

Možnosti úspor vody při sladování

663.43

Ing. JOSEF PROKEŠ, Ing. FRANTIŠEK ILČÍK, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, pracoviště Brno

Klíčová slova: ječmen, slad, sladování, voda, úspora, jakost, dusík, extrakt

ÚVOD

Jakost technologické vody používané při výrobě sladu jednoznačně určuje ČSN 56 6610 Pivovarské slady, kde je uvedeno použití vody zdravotně nezávadné, schválené pro tento účel příslušným okresním hygienikem. Požadavky na zdravotně nezávadnou vodu jsou uvedeny v ČSN 83 0611 Pitná voda.

Obsah vody v zrně bezprostředně ovlivňuje aktivitu enzymů a tím rychlost a kvalitu přeměn při sladování. Vysoký a rychlý příjem vody při současném zabezpečení rovnováhy kyslíku a vody v zrně a odstraňování inhibičního působení oxidu uhličitého jsou rozhodující podmínky pro optimální syntézu a aktivitu hydrolytických enzymů, které ovlivňují dynamiku klíčení a stupeň luštění zrna a tím produktivitu výroby kvalitních sladů.

V moderní technologii má voda umýt ječmen a dodat vodu na zahájení klíčení [1,2]. Vše ostatní — výměny, přečerpávání, přeplavování — je již pouze plýtvání vodou. Klasické namáčení ječmene charakterizované dlouhými dobami pod vodou a přeplavováním mělo značnou spotřebu vody, např. se uvádí [3] spotřeba 12 až 18 m³ na 1 tunu ječmene. Moderní postupy vzdušného máčení snížily spotřebu vody asi na polovinu. Zpětným vrácením vody a využíváním moderní techniky byla dosažena spotřeba vody 3 až 6 m³ na 1 tunu ječmene. *Sasahara* [4], který vyhodnocoval reálné spotřeby vod ve sladovnách, konstatuje, že většina údajů tak kolísá, že jsou vlastně k nepotřebě. Také *Unterstein* [5] uvádí, že pětiletý průzkum 26 západoněmeckých závodů ukazuje, že jsou, pokud se týče spotřeby vody, difference více než 100 %.

U nás je současná úroveň spotřeby vody ve sladovnách příliš vysoká a nemůže v blízké budoucnosti obstát [6].

Pro snižování spotřeby vody a tím i snižování množství odpadní vody jsou doporučovány a používány v zásadě 3 způsoby [7]:

- a) kropení,
- b) zpětné vrácení a používání vody,
- c) suchá vymáčka.

a) Používání kropení

Kropení, chápáno jako náhrada máčení, se používá dvěma způsoby. Zvyšování obsahu vody dokrápěním přepraného nebo předmáčeného ječmene je technologie běžně a s dobrými výsledky užívaná i v našich modernějších závodech, které jsou vybaveny různými typy máčírů a kropicím zařízeními.

Druhou možnost představuje technologie, kdy je ječmen v náduvnících různého typu na požadovaný stupeň domočen pouze kropen. Řada autorů tento způsob doporučuje a nebyly nalezeny rozdíly mezi slady takto vyrobenými a slady s normální vzdušnou

namáčkou [2, 8, 9, 10, 11, 12]. Naopak některé práce [13, 14, 15] konstatují důležitost máčení pod vodou a doporučují alespoň jednu namáčku ječmene pro jednodušší namočení a pro dokonalé umytí a vyloužení nežádoucích látek ze zrna. I nám se jeví používání technologie bez namáčky ječmene pouze kropením jako nevhodné. Pokusy provedené u nás při zkouškách stacionárního sladovadla Solmalt neprokázaly jednoznačně vhodnost této technologie máčení [16].

b) Zpětné vrácení a používání vody

Unkel doporučuje jako nejlepší možnost k dosažení úspory vody při máčení zpětné používání druhé nebo třetí máčecí vody [11]. Nezbytností je mít oddělené zachycovací nádrže na používanou vodu. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat třídění a čištění používaného ječmene.

Zpětné použití vody je možné provádět dvěma způsoby [11]:

1. přímo — vodu z třetího eventuálně druhého namočení znovu použít k prvnímu namočení nebo k dopravě ječmene,

2. po přečištění — vodu pomocí flotačních činidel vyčistit nebo nechat kaly jen usadit, provést ozonizaci nebo ozáření UV paprsky a vodu znovu vrátit do technologického procesu.

Nezbytné podmínky pro bezporuchový průběh sladování při zpětném používání vody jsou [17]:

1. zpracovávat dokonale vytríděný a vyčištěný ječmen,
2. instalovat zachycovací nádrže na jednotlivé druhy máčecích vod,
3. čištění od hrubých nečistot a kalů provádět při zpětném čerpání přes síta nebo filtry vysokého výkonu,
4. při používání chlorování vody nesmí být zbytkový obsah chlóru vyšší než 0,5 mg Cl₂.l⁻¹ vody.

Filtrace vody při zpětném čerpání přes pískový filtr nebo přes aktivní uhlí je nevhodná, neboť je provozně značně náročná [6, 12]. Používání přečištěné vody k máčení zkoušel *Schreb* [18]. Plně doporučuje již uvedené postupy, ale jen s ozonizovanou vodou. Voda je podle něho dostatečně obohacena kyslíkem a je plně vhodná k máčení.

c) Suchá vymáčka

Při vymáčce s vodou je nutno počítat s vyšší spotřebou vody o 1 až 1,5 m³ na 1 tunu namáčeného ječmene [3]. Další nevýhodou mokrého vymáčení je hydrostatický šok na ječmen, který byl prokázán *Davidsonem et al.* [19]. Tato práce uvádí, že pokles dýchání ječmene po mokrého vymáčení o 26 % a čas potřebný k dosažení stejné úrovně dýchání jako před vymáčením byl 28 hodin, podle jiných autorů až 36 hodin [20].

Nemalá možnost úspor vody je i při chlazení a klimatizaci vzduchu pro větrání. Místo vodního chlazení se doporučuje používat přímých chladičů na chlazení vzduchu [11]. Při vlhčení větracího vzduchu se počítá se spotřebou asi 0,5m³ vody na 1 tunu sladu a hodinu. K větrání se může proto používat nevlhčený vzduch a úbytek vody v zeleném sladu se nahrazuje kropením [21].

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

S ohledem na stav a vybavení našich sladoven a investiční náročnosti možných úprav za účelem snížení spotřeby vody jsme ověřovali vliv přímého vracení máčecích vod na jakost a výtěžnost sladu.

Pro celkové posouzení vlivu máčecích vod (tzn. vlivu čisté vody a vody již při máčení použité) jsme vytvořili během třídenního máčení všechny provozně možné kombinace máčení s vodou čistou, vodou jedenkrát a dvakrát použitou při máčení. Celkově bylo vytvořeno 27 postupů máčení, které se mezi sebou lišily pouze kvalitou použitých vod při jednotlivých namáčkách. Vzorky jednoho provozního ječmene takto různým způsobem namočené byly sladovány v laboratorní sladovně. Sladování probíhalo takto:

1. den: 3 h pod vodou, 21 h vzdušná přestávka
2. den: 6 h pod vodou, 18 h vzdušná přestávka
3. den: 6 h pod vodou, 18 h vzdušná přestávka
4. den: vymáčka, dokropeno na obsah vody 46 %
5. den: klíčení, 1 krát obráceno
6. den: klíčení, 1 krát obráceno
7. den: hvozďení 1 krát 20 hodin, dotahování 4 hodiny při 82 °C.

Máčení proběhlo při 14 °C, vody po vymočení byly uchovány při 14 °C do dalšího použití. Vzorky klíčily pneumatickým způsobem při 14 °C.

Rozbory sladů byly provedeny podle analytiky EBC [22].

VÝSLEDKY A DISKUSE

Analýzy všech 27 vyrobených sladů byly rozděleny podle charakteru máčecích vod a jejich pořadí

Tabulka 2. Průměrné hodnoty průběhu sladování a analýz sladů seřazených podle charakteru první máčecí vody

První máčecí voda	Čistá	1krát použitá	2krát použitá
Obsah vody po 1. nam. (%)	29,7	28,8	29,0
Obsah vody po 3. nam. (%)	45,0	44,1	44,5
Sladovací výtěžek (%)	88,8	89,3	89,1
Ztráty v kořincích (%)	5,8	5,3	4,8
Ztráty prodýcháním (%)	5,4	5,4	6,1
Extrakt v moučce (%)	80,1	80,6	80,2
Extrakt v šrotu DLFU (%)	78,6	78,8	78,7
Rozdíl extraktu moučka-šrot (%)	1,5	1,8	1,5
Extrakt při 45 °C (%)	31,9	29,9	28,7
Relativní extrakt při 45 °C	39,8	37,1	35,8
Rozpustný dusík (mg v 100 ml)	84,5	80,5	79,8
Kolbachovo číslo	42,3	40,2	39,7

na 9 dílčích srovnání a párovým t-testem byl ověřován vliv máčecí vody na extrakt sladu v moučce, extrakt sladu v šrotu DLFU, extrakt při 45 °C, relativní extrakt při 45 °C, rozpustný dusík v laboratorní sladině a Kolbachovo číslo. Statistické vyhodnocení bylo provedeno párovým t-testem [23]. V tabulce 1 jsou shrnuty vypočtené hodnoty testovacího kritéria, přičemž hodnoty vyšší, než je kritická hodnota na hladině významnosti 0,05, jsou označeny * a hodnoty vyšší, než je kritická hodnota na hladině významnosti 0,01, jsou označeny **. Jak z tabulky 1 plyne, jsou hodnoty sledovaných analytických ukazatelů nejvíce ovlivněny při používaném postupu máčení a vracení vod charakterem první máčecí vody, vliv druhé a třetí máčecí vody nebyl až na jeden případ statisticky prokazatelný.

V tabulce 2 jsou průměrné hodnoty průběhu máčení, sladování a analýz sladů seřazených podle charakteru první máčecí vody. U sladů, kde byla použita první máčecí voda čistá, je nejnižší průměrný extrakt 80,1%. U těchto sladů došlo již k částečnému přelůštění a tím úbytku extraktu prodýcháním. Odpovídají tomu i vyšší hodnoty relativní-

Tabulka 1. Statistické vyhodnocení vlivu máčecích vod na některé analytické ukazatele sladu párovým t-testem

Testovaný vliv	Extrakt v moučce	Extrakt ve šrotu DLFU	Extrakt při 45 °C	Relativní extrakt při 45 °C	Rozpustný dusík	Kolbachovo číslo
1. máčecí voda						
čistá — 1× použitá	5,76**	1,55	4,14**	4,64**	3,18*	3,57**
čistá — 2× použitá	1,74	2,29	6,92**	5,75**	5,50**	4,86**
1× použitá — 2× použitá	2,47*	0,52	3,16*	3,15*	1,06	1,20
2. máčecí voda						
čistá — 1× použitá	0,24	0,41	1,05	0,27	0,61	0,74
čistá — 2× použitá	0,21	0,06	1,41	1,55	0,52	0,86
1× použitá — 2× použitá	0,29	0,72	0,83	2,43*	0,62	0,16
3. máčecí voda						
čistá — 1× použitá	0,12	1,22	0,23	0,18	0,49	0,51
čistá — 2× použitá	0,60	0,74	0,33	0,34	1,55	0,19
1× použitá — 2× použitá	0,37	0,86	0,82	0,44	0,77	0,94

Kritické hodnoty: pro hladinu významnosti 0,05 je 2,30 / při překročení označeno *
pro hladinu významnosti 0,01 je 3,35 / při překročení označeno **

ho extraktu při 45 °C, rozpustného dusíku v laboratorní sladině i Kolbachova čísla a nižší výtěžek sladování. Nižší extrakt je zřejmě také způsoben i vyšším výluhem ze zrna. Průměrný extrakt sladů při použití první máčecí vody již dvakrát použité je také nižší. Zde se projevil vliv snížení celkové enzymové síly sladu, což ukazují i nižší hodnoty extraktu při 45 °C a hodnoty rozpustného dusíku ve sladině. Z hodnot extraktu při 45 °C i relativního extraktu při 45 °C plyne, že přímým vrácením vody do první namáčky se postupně snižuje enzymová aktivita sladu. Průměrná hodnota relativního extraktu při 45 °C při použití první máčecí vody dvakrát použité 35,8 již nedosahuje standardní hranice požadované dnes u sladu. Také hodnoty rozpustného dusíku a Kolbachova čísla ukazují na nežádoucí pokles způsobený opakovaným vrácením máčecí vody na první namáčku.

Literatura

- [1] BERG, F.: Brauwelt, **110**, 1970, s. 178.
- [2] DONCHECK, J. A., SFAT, M. R.: Brew. Dig., **54**, 1979, s. 34.
- [3] NARZISS, L.: Technologie der Malzbereitung, Stuttgart, ENKE, 1976.
- [4] SASAHARA, T.: Brauwiss., **35**, 1982, s. 42.
- [5] UNTERSTEIN, K.: Brauwelt, **119**, 1979, s. 972.
- [6] PROKEŠ, J.: Možnosti úspor vody při sladování [Výzkumná zpráva 021], Brno, VÚPS, 1984.
- [7] LAHRZ, T.: Brau. u. Mälz., **20**, 1981, s. 1.
- [8] WILLIAM Mac., I. A., GRIFFITHS, C. M., REYNOLDS, T.: Mschr. f. Brau., **19**, 1966, s. 290.
- [9] KNEISL, A.: Brauwelt, **109**, 1969, s. 1851.
- [10] BEKEN van der, M., DEVOS, A., HUYGENS, D.: J. of the Inst. of Brew., **82**, 1976, s. 184.
- [11] UNKEL, M.: Brauwelt, **117**, 1977, s. 1368.
- [12] WILLIMAR, H.: Brauwiss., **30**, 1977, s. 209.
- [13] HYDE, W. R.: Brew. Guard., **104**, 1975, s. 21.
- [14] OLSEN, A.: J. Inst. Brew., **81**, 1975, s. 418.
- [15] WILLIAMS, L. H. O.: Brauwelt, **116**, 1976, s. 1680.
- [16] PROKEŠ, J.: Vývoj a hodnocení stacionární sladovny [Výzkumná zpráva], Brno, VÚPS, 1982.
- [17] KIENINGER, H., GRAF, H.: Brauwelt, **113**, 1973, s. 643, 649, 652, 706.
- [18] SCHERB, K.: Brau. u. Mälz., **61**, 1976, s. 15.
- [19] DAVIDSON, D. E., JANGAARD, M. O.: Journal ASBC, **36**, 1978, s. 51.
- [20] YOSHIDA, T., YAMAHA, K., FUSINO, S., KOUmegaVA, J.: Kirin Brewer, 1980.
- [21] KRAUS, G.: Tagesztg. f. Brau., **70**, 1973, s. 37.
- [22] Analytica EBC, 2. vydání, Amsterdam, Elsevier publishing Comp., 1963.
- [23] ANDĚL, J.: Matematická statistika, Praha, SNTL/ALFA, 1978.

Prokeš, J. - Ilčík, F.: Možnosti úspor vody při sladování. Kvas. prům. **33**, 1987, č. 8—9, s. 241—244.

Byl sledován vliv čisté, jedenkrát a dvakrát použité vody při máčení ječmene na jakost vyráběných sladů.

Prokázalo se, že statisticky významný vliv na analytické ukazatele sladu má pouze charakter (jakost) první máčecí vody, vliv charakteru (jakosti) druhé máčecí vody a třetí máčecí vody nebyl statisticky prokazatelný.

Přímé vrácení již jedenkrát použité vody na první namočení významně ovlivnilo vybrané analytické ukazatele sladu — extrakt sladu v moučce, extrakt sladu při 45 °C, relativní extrakt sladu při 45 °C, množství rozpustného dusíku v laboratorní sladině a Kolbachovo číslo. Nemělo statisticky prokazatelný vliv na extrakt sladu v šrotu DLFU.

Statisticky byl potvrzen pokles extraktu při 45 °C, relativního extraktu při 45 °C, rozpustného dusíku a Kolbachova čísla při první namáčce do vody již použité. Došlo k zvýšení výtěžnosti sladování, což spolu se statisticky prokazatelným zvýšením extraktu dává při výrobě sladů i lepší ekonomické předpoklady. V některých ročnících nebo i obdobích lze přímým vrácením vody účinně řídit nežádoucí proteolýzu, jejíž důsledky nepříznivě ovlivňují slad, zejména barvu sladinu a barvu sladinu po povaření.

První máčecí voda již dvakrát použitá způsobila, že slady nedosahovaly požadované hranice relativního extraktu při 45 °C 36,0, což jednoznačně neumožňuje praktické využití.

Прокеш, Я. - Илчик, Ф.: Возможности экономии воды при солодоращении. Квас. прум. **33**, 1987, № 8—9, стр. 241—244.

Исследовалось влияние чистой, однажды и дважды примененной воды при замачивании ячменя на качество производящихся солодов. Было доказано, что статистически значительное влияние на аналитические показатели солода оказывает только характер (качество) первой замачивающей воды; влияние характера (качества) второй и третьей замачивающих вод нельзя было убедительно статистически доказать.

Прямое возвращение уже однажды примененной воды для первого замачивания оказало значительное влияние на избранные аналитические показатели солода — экстракт солода в муке, экстракт солода при 45 °C, относительный экстракт солода при 45 °C, количество растворимого азота в лабораторном сусле и число Кольбаха. Оно не оказало статистически убедительное действие на экстракт солода в помеле ДЛФУ. Статистически было подтверждено понижение экстракта при 45 °C, относительного экстракта при 45 °C, растворимого азота и числа Кольбаха при первом замачивании в уже отработанной воде. Произошло повышение выхода солодоращения, что вместе с статистически убедительно доказанным повышением экстракта дает при производстве солода и лучшие экономические предпосылки. В некоторые годы или даже периоды можно прямым возвращением воды эффективно управлять нетребуемым протеолизом, следствия которого неблагоприятно влияют на солод, особенно на цвет сусла и цвет его после варки.

Первая замачивающая вода уже дважды отработанная вызвала недостижение солодами требуемой границы относительного экстракта при 45 °C — 36,0, что однозначно исключает возможность практического использования.

Prokeš, J. - Ilčík, F.: Possible Water Saving During Malting. Kvas. prům. **33**, 1987, No. 8—9, pp. 241—244.

The effect of water quality used for steeping on the malt quality was tested. The first recycle of steeping water affected analytical parameters of malt. The second and third water recycle has no more effect on malt parameters. The affected parameters of malt were as followed: malt extract in the flour, malt extract at 45 °C, relative malt extract at 45 °C, quantity of soluble nitrogen in a laboratory wort and Kolbach number. The malt extract in the grist DLFU was not affected. In addition, the yield of malting increased. This fact together with an increased extract is economically significant. The findings permit to control undesirable proteolysis by a direct water recycle in some years or seasons. The proteolysis affects the malt quality, especially the wort colour and its colour after boiling. The first steeping water after the second recycle caused an insufficient relative extract at 45 °C. Therefore, this water cannot be no more used for steeping.

Prokeš, J. - Ilčík, F.: Möglichkeiten der Wassereinsparungen beim Mälzen. Kvas. prům. **33**, 1987, Nr. 8—9, S. 241—244.

Es wurde der Einfluß des Frischwassers und des einmal und zweimal wiederbenutzten Weichwassers auf die Qualität des erzeugten Malzes verfolgt. Es wurde bewiesen, daß nur der Charakter (die Qualität) des ersten Weichwassers einen statistisch bedeutsamen Einfluß auf die analytischen Merkmale des Malzes aufweist; der Einfluß

des Charakters (der Qualität) des zweiten und des dritten Weichwassers konnte statistisch nicht bewiesen werden.

Die direkte Rückbenützung des einmal benützten Wassers zum ersten Einweichen hatte einen markanten Einfluß auf die analytischen Malzmerkmale — Malzextrakt im Mehl, Malzextrakt bei 45 °C, relativer Malzextrakt bei 45 °C, Menge des löslichen Stickstoffs in der Laborsüßwürze, Kolbachzahl. Kein statistisch beweisbarer Einfluß konnte bei dem Malzextrakt im DLFU-Schrot ermittelt werden. Bei dem Einweichen in bereits benütztes Weichwasser wurde statistisch die Abnahme folgender Kriterien bestätigt: Extrakt bei 45 °C, Relativextrakt bei 45 °C, löslicher Stickstoff, Kolbachzahl. Zu den ökonomischen

Vorteilen der Weichwasser-Rückverwendung gehört neben der statistisch erwiesenen Extrakterhöhung auch die Verbesserung der Mälzungsausbeute. In bestimmten Jahrgängen oder auch Zeitabschnitten kann durch das direkte Rückverwenden des Wassers die ungewünschte Proteolyse kontrolliert werden, die das Malz, insb. die Farbe der Süßwürze und die Farbe der Süßwürze nach dem Kochen ungünstig beeinflusst.

Die bereits zweimalige Benützung des ersten Weichwassers hatte zur Folge, daß die Malze die geforderte Grenze des relativen Extrakts bei 45 °C 36,0 nicht erreichten, was eindeutig gegen die Applikation in der Praxis spricht.