev byla naměřena u vzorku sladu (S/N), který nebyl plazmován ve fázi ječmene ani sladu. Po oplazmování sladu (S/P) a následně provedení gushingového testu došlo k snížení gushingového potenciálu, a to až na 0 g/láhev. Slad, který byl plazmován ve fázi ječmene a/nebo sladu, měl gushingový potenciál 0 g/láhev.

#### Vzorky z mořené osiva ječmene

Gushing ve vzorcích sladu, který nebyl plazmován ve fázi ječmene ani sladu měl gushing 14 g/láhev. Po oplazmování vzorku sladu došlo ke snížení gushingu na 0 g/láhev. Stejná situace byla i u vzorku, který byl plazmován ve fázi ječmene. Po oplazmování sladu došlo ke snížení gushingu ze 14 g/láhev na 0 g/láhev.

Table 3 The effect of plasma treatment of spring barley and produced malt on the selected malt quality parameters  
Tab. 3 Vliv plazmového ošetření ječmene jarního a z něj vyrobeného sladu na vybrané kvalitativní parametry sladu

Malt quality parameters Kvalitativní parametry sladu	Untreated seed / Nemořené osivo				Treated seed / Mořené osivo			
	S/N	S/P	PS/N	PS/P	S/N	S/P	PS/N	PS/P
Kolbach index (%) / Kolbachovo číslo (%)	40.7	41.0	40.4	41.0	40.4	41.3	41.4	40.7
Diastatic power (WK un.) / Diastatická mohutnost (j. WK)	553.5	551.0	549.0	568.5	572.5	578.5	572.5	564.0
β-glucans in wort (mg/l) / β-glukany ve sladince (mg/l)	180.0	214.0	190.0	158.0	177.0	172.0	130.5	140.5
Final attenuation (%) / Dosažitelný stupeň prokvašení (%)	78.9	79.1	79.6	79.2	79.3	79.5	79.8	80.2
Malt extract in dry matter (%) / Extrakt sladu v sušině (%)	78.4	78.7	78.1	78.3	78.3	78.7	78.3	78.4
Relative extract at 45 °C (%) / Relativní extrakt při 45 °C (%)	44.1	73.8	45.7	45.7	44.9	44.3	47.5	46.5
Friability (%) / Friabilita (%)	64.1	66.6	65.2	65.9	61.5	63.7	64.8	67.5

## 4 CONCLUSIONS

The conducted tests confirmed the possibility of use of plasma discharge, type Gliding Arc, for the detoxification of the brewing raw materials. Suitably selected plasma parameters ensure sufficient and uniform treatment of all sample grains reducing thus the quantity of surviving spores of toxic fungi and detoxifying the treated grain and reducing the gushing potential of malt. After the treatment of the samples with plasma discharge, all malt quality parameters remain at the values which are similar to the initial values are in compliance with the technological usability of malt in the brewing industry.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was conducted in the Research Institute of Brewing and Malting within the project TAČR TE02000177 "Centre for Innovative Use and Strengthening of Competitiveness of Czech Brewery Raw Materials and Products".

## REFERENCES / LITERATURA

- Albertini, M.C., Accorsi, A., Citterio, B., Burattini, S., Piacentini, M.P., Uguccioni, F., Piatti, E., 2003: Morphological and biochemical modifications induced by a static magnetic field on *Fusarium culmorum*. *Biochimie*, 85: 963–970.
- EBC Analysis Committee, 2009: *Analytica-EBC*, Verlag Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg. ISBN 3-418-00759-7.
- Fridman, A., Nester, S., Kennedy, L. A., Saveliev, A., Mutaf-Yardimci, O., 1999: Gliding arc gas discharge, *Progress in Energy and Combustion Science*, 25: 211–231.
- Gjertsen, P., Trolle, B., Andersen, K., 1963: Weathered barley as a contributory cause of gushing in beer., In *Proceedings of the 9th Congress – European Brewery Convention: Brussels, Amsterdam: Elsevier*, 1964: 320–341.
- Gjertsen, P., Trolle, B., Andersen, K., 1965: Gushing caused by microorganisms, specially *Fusarium* species, In *Proceedings of the 10th Congress - European Brewery Convention: Stockholm, Amsterdam: Elsevier*, 1966: 428–438.
- Horáková, M., Klementová, Š., Kříž, P., Balakrishna, S. K., Špatenka, P., Golovko, O., Hájková, P., Exnar, P., 2014: The synergistic effect of advanced oxidation processes to eliminate resistant chemical compounds. *Surface and Coatings Technology*, 241:154–158.
- Kottapalli, B., Wolf-Hall, C. E., Schwarz, P., 2006: Effect of electron-beam irradiation on the safety and quality of *Fusarium*-infected malting barley. *International Journal of Food Microbiology*, 110: 224–231.
- Kříž, P., Haisan, C., Špatenka, P., 2012: Characterization of the gliding arc device for industry applications, in *Proceedings of the International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM)*: 1337–1340.
- MEBAK, 2011: *Brautechnische Analysenmethoden Rohstoffe. Methodensammlung der Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission. Brautechnische Analysenmethoden Rohstoffe* MEBAK, Weihenstephan-Freising, Germany.
- Perni, S., Liu, D.W., Shama, G., Kong, M. G., 2008: Cold Atmospheric Plasma Decontamination of the Pericarps of Fruit. *Journal of Food Protection*, 71: 302–308.
- Piacentini, K.C., Savi, G.D., Scussel, V.M., 2017: The effect of ozone treatment on species of *Fusarium* growth in malting barley (*Hordeum vulgare* L.) grains. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 9: 383–389.

## 3.2 Vliv ošetření plazmovým výbojem na kvalitu sladu

Sladovnická kvalita vzorků byla hodnocena podle znaků tvořících ukazatel sladovnické jakosti (Psota a Kosař, 2002). V tab. 3 jsou uvedeny průměrné výsledky hodnocení ječného sladu, který nebyl plazmován (S/N) a jeho srovnání se vzorky, které byly plazmovány buď ve fázi zrna ječmene, nebo sladu.

### Vzorky z nemořného osiva ječmene

U kontrolní varianty se vliv ošetření vzorků plazmatem neprojevil u žádného sledovaného parametru mimo β-glukanů ve sladince, kdy u vzorku sladu (S/P) došlo k navýšení obsahu β-glukanů o 19 % až na hodnotu 214 mg/l.

### Vzorky z mořného osiva ječmene

U vzorků z varianty s namořeným osivem došlo ke snížení obsahu β-glukanů (PS/N) a (PS/P) na 74 a 79 % původního obsahu. Všechny ostatní ukazatele sladovnické kvality se vlivem plazmování nezměnily.

## 4 ZÁVĚR

Provedené testy potvrdily možnost využití plazmového výboje typu Gliding Arc k detoxikaci surovin v pivovarnictví. Vhodně zvolené parametry plazmatu zajišťují dostatečné a rovnoměrné ošetření všech zrn vzorku, dochází k poklesu množství přežívajících spor toxických plísní a tím k detoxikaci ošetřovaných zrnin a ke snížení gushingového potenciálu sladu. Po ošetření vzorků plazmovým výbojem zůstávají všechny kvalitativní ukazatele sladu zachovány na hodnotách, které jsou velmi podobné výchozím hodnotám a jsou v souladu s technologickou použitelností sladu v pivovarnictví.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato publikace vznikla ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském, a.s. v rámci projektu TAČR TE02000177 „Centrum pro inovativní využití posílení konkurenceschopnosti českých pivovarských surovin a výrobků“.

- Postulkova, M., Riveros-Galan, D., Cordova-Agiular, K., Zitkova, K., Verachtter, H., Derdelinckx, G., Dostalek, P., Ruzicka, M.C., Branyik, T., 2016: Technological possibilities to prevent and suppress primary gushing of beer. *Trends in Food Science & Technology*, 49: 64–73.
- Psota, V., Kosař, K., 2002: Ukazatel sladovnické jakosti. *Kvasny Prum.*, 48: 142–148.
- Shokribousjein, Z.; M.Deckers, S.; Gebruers, K.; Lorgouilloux, Y.; 2011: Hydrophobins, beer foaming and gushing, *Cerevisia*, 35: 85–101.
- Vaag, P., Riis, P., Knudsen, A.D., Pedersen, S., Meiling, E., 1993: A simple and rapid test for gushing tendency in brewing materials, In *Proceedings of the 24th Congress - European Brewery Convention: Oslo, IRL Press: Oxford*, 1993: 155–162.