VYBRANÉ TECHNOLOGICKÉ ASPEKTY A SOUVISLOSTI PŘI ZLEPŠOVÁNÍ SENZORICKÉ STABILITY PIVA

SELECTED TECHNOLOGICAL ASPECTS AND RELATIONSHIP WHEN IMPROVING SENSORIC BEER STABILITY

MIROSLAV PAJUREK, Plzeňský Prazdroj, a.s., Pivovar Radegast, 739 51 Nošovice

Klíčová slova: *pivo, senzorická stabilita, kvašení, kyslík, CKT*

Keywords: *beer, sensoric stability, fermentation, oxygen, CKT*

1 ÚVOD

Výroba piva má v českých zemích dlouholetou tradici. S rozvojem technologií a strojního zařízení se postupně rozšiřovaly technologické možnosti výrobců. Ještě na počátku 90. let se v českých zemích většinou vyrábělo a prodávalo pivo s krátkou záruční lhůtou. Piva s delší trvanlivostí byla určena výhradně pro exportní účely což se týkalo jen omezeného počtu výrobců. V současné době se běžně prodává lahvové pivo s trvanlivostí minimálně 6 měsíců. Stávající technologické vybavení většiny pivovarů dovoluje zajistit bez větších problémů požadovanou biologickou a koloidní stabilitu piva.

Je známou skutečností, že při delším skladování piva dochází k oxidačním procesům, jejichž výsledkem je „stará“ chuť piva. O existenci „oxidační“ nebo „pasterační“ příchuti piva bylo možno se již v minulosti přesvědčit při opakovaných degustacích vzorků exportních piv.

Dnes je před námi úkol nastavit technologický proces tak, aby chuť stočeného piva zůstala nezměněna co nejdelší dobu. Řešení fenoménu senzorické stability vyžaduje zaměřit pozornost na všechny technologické stupně výroby piva. Ve varně je nutné mít pod kontrolou všechny oxidační procesy, vhodnými podmínkami rmutování je zapotřebí minimalizovat působení lipoxygenasy. Rychlost reakcí, při kterých vznikají karbonylové sloučeniny, je ovlivněna především teplotou a časem. Z tohoto důvodu je vhodné přiměřeně omezit stupeň tepelného zatížení při rmutování a chmelovaru.

Podstatný vliv na senzorickou stabilitu má rovněž správný průběh hlavního kvašení. Jednou z rozhodujících podmínek je dobrý fyziologický stav násadních kvasnic. Systém zakvašování a vzdušnění mladiny v CKT je v tomto ohledu rovněž jedním z limitujících faktorů. Po ukončení hlavního kvašení je nežádoucí příjem kyslíku ve všech dalších stupních výroby piva . Ne nadarmo je kyslík označován jako „nepřítel piva č.1“.

2 PŘEHLED VYBRANÝCH FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍCH SENZORICKOU STABILITU PIVA

V souvislosti se senzorickou stabilitou byla pozornost mimo jiné soustředěna na sledování následujících oblastí:
– Tepelné zatížení procesu ve varně
– Způsob zakvašování a provzdušňování mladiny
– Sledování obsahu kyslíku v pivu po ukončení hlavního kvašení.

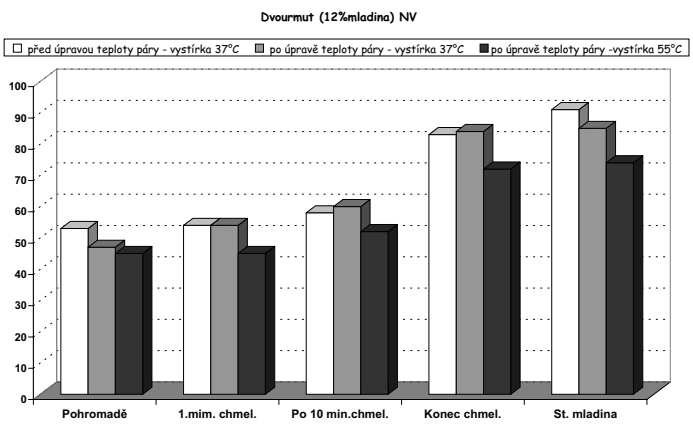
2.1 Tepelné zatížení procesu ve varně

V průběhu rmutování a chmelovaru probíhají Maillardovy reakce, jejichž produkty se podílejí na tvorbě staré chuti piva. Intenzita tvorby těchto sloučenin je závislá na stupni tepelného zatížení procesu. Rozhodujícím způsobem je tento parametr ovlivněn teplotou topného média a dobou ohřevu. Ke sledování tepelného zatížení byla použita metoda stanovení indexu kyseliny thiobarbiturové (TBZ) dle Mebak [1].

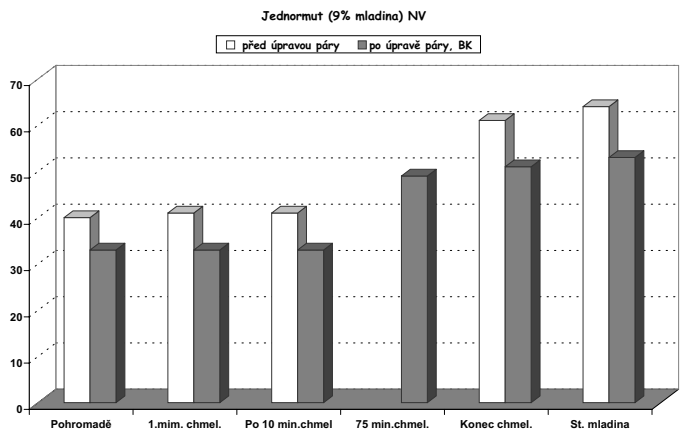
2.2 Způsob zakvašování a provzdušňování mladiny

Při plnění cylindrokónických tanků různých objemů (různý počet várek k naplnění tanku) je nutné optimalizovat systém zakvašování a vzdušnění s ohledem na dosažení požadované senzorické stability. Forster a Back [2] zjistili, že pro vzdušnění v CKT je kritická doba po 2,5 h a po 7,5 hodinách po zakvašení první várky. Při nesprávném načasování vzdušnění tak může dojít ke snížení antioxidační kapacity až o 60 %. Ke vzniku antioxidační kapacity dochází při kvašení a byla prokázána korelace s obsahem oxidu siřičitého.

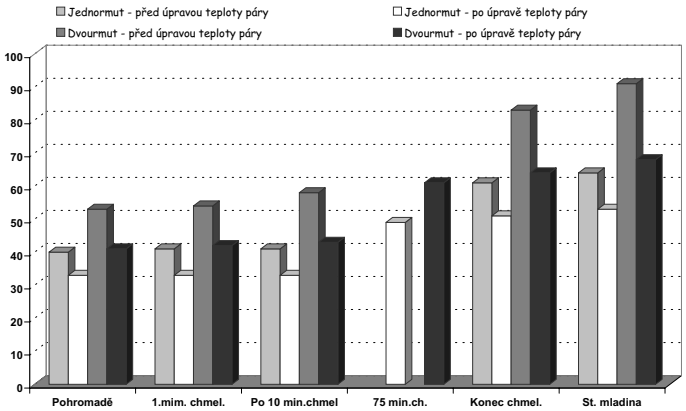
Ke sledování úrovně senzorické stability po ukončení hlavního kvašení byla zvolena metoda elektronové paramagnetické rezonance (EPR) [3]. Podstatou této metody je urychlení tvorby volných hydroxylových radikálů po zahřátí piva na 60 °C a měření hodnot dodané mikrovlnné energie v závislosti na čase. Reaktivní hydroxylový radikál je zachycován na spinovém lapači (N-tert-butyl-α-fenylnitron, zkratka PBN). Spinový lapač se přemění na radikálový adukt .PBN-R, jehož EPR spektrum se proměří. Nárůst spotřeby mikrovlnné energie je indikován v době, kdy dochází k vyčerpání přirozených antioxidantů ve zkoumaném vzorku piva. Dokud jsou v pivu přítomny reduk-



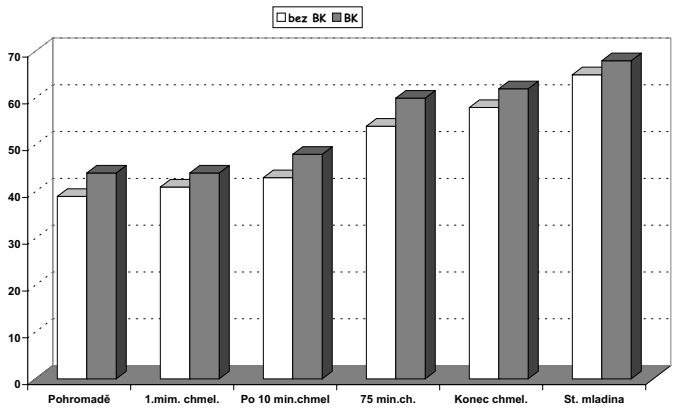
Obr. 1 Průběh indexu thiobarbiturové kyseliny, dvourmutový dekokční postup



Obr. 2 Průběh indexu thiobarbiturové kyseliny, jednormutový postup



Obr. 3 Srovnání tepelného zatížení při chmelovaru u sladin vyrobených jednormutovým a dvourmutovým postupem (12%)



Obr. 4 Porovnání hodnot indexu thiobarbiturové kyseliny u 10% mladin s využitím a bez využití brýdového kondenzátu (dvourmutový postup)

tony, jsou tyto schopny volné hydroxylové radikály terminovat. Z hlediska senzorické stability mají význam hodnoty „lag time" a hodnota T 150. Hodnota „lag time" v minutách je měřítkem antioxidační kapacity piva, parametr T 150 indikuje tvorbu radikálů po 150 minutách a charakterizuje stupeň poškození piva.

2.3 Sledování obsahu kyslíku v pivu po ukončení hlavního kvašení

Po ukončení hlavního kvašení je nežádoucí další příjem kyslíku do piva. Proto je vhodné monitorovat obsah kyslíku ve všech dalších stupních technologického procesu až do fáze piva stočeného v obalu. K měření lze doporučit zabudování in-line oximetrů, ke stejnému účelu je však možné použít přenosných oximetrů vybavených průtočnou měřicí celou.

3 ZÁKLADNÍ ODLIŠNOSTI VÝROBNÍHO ZAŘÍZENÍ

K rozmělnění sladu se používá kladívkový mlýn, ve kterém je slad jemně sešrotován. Filtrace sladiny probíhá na sladinovém filtru MEURA 2001. Mladinové pánve jsou vybaveny interními vařáky, alternativně je možno využít přímý ohřev sladiny brýdovými parami v brýdovém kondenzátoru. Podmínkou pro praktické uplatnění této technologie je dvouhodinový cyklus vystírání. K hlavnímu kvašení slouží původní cylindrókonické tanky – CKT I (plněny 3 várky) a nové cylindrokónické tanky – CKT II (plněno 6 várek). Dokvašování a zrání probíhá v původních horizontálních tancích v ležáckém sklepě.

4 VÝSLEDKY TECHNOLOGICKÝCH ZKOUŠEK

4.1 Měření tepelného zatížení procesu

V počáteční fázi bylo ve varně přikročeno ke snížení teploty páry, a to z původních 160 až 180 °C na 135 až 140 °C. Požadovaná teplota je zajištěna přímým nástřikem kondenzátu do přehřáté páry. Minimální teplota páry je v současné době limitována konstrukčními parametry interního vařáku.

Na *obr. 1* jsou znázorněny průběhy hodnot TBZ při použití dvourmutového dekokčního způsobu výroby 12% mladiny. Dosažené hodnoty jsou vyšší než doporučené v odborné literatuře, tj. TBZ ve vyrážené mladině do 45 a ve studené mladině do 60. Při pohledu na hodnoty TBZ ve stadiu „pohromadě" je nutné připomenout, že ohřev sladiny začíná již po zaplavení teplosměnné plochy vnitřního vařáku, tj. o 60 minut dříve. Vnitřní vařák není vybaven nuceným oběhem pomocí čerpadla, proto může docházet k lokálnímu přehřátí sladiny v průběhu ohřevu do varu. Z *obr. 1* je rovněž patrné, že nejméně příznivých hodnot TBZ ve studené mladině bylo dosaženo před úpravou teploty páry. Nejnižší tepelné zatížení ve stadiu pohromadě vykazuje sladina získaná při použití vyšší teploty vystírky, tj. při 55 °C. Při této teplotě je aktivita lipoxygenasy již omezena. Při zkouškách v roce 1999 bylo zjištěno [4], že aktivita lipoxygenasy je v podmínkách jemného mletí o 50 % vyšší v porovnání se šrotem pro scezovací káď.

Na *obr. 2* je porovnáván průběh TBZ u sladin připravených jednormutovým postupem. Hodnota TBZ v mladině po úpravě teploty páry je znatelně nižší než v předcházejícím případě a již se přibližuje doporučené hodnotě. Na první pohled je viditelná nižší počáteční hodnota TBZ, kterou si sladina přináší po ukončení tepelně šetrnějšího jednormutového postupu. Pozitivní vliv snížení teploty páry je v tomto případě evidentní.

Pro ilustraci je na *obr. 3* vedle sebe porovnáno tepelné zatížení při chmelovaru u sladin vyrobených jednormutovým a dvourmutovým postupem (12%). Hodnoty TBZ u jednormutového postupu před úpravou teploty páry jsou srovnatelné s dvourmutovým postupem po snížení teploty páry.

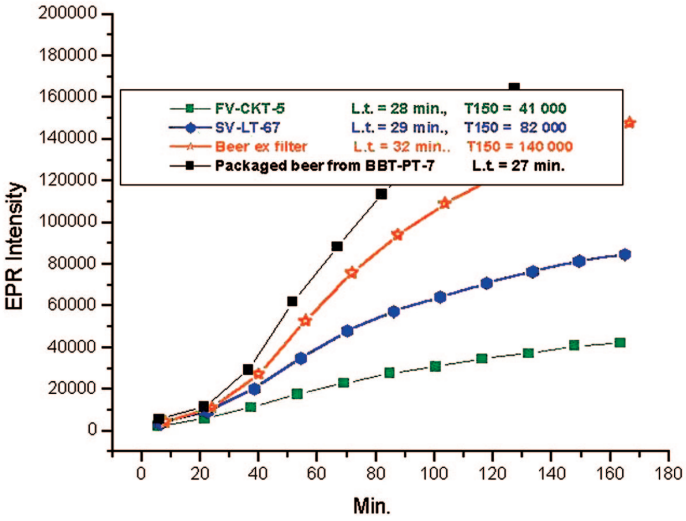
Podmínky pro ohřev sladiny v brýdovém kondenzátoru jsou vzhledem k nižšímu teplotnímu spádu a k zaručenému pohybu v brýdovém výměníku výhodnější než v interním vařáku. Porovnáním hodnot indexu thiobarbiturové kyseliny u 10% sladin (*obr. 4*) můžeme ovšem konstatovat, že vyššímu tepelnému zatížení je vystavena sladina při použití brýdového kondenzátoru. Tato skutečnost je dána celkovou dobou ohřevu v brýdovém kondenzátoru (cca 80 minut) a výstupní teplotou sladiny 96 °C. Je zřejmé, že doba a teplota, při nichž je sladina zahřívána, mají v tomto případě rozhodující roli. Proto je vhodné brýdový kondenzátor použít k ohřevu vody a následně realizovat ohřev sladiny touto horkou vodou. Z průběhu hodnot TBZ rovněž vyplývá, že nejvyšší přírůstek tepelného zatížení je zaznamenán během vlastního chmelovaru, nárůst hodnot TBZ však pokračuje až do fáze zchlazení mladiny. Doba ohřevu k varu, doba chmelovaru, doby odpočinku na vířivé kádi a spílání mladiny patří k parametrům, kterým je nutné z hlediska tepelného zatížení věnovat pozornost.

4.2 Sledování způsobu zakvašování a provzdušňování v CKT

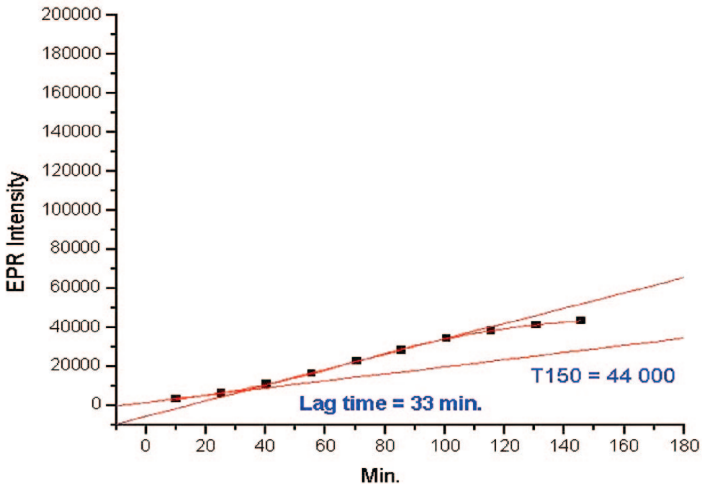
Cílem bylo modifikovat původní systém zakvašování a provzdušňování za účelem dosažení vyšší senzorické stability.

Při zkouškách v CKT I byla původně zakvašena (15 mil. buněk v 1 mililtru) pouze první várka, všechny tři várky byly provzdušněny na 8 mg O_2/l. Průběh měření EPR je zaznamenán na *obr. 5*. Lag time 32 minut vypovídá o horší senzorické stabilitě. Hodnota T 150 a pomalý nárůst mikrovlnné energie jsou však relativně příznivé. Obsah oxidu siřičitého byl i v případě opakovaných zkoušek poměrně nízký, nepřekročil hranici 3 mg/l. U piv s vysokou senzorickou stabilitou jsou dosahovány hodnoty lag time 100 min a vyšší, hodnota T 150 dosahuje 25 000 jednotek mikrovlnné energie.

U srovnávacího pokusu (*obr. 6*) byla stejným způsobem zakvašena a provzdušněna pouze první várka, další dvě várky již nebyly vzdušněny. Dosažená hodnota lag time je srovnatelná s předchozím případem, nárůst mikrovlnné energie do bodu T 150 je opět velmi pozvolný. Obsah oxidu siřičitého nezazna-



Obr. 5 Průběh měření EPR- CKT I, provzdušnění na 8 mg/l O_2



Obr. 6 Průběh měření EPR – srovnávací pokus

menal významný nárůst oproti předchozím zkouškám.

Při zakvašování CKT II (6 várek) je běžně zákvasná dávka kvasnic rovnoměrně rozdělena do první a třetí várky, všechny várky jsou vzdušněny. Stupeň vzdušnění a výše zákvasné dávky jsou obdobné jako u CKT I (*obr. 7*). Lag time je srovnatelný s hodnotami dosaženými v CKT I, nárůst hodnot mikrovlnné energie je opět velmi pozvolný.

Alternativně byla stejná zákvasná dávka kvasnic přidána do první a druhé várky, pouze první a druhá várka byly rovněž provzdušněny (*obr. 8*). V tomto případě byl zaznamenán nárůst lag time na 58 minut, hodnota T 150 nevykazovala podstatné odchylky.

Lze konstatovat, že v případě CKT I modifikace zakvašování a provzdušňování nevedla k očekávanému výsledku. Modifikované zkoušky v CKT I mohou být mimo jiné ovlivněny méně příznivou geometrií tanku (vyšší poměr výšky tanku k průměru ve srovnání s CKT II), případně odlišnou funkcí staršího typu chladicího systému.

4.3 Sledování kyslíku v pivu po ukončení hlavního kvašení

Po ukončení hlavního kvašení je nezbytně nutné minimalizovat jakýkoli další příjem kyslíku do piva. Je vhodné postupně provést měření obsahu kyslíku ve všech dalších fázích výroby piva. V souladu s touto strategií byl monitorován obsah kyslíku na trase mezi CKT a ležáckými tanky, při plnění a po naplnění ležáckého tanku, při narážení ležáckého tanku k filtraci a na výstupu z filtrace piva a ve stáčírně před průtokovým pastérem.

4.3.1 Obsah kyslíku na trase mezi CKT a ležáckými tanky

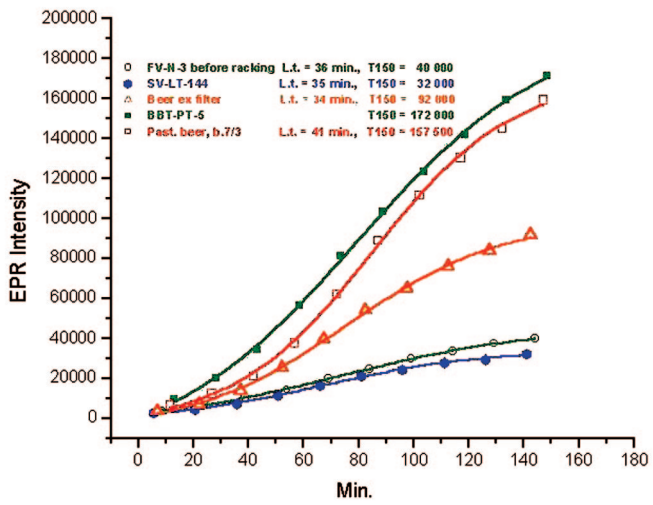
První měření obsahu kyslíku v sudovaném pivu byla provedena před rekonstrukcí původního potrubního systému pod CKT I (*obr. 9*). Na první pohled je patrné, že v úseku cca 60 minut byla v pivu indikována hladina kyslíku nad hranicí 25 µg/l. Zřejmě docházelo k nedokonalému naplnění některých částí potrubí protláčkovou vodou a poté ke styku piva se vzduchem v těchto slepých místech. Po rekonstrukci potrubí (*obr. 10*) se podařilo stávající stav podstatně zlepšit. Počáteční hodnoty kyslíku odpovídají jeho obsahu v protláčkové vodě a částečně v prvních podílech piva.

Při in-line měření lze postřehnout i některé drobné detaily. Při sudování piva potrubím různé světlosti se při stejném průtoku vyskytují rozdíly v obsahu kyslíku na rozhraní voda – pivo. V potrubí o vyšší světlosti dochází k promíchání větších objemů piva a vody (*obr. 11*).

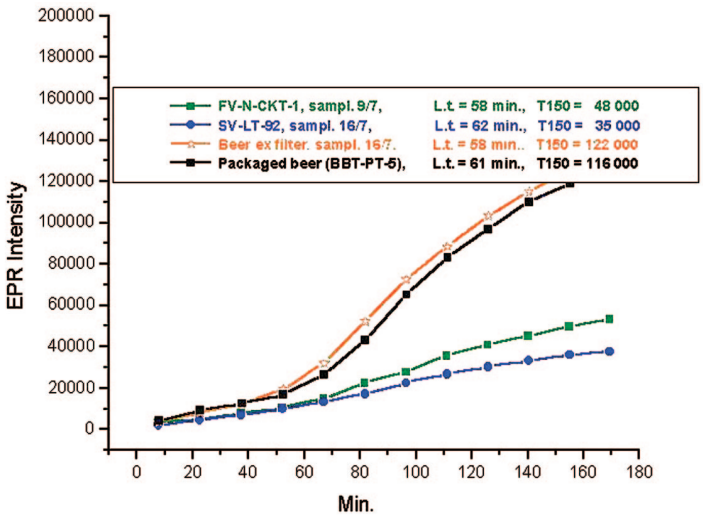
Definitivní řešení problematiky oxidace piva na tomto úseku spočívá v použití odplyněné vody na protláčky.

4.3.2 Obsah kyslíku během plnění a po naplnění ležáckého tanku

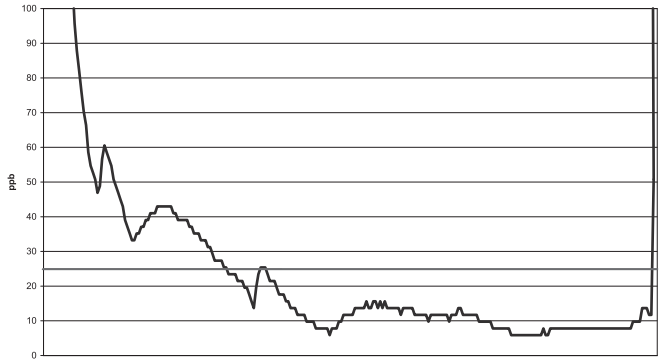
Ležácké tanky nejsou běžně provozovány pod atmosférou oxidu uhličitého. Na základě prvních naměřených hodnot kyslíku během původního standardního postupu plnění byly odzkoušeny některé alternativní postupy plnění. Měření kyslíku přenosným oximetrem bylo provedeno v tancích o užitných objemech 540 hl.



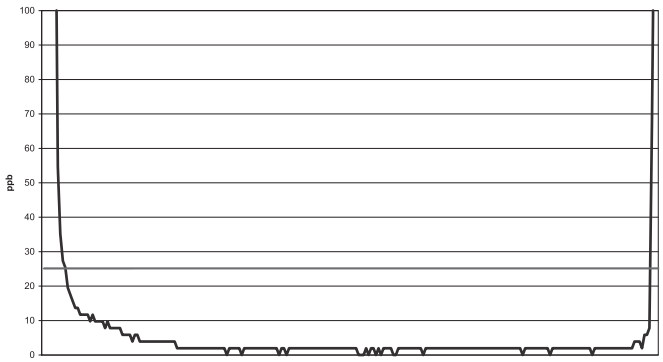
Obr. 7 Průběh měření EPR – CKT II, zákvasná dávka kvasnic rovnoměrně rozdělena do první a třetí várky, všechny várky jsou vzdušněny



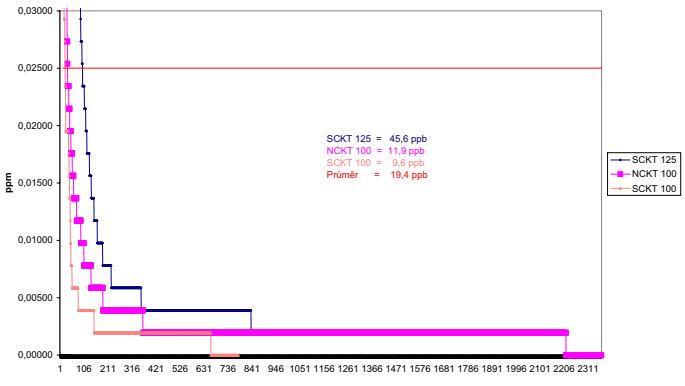
Obr. 8 Průběh měření EPR – CKT II, zákvasná dávka kvasnic přidána do první a druhé várky, první a druhá várka provzdušněna



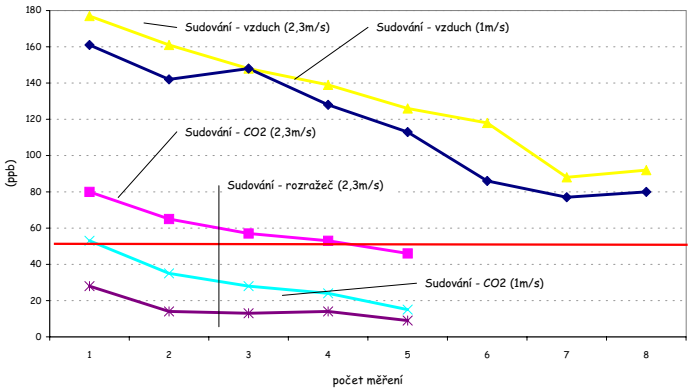
Obr. 9 Sudování před rekonstrukcí CKT I



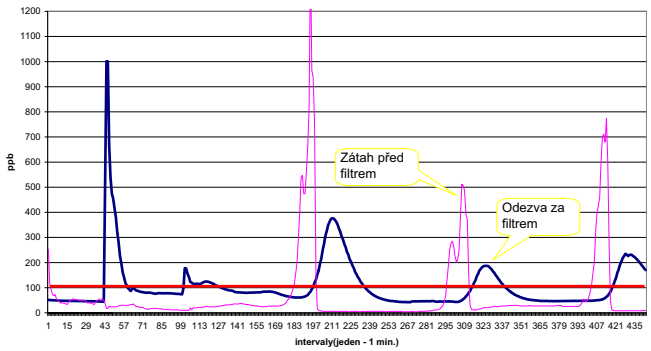
Obr. 10 Sudování po rekonstrukci CKT I



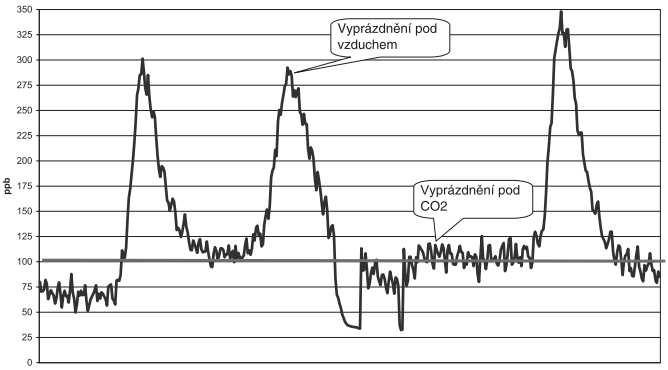
Obr. 11 Obsah kyslíku během přečerpávání



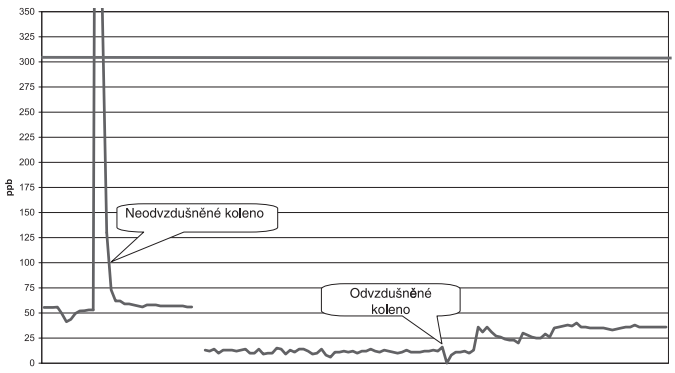
Obr. 12 Souhrn měření obsahu kyslíku při sudování



Obr. 13 Obsah kyslíku za sníženého tlaku v obou ležáckých tancích současně s atmosférou oxidu uhličitého



Obr. 14 Vyprázdnění ležáckých tanků pod atmosférou oxidu uhličitého



Obr. 15 Měření obsahu kyslíku před průtokovým pastérem

První měření kyslíku proběhlo po naplnění 50 % objemu tanku (tj. v úrovni umístění vzorkovacího kohoutku) a pokračovalo až do jeho naplnění. Na *obr. 13* je porovnáno plnění tanku při počátečních rychlostech plnění 1,0 a 2,3 m/s, plnění tanku pod atmosférou oxidu uhličitého (15 kg CO_2) při různých počátečních rychlostech plnění a plnění tanku za použití rozražeče toku. Je zřejmé, že snížení rychlosti u prvních 80 hl piva na 1 m/s v tanku o délce 13 metrů nemá požadovaný efekt. Hodnot pod 80 µg/l bylo spolehlivě dosaženo při použití oxidu uhličitého, ale i v tomto případě lze doporučit snížení počáteční rychlosti plnění tanku. Překvapivě nízké hodnoty obsahu kyslíku byly naměřeny při použití mechanického rozražeče toku při počáteční rychlosti plnění 2,3 m/s. Nevýhodou rozražeče je však jeho problematické uchycení v stávajícím plnicím otvoru tanku.

4.3.3 Obsah kyslíku při narážení ležáckého tanku k filtraci a na výstupu z filtrace piva

Při vyprázdnění ležáckého tanku k filtraci za použití tlakového vzduchu dochází k nejvýznamnějšímu provzdušnění piva. Stupeň provzdušnění je závislý na tlaku vzduchu a době vyprázdnění tanku. Množství provzdušněného piva se zvyšuje s velikostí styčné plochy mezi vzduchem a pivem. Horizontální ležácké

tanky mají v tomto ohledu velmi nevýhodnou konstrukci.

Ve snaze najít kompromisní řešení byly rekonstruovány dva ležácké tanky. Přívodní potrubí tlakového vzduchu, případně oxidu uhličitého bylo na vstupu do tanku upraveno tak, aby bylo možno vytvořit slabou vrstvu CO_2. Byla zvýšena světlost hadic a směšovače z DN 65 na DN 80, aby bylo možno snížit tlak vzduchu v tanku při jeho vyprázdnění z 1,2 bar na 0,7 bar.

Při vlastní zkoušce bylo prvních 50 hl piva tlačeno pod oxidem uhličitým, zbývající podíl piva byl tlačen vzduchem. Z *obr. 13* je patrné, že maximální hodnoty kyslíku při vyprázdnění tanku vystoupily na 600 μg/l, v pivu za filtrem byla hladina kyslíku zvýšena na 185 μg/l. Lze konstatovat, že výše uvedeným opatřením se nepodařilo uspokojivě vyřešit provzdušnění piva při vyprázdnění ležáckého tanku.

Pouze provozování ležáckých tanků pod atmosférou CO_2 vede spolehlivě k snížení nežádoucí oxidace pod hranici 100 μg/l (*obr. 14*). Nezbytnou podmínkou k uplatnění tohoto postupu je však vyřešení automatické sanitace tanků za studena a instalace rozvodů přívodního a odpadního CO_2.

Při analyzování vzorků piva za filtrem metodou EPR je patrné (*obr. 8*), že vlivem provzdušnění dochází k výraznému nárůstu hodnoty T 150, přičemž hodnota lag time se podstatně nemění. Zvýšená hodnota T 150 signalizuje poškození piva v důsledku jeho oxidace při vyprázdnění ležáckého tanku.

4.3.4 Obsah kyslíku ve stáčírně před průtokovým pastérem

Monitorování obsahu kyslíku před pasterem poskytuje informace o provzdušnění piva v přetlačném tanku, případně v přívodním potrubí. Napojení přetlačného tanku na stáčírnu pomocí propojovacího kolena je poměrně jednoduchá, ale důležitá operace. Bez odvzdušnění potrubního kolena může dojít ke znehodnocení většího objemu stáčeného piva (*obr. 15*).

5 ZÁVĚR

Zkoušky postihly pouze některé vybrané oblasti úzce související se senzorickou stabilitou piva. Výsledky zkoušek ve varně poukázaly na oprávněnost některých změn vedoucích k omezení tepelného zatížení při rmutování a chmelovaru. Systém zakvašování a provzdušňování má podstatný vliv na senzorickou stabilitu. Ukazuje se, že neexistuje univerzální recept řešení této problematiky.

Soustavný monitoring provzdušnění piva umožňuje diagnostikovat problémová místa a spolehlivě signalizuje, zda provedené opatření je dostačující.

Je pravděpodobné, že dosažení vysoké senzorické stability bude v našich podmínkách doprovázeno změnami výrobního zařízení i úpravami jednotlivých technologických kroků. Důležitým úkolem pivovarského technologa je sladit všechny tyto změny s původním charakterem piva českého typu.

Literatura

[1] Miedaner, H (editor) in Brautechnische Analysenmethoden, Band II, 4. Auflage, MEBAK, Freising-Weihenstephan, 2002, str. 35-37.
[2] Forster, C., Back, W.: Proc. Eur. Brew. Conv. Congr. 1999, s. 727-734.
[3] Uchida M., Ono M.: J.Am.Soc.Brew. Chem. **54.**1996, s. 205-211.
[4] Gavendová, A. : Technologické možnosti prodloužení senzorické stability piva, Diplomová práce 2000, s. 39.

Podle přednášky na 31. Pivovarsko-sladařském semináři, Plzeň, září 2002
Do redakce došlo 5.2.2003

Pajurek, M.: Vybrané technologické aspekty a souvislosti při zlepšování senzorické stability piva. Kvasny Prum **49**, 2003,č. 5, s. 120–124.

Důležitou úlohou současné pivovarské technologie je vytvořit předpoklady pro dlouhodobé zachování senzorické stability piva. Významnou roli zde hraje celá řada parametrů. Při experimentech prováděných v Plzeňském Prazdroji a.s. byla pozornost zaměřena na tepelné zatížení procesu, způsob zakvašování a provzdušňování v CKT a na obsah kyslíku v pivu po ukončení hlavního kvašení. Výsledky zkoušek na varně poukázaly na oprávněnost některých změn vedoucích k omezení tepelného zatížení při rmutování a chmelovaru. Systém zakvašování a provzdušňování má podstatný vliv na senzorickou stabilitu. Ukazuje se, že neexistuje univerzální recept řešení této problematiky. Obsah kyslíku byl monitorován na čtyřech kritických místech: na trase mezi CKT a ležáckými tanky, během plnění a po naplnění ležáckého tanku, při narážení ležáckého tanku k filtraci a na výstupu z filtrace piva, a konečně ve stáčírně před průtokovým pastérem. Soustavný monitoring provzdušnění piva umožňuje diagnostikovat problémová místa a spolehlivě signalizuje, zda provedené opatření je dostačující.

Pajurek, M.: Select Technological Aspects and Relationship When Improving Sensorical Beer Stability. Kvasny Prum **49**, 2003, No. 5, p. 120–124.

Important role of contemporary brewing technology is to create conditions for long-term conservation of sensorical beer stability. The whole number of parameters plays its significant role here. During the experiments carried out in Pilsen Prazdroj Plc., the attention was focused on a heat load of the process, the way of pitching and aerating in CKT and on oxygen content after finishing the main fermentation. Results of the tests in a brewhouse have refered to the competence of some changes leading to the heat load restriction during the mutation and wort boiling. The system of pitching and aerating has essential influence on sensorical stability. It is turning out that there is no universal recipe how to solve these problems.

The oxygen content was being monitored on four critical places on the route between CKT and storage tanks, during the filling and after the filling up the storage tank, when the storage tank is tapped for filtration and finally in the racking room before flash pasteurization. Systematic monitoring of aerating the beer enable to diagnose the problematic places and it signalizes reliably if the implement measures are sufficient.

Pajurek, M.: Die gewählte technologische Aspekte und Zusammenhange bei der Verbesserung der sensorischen Stabilität des Bieres. Kvasný Prum. **49**, 2003, Nr. 5, S. 120–124.

Die Gestaltung von Voraussetzungen für eine langfristige Bewahrung der sensorischen Stabilität des Bieres stellt eine wichtige Aufgabe für die gegenwertige Brautechnologie dar. Viele Parameter spielen da eine bedeutende Rolle. Während der in der Brauerei Pilsner Urquell durchgeführten Experimenten wurde die Aufmerksamkeit der Problematik von thermischer Belastung des Brauprozesses, Hefedosierungsverfahren, Würzebelüftung und Restsauerstoffinhalt im jungen Bier nach der Gärung in ZKT gewidmet. Die Ergebnisse aus den im Sudhaus durchgeführten Versuchen bei Maischen und Hopfenkochen zeigen eine Berechtigung die thermische Würzebelastung zu reduzieren. Das Hefegabe- und Würzebelüftungssystem wesentlich beeinflusst auch die sensorische Stabilität des Bieres. Es scheint sich so aus, dass kein Universalmittel für eine Lösung der Problematik existiert. Der Sauerstoffgehalt wurde an den folgenden kritischen Stellen gemessen: in der Leitung zwischen ZKT und Lagertanks, beim Schlauchen, vor und nach der Füllung des Lagertanks, vor und nach der Bierfiltration und zuletzt vor der Kurzerhitzungsanlage im Flaschenkeller. Die ständige Monitoring des Sauerstoffgehalts im Bier ermöglicht die problematische Stelle der Bierherstellung zu bestimmen und zuverlässig zeigt es, ob die durchgeführte Massnahme hinreichend sind.

Паюрек, М.: Избранные технологические аспекты и соотношения повышения сензорической стабильности пива. Kvasny Prum. **49**, 2003, Но. 5, стр. 120–124.

Важнейшим заданием современной пивоваренной технологии является создание предпосылок для долгосрочного содержания сензорической стабильности пива. При этом значительную роль играет целый ряд параметров. Эксперименты, выполняемые на пивзаводе Plzeňský Prazdroj, a. o. были направлены на тепловую нагрузку процесса, способ разбраживания и аэрацию в ЦК танках и на содержание кислорода в пиве после завершения главного брожения. Результаты экспериментов, проводимые в варочном цехе, подтвердили необходимость некоторых изменений, ведущих к ограничению тепловой нагрузки при затирании и кипячении. Системы разбраживания и аэрации имеют существенное влияние на сензорическую стабильность. Показалось, что не существует универсальная рецептура решения этой проблемы. Содержание кислорода было исследовано на четырех критических местах: на пути между ЦК танками и лагерными танками, в течение заполнения и после заполнения лагерного танка, при разгрузке лагерного танка для фильтрования и на выпуске фильтрованного пива и в цехе розлива перед проточной пастеризацией. Непрерывное исследование аэрации пива позволяет определить место наступления проблемы и надежную сигнализацию, достаточны ли принятые меры.