

## THE INFLUENCE OF FIRST WORT PART AND AFTERWORDS ON SACCHARIFICATION OF WORT

*Žigmund Tóth, Štefan Dráb, Helena Frančáková, Miriam Lišková, Jana Návojská*

### ABSTRACT

Wort is a basic product of mashing, which forms the first intermediate in beer production and constitute the base of its final value. For qualitative value wort has the greatest impact grist per brew, which is a description of materials, they bring to brew extract and determine its the volume and concentration. The main component grist per brew for light and dark beers is stored pale malt and possibly a smaller proportion of adjuncts.

The aim of our work was to assess the qualitative parameters of malt in terms of content extract and its impact on the amount of produced the first wort part and afterwort and their qualitative values expressed in % saccharification and volumes. We measured 3 types of malts with the content of the extract 75.2%, 76.1%, 77.2% in the original sample, which determined mainly reached saccharification of first part wort and other afterwort parts one and two. In terms attained of saccharification it was necessary to use on sparge of spent grains at afterwort number two only the amount of water, which would be not affect the total saccharification of wort and its qualitative parameters.

**Keywords:** malt, wort, first wort, afterwort, saccharification, volume

### ÚVOD

Sladina je prvým medziproduktom pri produkcii piva, pričom jej výroba pozostáva z procesu vystierania zošrotovaného sladku a procesu rmutovania. Na konci rmutovania je sladina obsahujúca extrakt oddelená od nerozpustných látok – mláta. Takáto sladina má vysokú mernú hmotnosť a označuje sa ako predok. Určité množstvo extraktu zostáva v mláte, a je ho možné získať vysladzovaním - premývaním mláta horúcou varnou vodou, čím možno vytvoriť sladinu s nižšou hustotou označovanú ako výstrelok (Briggs et al., 2004).

Prvým a základným predpokladom kvalitnej sladiny je proces šrotovania sladku. Šrotovanie zvyšuje reakčné plochy sladku pre pôsobenie enzýmov, čím sú zložky sladku ľahšie rozpustné. Plevy by mali byť v dostatočnej miere zachované, pretože slúžia ako filtračná vrstva počas sciedzania. V niektorých pivovaroch sa ako alternatíva sciedzacích nádob používa sladínový filter, pri ktorom plevy, prípadne hrubšie častice sladku nie sú potrebné (Narziss, 1992; Kunze, 1999; Briggs et al., 2004). Medzi procesom šrotovania sladku a hydrolyzou škrobu v sladine je významný vzťah. Dôležitú úlohu zohráva typ použitého šrotovania. Kladivkové šrotovanie môže byť lepšie ako valcové, no valcové šrotovanie výrazne ovplyvňujú faktory, ako mlecia medzera, rýchlosť valcov a rozdielna rýchlosť otáčania valcov (Mousia et al., 2003). Väčšie poškodenie pliev znižuje porozitu mláta a negatívne ovplyvňuje chuť piva. Pleva obsahuje okrem nerozpustnej celulózy polyfenoly, pentozany, horké a farebné látky, ktorých vyluhovanie vzrastá s časom kontaktu a poškodením plevy. Jemné rozomletie endospermu je naopak predpokladom pre požadovaný priebeh rmutovania a vysoký varný výťažok. Hlavný podiel hrubej krupice pri šrotovaní tvorí najmenej rozlúštená špička zrna, na jemnú krupicu sa ľahko rozdrví dobre rozlúštené spodné partie endospermu zrna. Hrubá krupica sa ťažko rozpúšťa a pomaly scukruje. Pokiaľ jej je viac narastá obsah nescukreného extraktu v mláte, preto je potrebné v tomto prípade aj dlhšie intenzívnejšie rmutovanie. Preto pre

sciedzanie v sciedzacej nádobe volíme najlepšie vymleté, minimálne poškodené plevy, nízky podiel hrubej krupice a vysoký podiel jemnej krupice. Obsah múčky – najjemnejšieho šrotu musíme prispôbiť podmienkam pri sciedzaní najmä zaťaženiu sciedzacieho dna a sciedzacej rýchlosti (Lejsek, Topka, 1991). Podiel múčky by nemal prekročiť hodnotu 12% v podiele šrotu. Počas rmutovania menšia časť extraktu 15 až 17% je priamo rozpustná a prejde pri rmutovaní do roztoku jednoduchým miešaním a pôsobením teploty. Väčšiu časť však dostaneme do roztoku až po ich rozštiepení sladovými enzýmami. Základnou požiadavkou rmutovacích procesov je dostať do roztoku všetok škrob i vhodný podiel bielkovín (Chládek, 2007). Škrob sa skladá z amylózy a amylopektíu. Ich rozklad prebieha v troch krokoch: mazovatenie, stekutenie, scukrenie. Škrobové molekuly absorbujú vodu počas mazovatenia najskôr napučiavajú a potom praskajú. Sladový škrob s prítomnosťou amyláz mazovatie pri 60°C. Zmazovtený škrob je väčšinou štiepený amylázami v priebehu stekucovania (Wunderlich a Back, 2009). Keď je slad extrahovaný s vodou, ktorej teplota sa zvyšuje riadeným spôsobom, priemyselný proces sa nazýva rmutovanie a výsledný produkt je označovaný ako sladina. Proces rmutovania sa môže meniť v závislosti od požadovaných hodnôt finálnej sladiny a piva (Jones, 2005).

V priebehu rmutovania prebiehajú tri hlavné enzymatické reakcie, a to hydrolyza zmazovateného škrobu na skvasiteľné cukry (glukóza, fruktóza, sacharóza, maltóza a maltotriózu), hydrolyza proteínov na voľné aminokyseliny a degradácia β-glukánových reťazcov. Tieto procesy prebiehajú činnosťou amyláz, proteáz a β-glukanáz (Brandam et al., 2003). Najdôležitejšia reakcia v rámci procesu rmutovania je enzymatická hydrolyza zmazovateného škrobu, pretože tá určuje množstvo vytvorených skvasiteľných cukrov a tým aj obsah alkoholu vo finálnom produkte. Z toho dôvodu je prirodzeným cieľom rmutovania maximalizovať produkciu takýchto skvasiteľných látok (Durand et al., 2009). Pre svetlé piva bežných typov by mal extrakt sladiny obsahovať približne 10% monosacharidov, 50% disacharidov a 20% vyšších

dextrínov. Priebeh štiepenia škrobu pri rmutovaní ovplyvňuje celý rad faktorov a to najmä kvalita sladu z hľadiska extraktívnosti, zloženie sypania pokiaľ sa použijú sladové náhradky, jemnosť šrotu v závislosti od spôsobu a kvality šrotovania a podmienky rmutovania ako sú najmä teplota, pH a hustota výstierky, časový priebeh teplôt, počet rmutov a spôsob ich spracovania pokiaľ sa jedná o dekokčný spôsob rmutovania. Podľa spôsobu zvyšovania teploty pri rmutovaní rozlišujeme infúzny a dekokčný spôsob rmutovania (Ďopka, Ďopka ml, 2000). Pri infúznom postupe je celý objem rmutu vyhrievaný (s príslušnými fázami odpočinku) až po finálnu teplotu scukrenia. Táto metóda začína s teplotou 45°C (proteolýza) a následne sa teplota zvyšuje na 62-65°C (činnosť  $\beta$ -amylázy). Ďalšia fáza rmutovania prebieha pri teplote 70 – 75°C až po kompletné scukrenie rmutu (činnosť  $\alpha$ -amylázy) a celý proces končí pri teplote 78°C (O'Rourke, 1996). Pri dekokčnom procese sa teplota zvyšuje presúvaním časti rmutu z vystieracej nádoby do rmutovacieho kotla, kde je varený. Jeho prečerpaním do zvyšku rmutu ktorý je vo vystieracej nádobe je teplota celého rmutu zvýšená na požadovanú hodnotu. V závislosti na počte varených rmutov môžu byť dekokčné metódy klasifikované ako jedno-, dvoj- a trojrmutové. V súčasnosti sú používané iba jedno- alebo dvojrmutové procesy. Trojrmutový proces spotrebuje veľké množstvo energie a je používaný len pre výrobu určitých špeciálnych pív (Willaert, 2007). Jednotlivé spôsoby rmutovania možno kombinovať. Podľa Montanariho et al. (2004) je jednormutová metóda dekokcie spojená s infúznym rmutovaním výhodnejšou metódou ako dvojité dekokčné rmutovanie. Dosahujú sa ňou vyššie objemové výťažky piva a je energeticky úspornejšia až o 20 %. Pre zaistenie vysokého varného výťažku je potrebné spracovávať dokonale rozlúštený slad s vysokou enzymatickou aktivitou. Kontakt enzýmov a substrátu je potrebné podporiť trvalým miešaním i pri teplotných odpočinkoch. (Ďopka, Ďopka ml, 2000).

Cieľom práce bolo na základe uskutočnených värok zhodnotiť vplyv množstva vystieracej vody a sladu na sacharizáciu a množstvo predku, a na sacharizáciu a množstvo 1. i 2. výstrelku.

### MATERIÁL A METODIKA

Hodnotenie množstva a sacharizácie predku, 1. a 2. výstrelku sme sledovali v rámci sladiny pripravenej z 3 druhov sladov, u ktorých sme najskôr stanovili hodnotu obsahu extraktu. Použili sa 2 rôzne množstvá sypania svetlého plzenského sladu a pomer nálevu sme upravili prídavkom vystieracej a zaparovacej vody v troch rôznych množstvách.

#### Stanovenie extraktu v slade

Do rmutovacej nádoby sme odvážili 50 g sladového šrotu s obsahom múčky 90 % a pridali 100 cm<sup>3</sup> destilovanej vody s teplotou 45 °C. Obsah nádoby sme premiešali s ďalšími 100 cm<sup>3</sup> vody tej istej teploty, pričom sme dôkladne opláchli steny nádoby i tyčinku. Nádobka s výstierkou bola vložená do rmutovacieho kúpeľa vyhriateho na teplotu 45 °C. Pri tejto teplote rmutovanie prebiehalo 30 minút. Potom bola teplota

kúpeľa zvyšovaná v priebehu 25 minút na 70°C (1°C za 1 minútu). Následne sme do vzorky pridali 100 cm<sup>3</sup> vody s teplotou 70°C, pričom rmutovanie pokračovalo pri uvedenej teplote 1 hodinu. Scukrenie sladiny bolo skúšané jódovou skúškou 10 minút po dosiahnutí 70 °C. Rmut bol v priebehu 20 minút ochladený na teplotu 20°C a dovážaný na hmotnosť 450 g pomocou destilovanej vody vytemperovanej na 20°C. Obsah rmutovacej nádoby sme potom dôkladne premiešali sklenenou tyčinkou a naraz vyliali na suchý skladaný filter s priemerom 32 cm. Prvých 100 cm<sup>3</sup> filtrátu sme vrátili späť na filter. Po ukončení filtrácie sme filtrát premiešali a jeho relatívna hustota bola stanovená pyknometricky.

Relatívna hustota vzorky sladiny bola stanovená v pyknometri (podľa Reischauera), pri ktorom bol presne stanovený objem na destilovanú vodu (vodná hodnota). Za predpísaných podmienok bol k zistenej relatívnej hustote sladiny určený hmotnostný zlomok extraktu sladiny v % a následne vypočítaný obsah extraktu v pôvodnom slade.

#### Príprava sladiny v minipivovare

Zošrotovaný slad bol vystieraný do presne stanoveného množstva vody s teplotou 50°C, pričom uvedená teplota výstierky bola udržiavaná 20 minút. Potom bol substrát postupne vyhrievaný na 65°C a pri tejto teplote sa nechal prebehnúť proces rmutovania 30 minút. Následne bolo dielo zahriate na teplotu 76°C, pričom táto fáza procesu rmutovania trvala 30 minút. V rámci tohto kroku bolo kontrolované scukrenie sladiny jódovou skúškou. Pri uvedenej teplote nastal proces odrmutovania – deaktivácie prítomných enzýmov. Počas všetkých týchto procesov bolo miešadlo rmutovo-vystieracej nádoby neustále v činnosti. Po ukončení procesu odrmutovania bolo miešadlo vypnuté, aby sa vytvorila filtračná vrstva mláta, ktorej kvalita určuje priebeh sciedzacieho – filtračného procesu. V prvej fáze sciedzania bol oddelený hlavný podiel sladiny tzv. predku a v druhej fáze bolo mláto premývané horúcou vodou s teplotou 78 °C. Pomocou takéhoto procesu vysladzovania bola získaná zriedená sladina nazývaná výstrelky. Na dosiahnutie požadovaného objemu sladiny bolo zvolené dvojnásobné vysladzovanie.

#### Určenie sacharizácie predku a výstrelkov sacharometrom

Do odmerného valca sme naliali prvý podiel rmutu-predku, alebo 1. a 2. výstrelku. Následne bol celý odmerný valec ponorený do vodného kúpeľa, v ktorom bol vytemperovaný na 20°C. Potom sme sacharometer postupne ponárali do vzorky. Vzorka sa vylievala cez okraje valca a spolu s ňou vytekala aj pena, ktorá by mohla znemožňovať meranie. Po vytemperovaní vzorky bolo priamo na stupnici sacharometru odčítané percento sacharizácie. V prípade nedodržania predpísanej teploty bola vykonaná korekcia podľa návodu uvedeného na stupnici sacharometru.

#### Určenie objemu predku a výstrelkov pomocou meracej tyče

Objem podielu predku ako i podielov 1. a 2. výstrelku bol meraný pomocou meracej nerezovej tyče, ktorá mala po obvode vyznačené hodnoty v dm<sup>3</sup>. Objemy boli merané vždy po odčerpaní sladiny do mladného kotla pred procesom chmeľovaru.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

K najdôležitejším parametrom kvality sladu patrí obsah extraktu v pôvodnej vzorke, ktorá by mala dosahovať minimálnu hodnotu 75 %. Táto hodnota sa považuje za tzv. štandardnú hodnotu. V našich prípadoch všetky tri vzorky plzenského sladu tieto parametre dosahovali. V prvom prípade to bolo 75,2 %, v druhom 76,1 % a v treťom 77,2 % extraktu v pôvodnej vzorke.

Podľa teoretických predpokladov u 10 % a 12 % svetlej sladiny sa koncentrácia predku pohybuje v rozmedzí 16-18 %, u tmavých sladín 18-20 %. Pomer nálevu k sypaniu je u svetlých pív 3,5 - 4 hl, u tmavých sladín 3 - 3,5 hl na 100 kg sladu (**Kosař, Procházka, 2000**). V našom prípade sme zvolili 2 rôzne varianty množstva sypania (12 a 13 kg) plzenského sladu a 3 rôzne objemy vystieracej a zaparovacej vody (od 35 dm<sup>3</sup> po 37 dm<sup>3</sup>), a to najmä z dôvodu zabezpečenia predpísaných teoretických hodnôt sacharizácie predku. Výsledky, ktoré sme dosiahli sú prezentované v tabuľkách.

**Tabuľka 1 Sypanie 12 kg – extrakt 75,2% v pôvodnej vzorke**

Objem vody dm <sup>3</sup>	Predok		1.výstrelok		2.výstrelok		Sladina spolu	
	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>
35	14,1	26	7,8	25	3,2	20	8,8	71
36	14	26	7,9	24	3,1	20	8,79	70
37	13,9	25	7,7	25	3,2	19	8,71	69

**Tabuľka 2 Sypanie 12 kg – extrakt 76,1% v pôvodnej vzorke**

Objem vody dm <sup>3</sup>	Predok		1.výstrelok		2.výstrelok		Sladina spolu	
	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>
35	15,2	25	9,7	26	3,3	19	9,9	70
36	15	25	10	25	3,4	20	9,9	70
37	14,7	25	9,9	26	3,5	20	9,79	71

**Tabuľka 3 Sypanie 12 kg – extrakt 77,2% v pôvodnej vzorke**

Objem vody dm <sup>3</sup>	Predok		1.výstrelok		2.výstrelok		Sladina Spolu	
	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>
35	16	24	9,2	24	3,2	22	9,65	70
36	15,9	25	9,8	25	3,3	22	9,93	72
37	15,6	24	9,6	26	3,2	23	9,56	73

**Tabuľka 4 Sypanie 13 kg – extrakt 75,2% v pôvodnej vzorke**

Objem vody dm <sup>3</sup>	Predok		1.výstrelok		2.výstrelok		Sladina spolu	
	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>
35	15,2	25	8,3	26	3,4	21	9,27	72
36	15,1	25	8,3	25	3,4	19	9,41	69
37	14,9	26	8,2	25	3,4	19	9,39	70

**Tabuľka 5 Sypanie 13 kg – extrakt 76,1% v pôvodnej vzorke**

Objem vody dm <sup>3</sup>	Predok		1.výstrelok		2.výstrelok		Sladina spolu	
	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>
35	16,2	25	9,7	26	3,3	19	10,28	70
36	16,1	25	10,0	25	3,4	20	10,29	70
37	15,9	25	9,9	26	3,5	20	10,21	71

**Tabuľka 6 Sypanie 13 kg – extrakt 77,2% v pôvodnej vzorke**

Objem vody dm <sup>3</sup>	Predok		1.výstrelok		2.výstrelok		Sladina spolu	
	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>	%	dm <sup>3</sup>
35	17,2	25	9,7	25	3,4	23	10,29	73
36	16,9	26	10,1	25	3,3	22	10,61	73
37	16,8	25	10,0	24	3,3	21	10,42	70

V podstatnej miere sú hodnoty ovplyvnené obsahom extraktu sladu, ktorý sme použili na varenie sladiny. Čím viac sypania bolo použitého na varenie sladiny, tým sa zvyšovala i hodnota sacharizácie predku. Zvýšením množstva vystieracej a zaparovacej vody sa zvyšoval aj pomer nálevu k sypaniu, a to od 2,92 po 3,1 hl na 100 kg sladu, čo malo vplyv na pokles sacharizácie predku.

Pri použití sypania 12 kg plzenského sladu sa obsah sacharizácie predku pohyboval od 14,1% po 16% (tabuľka 1,2,3), samozrejme v závislosti od obsahu extraktu v pôvodnom slade. Ako možno vidieť, tieto hodnoty boli dosiahnuté pri použití najmenšieho množstva vystieracej a zaparovacej vody 35 dm<sup>3</sup> a najvyššie boli pri obsahu extraktu sladu 77,2 %. Zvyšovanie pomeru nálevu k sypaniu znížilo hodnoty sacharizácie predku. Najviac sa to prejavilo pri slade s extraktom 76,1 % a 77,2 % a to poklesom v hodnotách 0,4 % až 0,5 % (tabuľka 2,3).

V druhej variante varenia sladiny sme použili vyššie množstvo sypania plzenského sladu a to 13 kg, čím sa nám znížil pomer nálevu ku sypaniu na hodnoty 2,69 až 2,85 hl na 100 kg sladu. Tieto hodnoty prezentujú výstierku podstatne hustejšiu ako je to v odbornej literatúre (**Kosař, Procházka, 2000**). K tomuto kroku sme prišli z dôvodov predchádzajúcich pokusov, nakoľko hodnoty predku pri použití väčšieho množstva nálevu ku sypaniu, boli veľmi nízke a z toho vyplývala i nízka hodnota stupňovitosti vyrobeného piva. V prípade použitia hustejších výstierok sa parametre dosiahnutých hodnôt predku pohybovali od 15,2% až po 17,2% (tabuľka 4,5,6), čo je porovnateľné s hodnotami prezentovanými v odbornej literatúre. Musíme však konštatovať, že použitím nižšieho pomeru nálevu ku sypaniu klesá varný výťažok a efektívnosť vareného procesu sa znižuje. Hodnoty objemov prvého podielu počas varenia sa pohybovali v rozmedzí od 24 dm<sup>3</sup> až po 26 dm<sup>3</sup> (tabuľka 1,2,3,4,5,6). I keď z teoretického hľadiska množstvo predku malo byť vyššie pri použití vyššieho množstva zaparovacej a vystieracej vody tieto výsledky boli vyrovnané a rozdiely minimálne.

Ďalšou problematikou, ktorou sme sa zaoberali boli hodnoty sacharizácie a objemov 1. a 2. výstrelok. Ako sa uvádza v odbornej literatúre (**Kosař, Procházka, 2000**), proces vysladzovania - premývania filtračného koláča, ktorý

je tvorený mlátom by mal prebiehať až dovtedy, kým sa v poslednom výstrelku nedosiahne sacharizácia 1,3 %. Prezentácia našich výsledkov hovorí o hodnotách od 3,1% po 3,6% (tabuľka 1,2,3,4,5,6). Množstvo výstrelkov vyjadrené objemom sa pohybovalo od 24 po 26 dm<sup>3</sup> pri 1. výstrelku a od 19 dm<sup>3</sup> po 23 dm<sup>3</sup> pri 2. Výstrelku, pričom bolo v podstatnej miere ovplyvnené množstvom vody o teplote 76-78 °C, ktorá bola použitá na proces vysladzovania. Množstvo výstrelkov pri 2. výstrelku sme volili na základe celkového množstva uvarenej sladiny, nakoľko kapacita mladinového kotla by v mnohých prípadoch nestačila uvariť väčšie množstvo mladiny. Hodnoty uvarenej sladiny sa pohybovali v rozmedzí od 8,71 až 10,61% (tabuľka 1,2,3,4,5,6), avšak tieto namerané údaje nevyjadrujú konečnú stupňovitosť piva, nakoľko počas ďalších procesov dochádza ku zvyšovaniu tejto hodnoty odparom počas varenia sladiny s chmeľom.

## ZÁVER

V prezentovanej práci bol uplatnený infúzný spôsob rmutovania. Na dosiahnuté výsledky mal veľký vplyv obsah extraktu používaného sladu, ktorý v najväčšej miere charakterizoval dosiahnutú sacharizáciu prvého podielu - predku i ďalších podielov - 1. výstrelku a 2. výstrelku. Ďalší faktor, ktorý ovplyvnil sacharizáciu uvarenej sladiny a jej jednotlivých podielov bolo zloženie sladového šrotu. Objemy jednotlivých podielov boli ovplyvnené najmä pri vysladzovaní mláta, a to jednak množstvom použitej vysladzovacej vody, ale najmä jej teplotou, ktorú sme udržiavali na úrovni 76-78 °C. Z hľadiska efektívneho využitia varných nádob však musíme hovoriť o nižšej efektívnosti nakoľko 2. výstrelok bol vo všetkých prípadoch pomerne vysoký - nad 3% sacharizácie, takže veľké množstvo cukornatých látok zostávalo v mláte. Z hľadiska dosiahnutej sacharizácie však bolo nutné použiť na vysladzovanie mláta pri 2. výstrelku len také množstvo vysladzovacej vody, ktorá neovplyvnila sacharizáciu celkového množstva uvarenej sladiny a neovplyvnila ani jej kvalitatívne parametre.

## LITERATÚRA

BRANDAM, C., MEYER, X. M., PROTH, J., STREHAIANO, P., PINGAUD, H. 2003. An original kinetic model for the enzymatic hydrolysis of starch during mashing. In *Biochemical Engineering Journal*, vol. 13, 2003, p. 43-52.

BRIGGS, D. E., BOULTON, CH. A., BROOKES, P. A., STEVENS, R. 2004. *Brewing Science and Practice*, Boca Raton : CRC Press, 2004. ISBN 0-8493-2547-1.

DURAND, G. A., CORAZZA, M. L., BLANCO, A. M., CORAZZA, F. C. 2009. Dynamic optimization of the mashing process. In *Food Control*, vol. 20, 2009, no. 12, p. 1127-1140.

CHLÁDEK, L. 2007. *Pivovarnictví*. Praha: Grada Publishing, 2007, 207 p. ISBN 978-80-247-1616-9.

JONES, B. L. 2005. Endoproteases of barley and malt. In *Journal of Cereal Science*, vol. 42, 2005, p. 139-156.

KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. 2000. *Technologie výroby sladu a piva*. Brno : VÚPS, 2000. 398 p. ISBN 80-902658-6-3.

KUNZE, W. 1999. *Technology of Brewing and Malting, 2nd edition*, VLB Berlin, Germany 1999, ISBN 3-921 690-49-8.

LEJSEK, T., ŤOPKA, P. 1991. *Stroje a zařízení pro učební odbor biochemik-biochemička se zaměřením pro výrobu piva a sladu*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1991, 194 p.

MONTANARI, L., FLORIDI, S., MARCONI, O., TIRONZELLI, M., FANTOZZI, P. 2004. Effect of mashing procedures on brewing. In *European Food Research and Technology*, vol. 221, 2005, no. 1-2, p. 175-179.

MOUSIA, Z., BALKIN, R. C., PANDIELLA, S. S., WEBB, C. 2003. The effect of milling parameters on starch hydrolysis of milled malt in the brewing process. In *Process Biochemistry*, vol. 39, 2003, p. 2213-2219.

NARZISS, L. 1992. *Die Bierbrauerei, Band II: Die Technologie der Würzebereitung*, 7th ed. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1992.

O'ROURKE, T. 1996. *Brewing*. In *Industrial enzymology*. New York: Stockton Press, 1996. ISBN 0-333-59464-9.

ŤOPKA, P., ŤOPKA, P. ml, 2000. Vystírání a Rmutování. In KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. 2000. *Technologie výroby sladu a piva*. Brno : VÚPS, 2000. p. 174 - 189. ISBN 80-902658-6-3.

WILLAERT, R. 2007. The Beer Brewing Process: Wort Production and Beer Fermentation. In HUI, Y. H., CHANDAN, R. C., CLARK, S., CROSS, N. A., DOBBS, J. C., SHIMONI, E., SINHA, N., SMITH, E. B., SURAPAT, S., TOLDRÁ, F., TITCHENAL, A. 2007. *Handbook of Food Products Manufacturing*. Hoboken : Wiley, 2007. p. 444-452. ISBN 978-0-470-12524-3.

WUNDERLICH, S., BACK, W. 2009. Overview of Manufacturing Beer: Ingredients, Processes, and Quality Criteria. In *Beer in Health and Disease Prevention*. Burlington : Elsevier, 2009, ISBN 978-0-12-373891-2.

## Contact address:

Ing. Zigmund Tóth PhD., Department of Storing and Processing Plant Products, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovakia, E-mail: ztoth1@centrum.sk

Ing. Štefan Dráb, Department of Storing and Processing Plant Products, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovakia, E-mail: stefan.drab@uniag.sk

doc. Ing. Helena Frančáková CSC., Department of Storing and Processing Plant Products, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovakia, E-mail: helena.francakova@uniag.sk

Ing. Miriam Lišková PhD., Department of Storing and Processing Plant Products, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovakia, E-mail: miriam.liskova@uniag.sk

Ing. Jana Návojská, Department of Storing and Processing Plant Products, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovakia, Email: jana.navojska@uniag.sk