

VLIV TUNELOVÉ PASTERACE NA SENZORICKOU STABILITU PIVA II. SLEDOVÁNÍ VLIVU DOBY PASTERACE PŘI TEPLOTĚ 63 °C

Ing. JAN JANOUŠEK Ph.D., Pivovar Velké Popovice a.s.

Prof. Ing. GABRIELA BASAŘOVÁ, DrSc., Ústav kvasné chemie a bioinženýrství, VŠCHT Praha

Klíčová slova: pasterace, senzorická stabilita, pivo

1 ÚVOD

V našem předchozím sdělení jsme se zaměřili na ověření vlivu pasterační teploty na senzorickou stabilitu piva. V této práci jsou uvedeny výsledky sledování různé doby pasterace při teplotě 63 °C, která je běžně užívána v praxi při tunelové pasteraci. Současně jsme rozšířili počet sledovaných fyzikálně-chemických parametrů.

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Popis pasteračních zkoušek

Byly použity tři nepasterované ležáky dodané třemi českými pivovary (piva A, B a C), každý ve dvou sériích. Piva byla ihned po dodání pasterována v laboratorním termostatu při zvolené teplotě po dobu 20, 40 a 120 minut. Doba potřebná k ohřátí piva na příslušnou pasterační teplotu (přibližně 4 až 5 minut) nebyla do pasterační doby zahrnuta. Pasterovaná piva byla uchovávána v lednici a v průběhu nejvýše dvou dnů analyzována.

2.2 Analytické metody

Barva piva, diacetyl, hořkost (podle EBC), redukční kapacita (metoda spektrofotometrická, reakční činidlo 2,6-dichlorfenolindofenol), celkové polyfenoly (podle EBC), anthokyanogeny (podle Harrise a Ricketse) byly stanovovány spektrofotometricky na přístroji UNICAM 5625 (ATI) [1], oxidované a oxidovatelné polyfenoly nefelometricky po reakci s cinchoninsíranem na přístroji MZN-93-102 (MZN) [1], hodnota pH byla měřena pH-metrem 526 (WTW) se skleněnou elektrodou, 3-methylbutanal, 2-furfural a 2E-nonenal tandemem GC-FID po předchozí extrakci dichlor-

methanem [2]. Obsah aminokyselin byl stanovován pomocí automatického analyzátoru aminokyselin T 339 (Mikrotechna Praha) [3], číslo kyseliny thio-barbiturové bylo určováno spektrofotometricky při vlnových délkách 455 a 530 nm na spektrofotometru UNICAM 5625 (ATI) [4], senzorická analýza byla prováděna podle standardních podmínek Ústavu kvasné chemie a bioinženýrství, VŠCHT, Praha [4].

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Vliv doby pasterace při teplotě 63 °C na barvu piva, obsah hořkých látek a diacetylu

Výsledky pozorování změn barvy v průběhu pasterace lahvového piva při teplotě 63 °C prokázaly, že prodloužení doby pasterace se projevilo nárůstem hodnoty barvy, přičemž míra nárůstu byla u jednotlivých vzorků pív různá (obr. 1). Bylo tak potvrzeno naše předchozí zjištění, že pasterační zásah zvyšuje barvu piva [5]. Nejpravděpodobněji bylo zvýšení barvy ovlivněno oxidací polyfenolických složek [6], což naznačil nárůst množství oxidovaných polyfenolů v pasterovaných pivech (obr. 4), či určitou částí Maillardových reakcí [7], spojenou s poklesem obsahu aminokyselin (obr. 6). Zvýšení barvy piva v závislosti na době pasterace však jednoznačně nespojilo s různými koncentracemi O₂ ve vzorcích (tab. 1).

Úbytek obsahu hořkých látek v průběhu pasterace byl u všech vzorků pív srovnatelný (o 1 až 2 jednotky hořkosti, tab. 2), což je sice v hranicích chyby měření, avšak trendy jednoznačně potvrdily pokles obsahu hořkých látek s do-

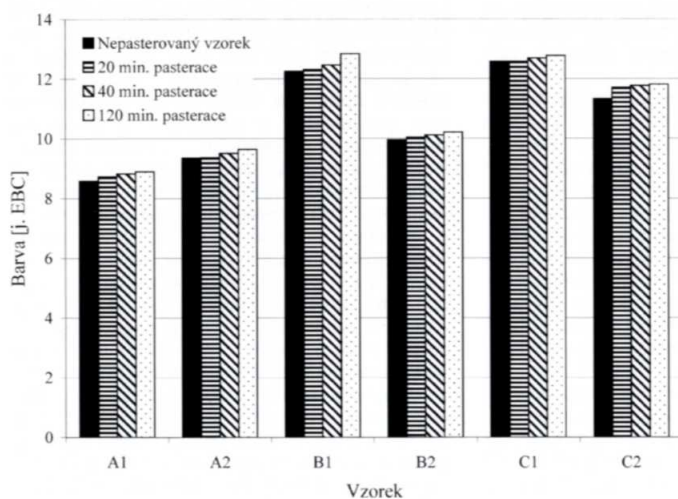
bou pasterace. Kaneda et al. [8] prokázali, že v pivu inkubovaném při 60 °C dochází po několika dnech k významnému poklesu obsahu isohumulonů, který byl podle autorů způsoben degradací těchto látek volnými radikály, pravděpodobně hydroxylovými, nebo kaskádou radikálových reakcí iniciovanou těmito radikály. De Cooman et al. [9] pozorovali v pivu vystaveném po 4 dny teplotě 60 °C 25% pokles obsahu celkových iso- α -hořkých kyselin, přičemž největší podíl na tomto poklesu měly *trans*-iso- α -kyseliny. Doby pasterace, aplikované v naší práci, však byly značně kratší v porovnání s několikadenními intervaly použitými citovanými autory, pozorované změny obsahu hořkých látek proto nebyly tak výrazné. Kaneda et al. [10] dále zjistili, že reakce vedoucí k poklesu obsahu isohumulonů jsou méně intenzivní při vyšším pH piva. Hodnoty pH všech analyzovaných pív se pohybovaly

Tab. 1 Obsah rozpuštěného kyslíku v nepasterovaných pivech

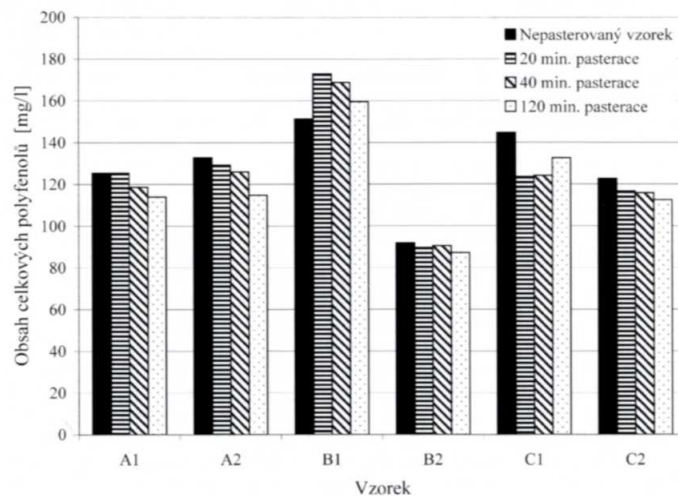
Vzorek	Obsah rozpuštěného kyslíku [mg.l ⁻¹]
A1	0,34
A2	0,25
B1	0,15
B2	0,25
C1	nestanoveno
C2	0,07

Tab. 2 Změny obsahu hořkých látek v pivu během pasterace při teplotě 63 °C

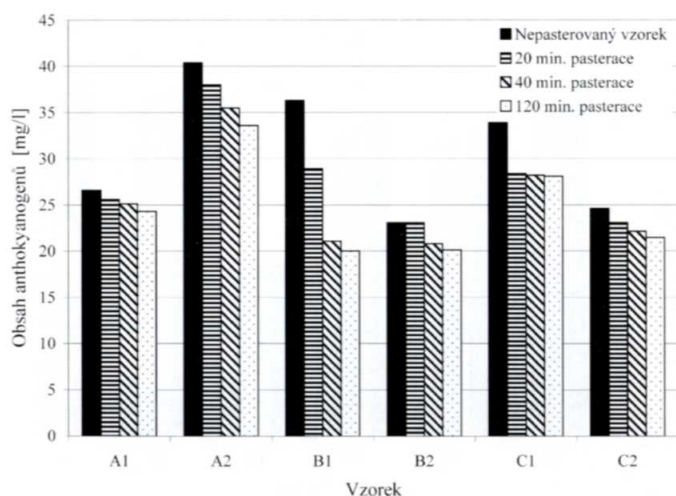
	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Nepasterovaný vzorek	23	28	25	21	36	36
20 min. pasterace	23	27	25	21	34	36
40 min. pasterace	22	27	25	20	34	35
120 min. pasterace	22	26	25	20	34	35



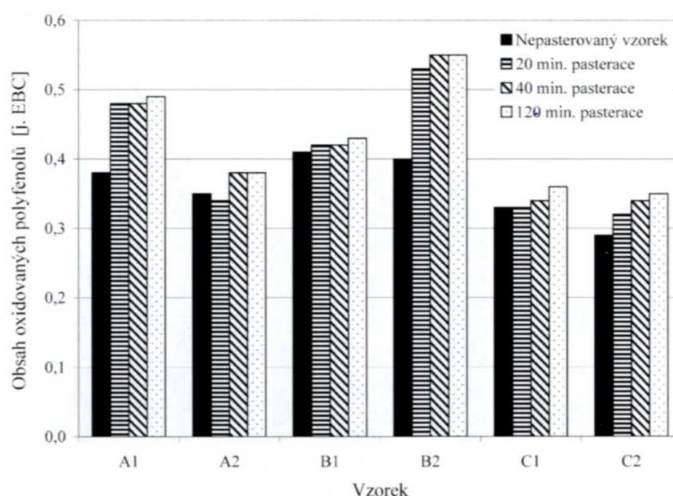
Obr. 1 Změny barvy piva během pasterace při teplotě 63 °C



Obr. 2 Změny obsahu celkových polyfenolů během pasterace při teplotě 63 °C



Obr. 3 Změny obsahu anthokyanogenů v pivu během pasterace při teplotě 63 °C



Obr. 4 Změny množství oxidovaných polyfenolů v pivu během pasterace při teplotě 63 °C

nad 4,5, což je na horní hranici rozsahu běžného pH piva. Z našich výsledků dále vyplývá, že racionálně aplikovaná tunelová pasterace se za normálních podmínek neprojevuje významnějšími změnami obsahu hořkých látek.

Byl zaznamenán výrazný vliv doby pasterace na obsah diacetylů (tab. 3). U všech vzorků piv rostly koncentrace diacetylů v závislosti na době pasterace s různou intenzitou, čímž se potvrdily naše předchozí výsledky [5]. Po 120 minutové pasteraci při teplotě 63 °C vzrostly hladiny diacetylů o 0,01 až 0,04 mg.l⁻¹, přičemž míra nárůstu nezávisela na koncentraci O₂ v nepasterovaném pivu. Toto zjištění naznačuje, že vznik diacetylů v pasterovaném pivu mohl být spojen kromě oxidativní dekarboxylace α-acetolaktátu také s Maillardovými reakcemi, jak navrhuje Hardwick [11]. Prahová hranice senzorického vnímání diacetylů je podle Meilgaarda [12] 0,15 mg.l⁻¹, přičemž po jejím překročení uděluje diacetyl pivu nepříjemnou máselnou chuť a vůni. Výsledné koncentrace diacetylů byly v pivech A a B pod prahovými hranicemi i po 120 minutové pasteraci. Oba vzorky piva C vykázaly vysoké hladiny diacetylů již před pasteurací (0,15 a 0,18 mg.l⁻¹), přesto byl máselný charakter chutě a vůně zaznamenán pouze u vzorku C2 po 40 minutové pasteraci, v ostatních případech byly tyto tóny překryty chutěmi typickými pro toto pivo. Hladina diacetylů v pasterovaném pivu byla závislá na koncentraci diacetylů v nepasterovaném vzorku. Tato hodnota by proto měla být u piv, která budou podrobena pasteraci, co nejnižší.

3.2 Vliv doby pasterace při teplotě 63 °C na změny polyfenolových sloučenin piva

Ve čtyřech sledovaných vzorcích piv (A1, A2, B2 a C2) klesal obsah celkových polyfenolů úměrně s rostoucí pasterační zátěží, zatímco zbylé dva vzorky (B1 a C1) vykázaly odlišné trendy změn (obr. 2). Hladiny anthokyanogenů projevily ve všech vzorcích tendenci k různě intenzivnímu poklesu s delší dobou pasterace (obr. 3). Pro uvedené změny celkových polyfenolů a anthokyanogenů v pasterovaných vzorcích je nejpravděpodobnějším vysvětlením tvorba polymerovaných sloučenin, které dávají odlišné výsledky z hlediska absorpce při stanovení [13]. Změny polyfenolových sloučenin zřejmě souvisely s rychlým poklesem obsahu kyslíku během pasterace, který byl popsán Van Gheluwem et al. [14]. Uchida a Ono [15] zjistili v pivu vystaveném po dvě hodiny teplotě 60 °C 510 μg.l⁻¹ H₂O₂, který se dále rozkládal na hydroxylové radikály. Lze předpokládat, že tyto reaktivní formy kyslíku způsobily oxidaci a kondenzaci jednodušších polyfenolů za tvorby složitějších komplexů. Oxidované polyfenoly měly u vzorků pasterovaných piv tendenci ke kolísavému nárůstu s dobou pasterace (obr. 4), zatímco oxidovatelné polyfenoly jednoznačné změny neprojevily.

Huige et al. [16] konstatovali, že při pasteraci vždy v jisté míře dochází k oxidaci produktu, což naše výsledky, především pozorovaný nárůst oxidovaných polyfenolů během pasterace, potvrdily. Z výsledků této práce lze dále usoudit,

že míra změn oxidovaných a oxidovatelných polyfenolů souvisela s rozdílnou náchylností jednotlivých vzorků piva k hloubce oxidačních změn a u oxidovaných polyfenolů také s různými hladinami O₂ v jednotlivých vzorcích.

3.3 Vliv doby pasterace při teplotě 63 °C na redukční vlastnosti piva a na číslo kyseliny thiobarbiturové

Vzorky piva B měly již před pasteurací vysokou hodnotu redukční kapacity (tab. 4) a vykázaly během tepelného ošetření jen malé změny v rámci chyby stanovení, což bylo pravděpodobně důsledkem velmi nízkých koncentrací O₂ v těchto pivech ve srovnání se vzorky piva A, které měly vyšší hladiny O₂ (tab. 1), a které vykázaly významný pokles redukční kapacity během pasterace. Oba vzorky piv z pivovaru C (C1 a C2) projevily shodnou míru poklesu redukční kapacity s delší dobou pasterace. Popsané skutečnosti naznačují souvislost s podmínkami výrobního procesu a zdůrazňují nutnost omezit oxidační reakce již při výrobě piva. U vzorku s vyšší barvou, a tudíž i možnými intenzivnějšími oxidačními reakcemi v průběhu technologického procesu (B1), se výše popsaná skutečnost na hodnotě redukční kapacity neprojevila; intenzivnější barva tohoto piva byla dána spíše odlišným sypáním surovin než oxidací během výroby.

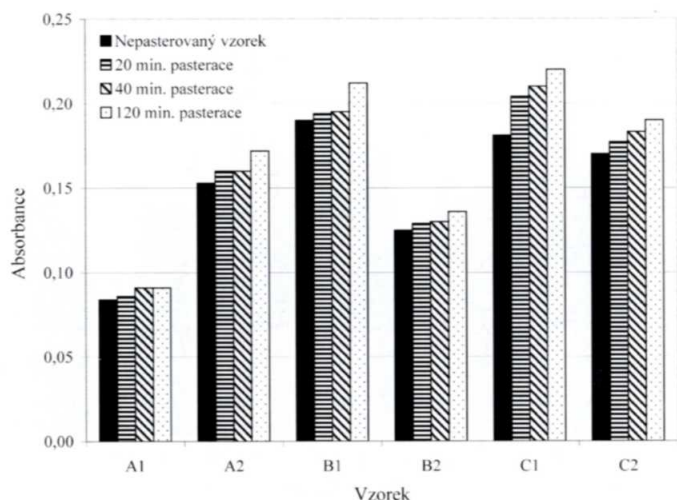
Hodnota čísla kyseliny thiobarbiturové při obou sledovaných vlnových délkách (455 a 530 nm) ve vzorcích rostla s dobou pasterace (hodnoty pro vlnovou délku 530 nm jsou uvedeny na obr. 5). Významně nižší hodnoty čísla kyseliny

Tab. 3 Změny obsahu diacetylů v pivu během pasterace při teplotě 63 °C

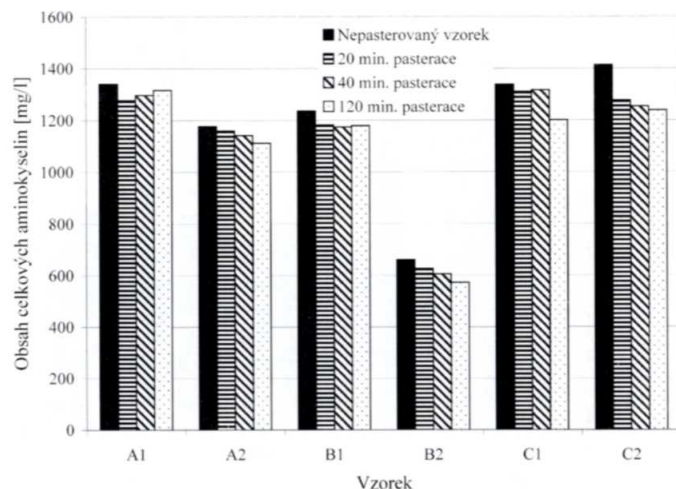
	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Nepasterovaný vzorek	0,020	0,018	0,024	0,028	0,182	0,151
20 min. pasterace	0,024	0,021	0,029	0,028	0,188	0,158
40 min. pasterace	0,024	0,021	0,032	0,033	0,190	0,168
120 min. pasterace	0,025	0,038	0,036	0,062	0,188	0,189

Tab. 4 Změny redukční kapacity piva během pasterace při teplotě 63 °C

	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Nepasterovaný vzorek	82,1	78,8	97,4	99,0	81,0	88,3
20 min. pasterace	79,0	77,6	97,3	98,8	79,2	87,6
40 min. pasterace	76,8	76,8	97,1	98,7	78,9	86,1
120 min. pasterace	76,2	75,8	97,1	98,7	78,7	85,7



Obr. 5 Změny hodnot čísla kyseliny thiobarbiturové (530 nm) během pasterace piva při teplotě 63 °C



Obr. 6 Změny celkového obsahu volných aminokyselin v pivu během pasterace při teplotě 63 °C

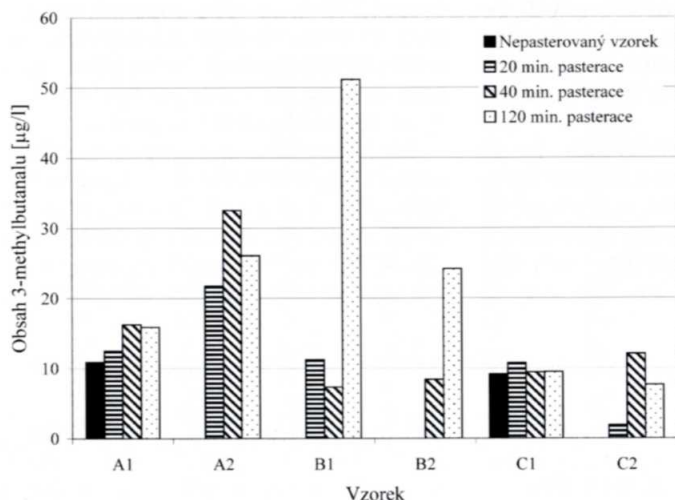
thiobarbiturové byly zjištěny u vzorku s nižší hladinou celkových polyfenolů, anthokyanogenů a aminokyselin (srovnání vzorků B1 a B2). Podle Grigsbyho a Palamanda [17] reagovala kyselina thiobarbiturová s různými aldehydickými skupinami látek piva odlišným způsobem. Podle autorů byl nejreaktivnější 5-hydroxymethylfurfural a malondialdehyd, méně významný byl 2-furfural. Nenasycené aldehydy se dvěma dvojnými vazbami, glutaraldehyd a glyoxal byly méně reaktivní, aromatické aldehydy, nenasycené aldehydy s jednou dvojnou vazbou a cukry s kyselinou thiobarbiturovou téměř nereagovaly. Získané výsledky potvrdily nárůst obsahu aldehydů reagujících s kyselinou thiobarbiturovou za tvorby příslušných pigmentů s prodloužením doby pasterace. Gutteridge [18] pozoroval, že při degradaci aminokyselin, zvláště glutamové kyseliny, prolinu, argininu a methioninu radikálovým mechanismem vznikají látky poskytující po reakci s kyselinou thiobarbiturovou absorpční maximum při 532 nm. Zjištěný nárůst absorbance v naší práci při 530 nm byl u všech

vzorků doprovázen poklesem obsahu celkových aminokyselin, z výše jmenovaných aminokyselin především methioninu. Zvýšení absorbance při 530 nm v průběhu pasterace mohlo tedy souviset s degradací aminokyselin v pasterovaném pivu.

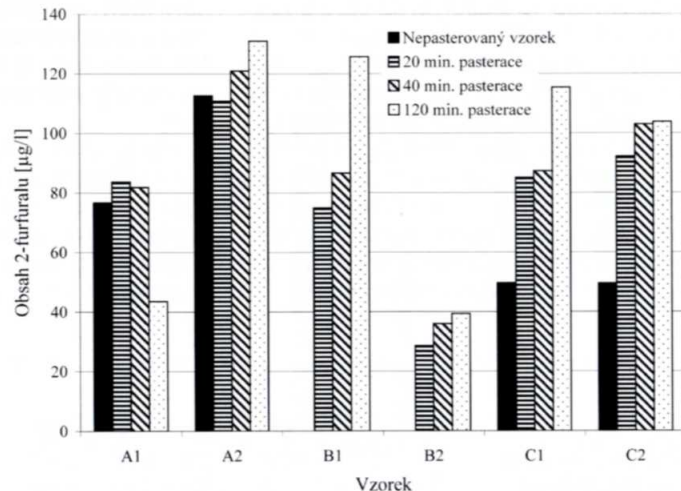
3.4 Vliv doby pasterace při teplotě 63 °C na obsah aminokyselin v pivu

Vzorek A2 vykázal v průběhu pasterace mírný pokles obsahu celkových aminokyselin, přičemž v pivu pasterovaném 120 minut byl zaznamenán pokles větší než 5 % (obr. 6), což je chyba stanovení použité metody. Hladiny celkových aminokyselin vzorku B1 poklesly především po 20minutové pasteraci, delší doba pasterace se již významnějšími změnami neprojevila. U vzorku B2, který měl v porovnání s pivem B1 výrazně nižší obsah aminokyselin, byl zaznamenán jejich významný pokles s prodloužením se dobou pasterace, avšak vzorek B2 vykázal nižší pokles obliby během pasterace (porovnání vzorků B1 a B2, obr. 10), což potvrzuje, že v sen-

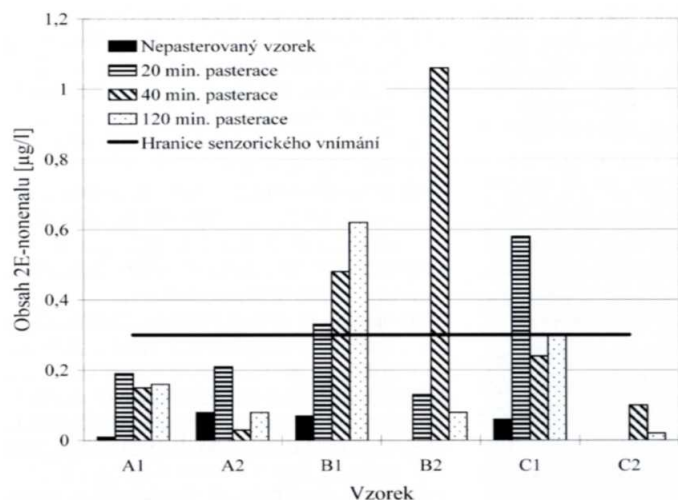
zorických změnách hraje významnou roli především původní hladina aminokyselin v relaci s mírou poklesu [4]. Pasterace po dobu 20 a 40 minut se u vzorku C1 neprojevila významnějšími změnami hladin celkových aminokyselin, po 120 minutové pasteraci byl zjištěn 10% pokles jejich obsahu. Pasterace po dobu 20 minut se u piva C2 projevila významným poklesem koncentrace celkových aminokyselin, který pokračoval mírnějším trendem s delší dobou pasterace. Vzorek piva A1 vykázal v porovnání s ostatními vzorky netypické změny obsahu celkových aminokyselin v závislosti na době pasterace. U tohoto vzorku byl zaznamenán pokles celkových aminokyselin po 20minutové pasteraci, s delší dobou tepelného zákroku se však hladina těchto látek opět zvyšovala. O příčinách netypického průběhu změn koncentrace celkových aminokyselin u vzorku A1 lze pouze vyslovit domněnku. Reichenederová a Narziss [19] prokázali přítomnost kvasničných proteas v hotovém pivu. Wackerbauer a Zufall [20] zjistili, že tyto proteasy jsou inaktivovány pasterací piva. Naše pokusy



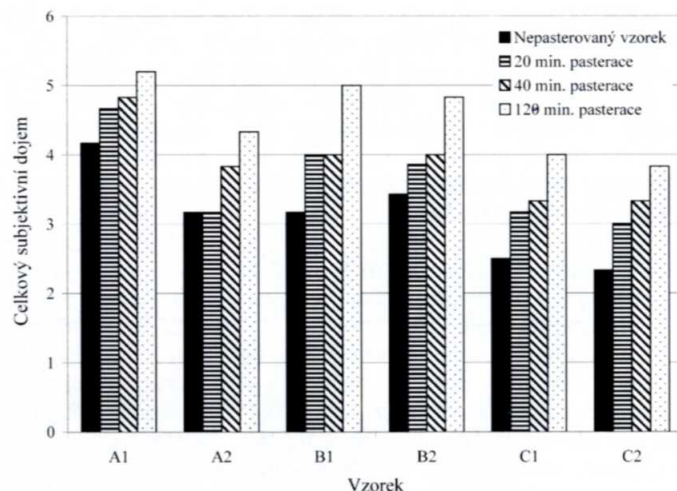
Obr. 7 Změny obsahu 3-methylbutanal v pivu během pasterace piva při teplotě 63 °C



Obr. 8 Změny obsahu 2-furfuralu v pivu během pasterace piva při teplotě 63 °C



Obr. 9 Změny obsahu 2E-nonenalu v pívu během pasterace piva při teplotě 63 °C



Obr. 10 Senzorické posouzení piva během pasterace při teplotě 63 °C

potvrdily, že provozně pasterované pivo nevykazuje proteasovou aktivitu [4]. Lze proto usoudit, že proteasy uvolněné z kvasničných buněk během kvašení a dokvašování nebyly za pozorovaný nárůst celkových aminokyselin ve vzorku A1 po 40 a 120minutové pasteraci odpovědné. Pravděpodobnější se jeví hypotéza, že při výrobě tohoto vzorku piva byly použity enzymatické preparáty, aplikované „za studena“, které obsahovaly doprovodnou proteasovou aktivitu. Její přítomnost se pak v okamžiku, kdy rychlost tvorby aminokyselin převážila nad rychlostí jejich degradace, tj. při delší době pasterace, projevila nárůstem obsahu celkových aminokyselin.

Ze zhodnocení změn jednotlivých aminokyselin v závislosti na době pasterace se prokázala rozdílná náchylnost aminokyselin ke změnám při různě dlouhém tepelném zásahu. Z našich výsledků vyplynulo, že threonin, serin, asparagová kyselina, methionin, tyrosin, fenylalanin a lysin projevily po pasteračním zásahu tendence spíše k poklesu, přičemž nejhlubší změny byly pozorovány u methioninu. Toto zjištění je v souladu s mimořádnou citlivostí methioninu k oxidačním reakcím [4]. Obsahy threoninu a cysteinu se pohybovaly na hranici citlivosti metody, proto relativně velký pokles těchto aminokyselin nelze brát jako průkazný. Změny koncentrací prolinu byly v rámci analytické chyby, se sklonem spíše k poklesu. Rovněž snížení obsahu glutamové kyseliny, glycinu a alaninu bylo v porovnání s výše jmenovanými aminokyselinami méně výrazné. Valin, leucin, isoleucin, arginin a histidin projevily během pasterace nejednoznačné chování, u tří prvně jmenovaných s tendencí spíše k poklesu. Bylo rovněž patrné, že změny byly u jednotlivých vzorků různě intenzivní, u vzorku A1 byly ovlivněny diskutovanou proteolytickou aktivitou. Rozdílná náchylnost aminokyselin ke změnám byla pozorována též v průběhu skladování

stočeného piva [3, 4, 21, 22]. O mechanismu odbourávání aminokyselin v průběhu pasterace piva lze pouze vyslovit možný předpoklad. Jelikož u všech sledovaných vzorků piv vzrostla po pasteraci barva (obr. 1), lze předpokládat určitý podíl Maillardových reakcí v tomto procesu. Nelze vyloučit ani další mechanismy, jako např. Streckerovo odbourávání [23], či spíše radikálové degradace aminokyselin [24].

3.5 Vliv doby pasterace při teplotě 63 °C na obsah aldehydů v pívu

Obsah 3-methylbutanalů vykazoval během pasterace piva kolísavý nárůst (obr. 7), čímž byly potvrzeny naše předchozí výsledky [5]. Narziss [25] pozoroval výrazný nárůst koncentrace 3-methylbutanalů v průběhu sedmidenního skladování piva při teplotě 40 °C především v pívu s extrémně vysokým obsahem O_2 – 5,4 mg.l⁻¹, což naznačuje roli kyslíku v při tvorbě 3-methylbutanalů. Všechny vzorky piv, které byly použity v rámci naší práce, měly obsah O_2 výrazně nižší, pod 1 mg.l⁻¹. U vzorků piva A byly zjištěny vyšší koncentrace 3-methylbutanalů než u ostatních piv, což odpovídalo vyšším hladinám O_2 . Pivo B1, ve kterém byl nárůst 3-methylbutanalů po 120minutové pasteraci větší než u vzorku B2, mělo také vyšší obsah celkových aminokyselin, zvláště leucinu, který je jedním z možných prekurzorů 3-methylbutanalů [23]. Zjištěné skutečnosti napovídají, že podíl degradace aminokyselin, ať již Streckerovým odbouráváním [23] či radikálovým mechanismem [24], mohl hrát významnou roli v tvorbě 3-methylbutanalů, změny této aminokyseliny v pasterovaných pivech však byly řádově vyšší v porovnání se zvýšením obsahu 3-methylbutanalů. Toto zjištění podporuje výsledky Blockmanse et al. [26], kteří pozorovali výrazný nárůst koncentrace 3-methylbutanalů v pívu s přídavkem leucinu, a je naopak ve zdánlivém rozporu s pozorováním Thuma et al. [27],

kterí zjistili, že teprve po významném přídavku valinu a fenylalaninu dochází k nárůstu obsahu příslušných aldehydů, tj. 2-methylpropanalů a fenylacetaldehydu. Podmínky, kterým bylo pivo při jejich pokusech vystaveno, byly však odlišné (40 °C, 4 dny). Při aplikované pasterační teplotě 63 °C lze však očekávat větší význam Maillardových reakcí a s nimi spojeného Streckerova odbourávání aminokyselin.

Doba pasterace se projevila různě intenzivním nárůstem obsahu furfuralu v pívu (obr. 8). Bernstein a Laufer [28] nepozorovali významnější vliv pasteračního zásahu v intenzitě do 30 PU na koncentraci 2-furfuralu. Oproti tomu Brenner [29] a Brenner a Khan [30] zjistili nárůst obsahu 2-furfuralu v průběhu pasterace. Výsledky naší práce tento nárůst potvrdily s tím, že v jednotlivých pivech byl nárůst různě intenzivní. Nejmeně výrazný nárůst koncentrace 2-furfuralu byl zaznamenán u vzorků piva A, které však měly počáteční hladiny 2-furfuralu vyšší v porovnání s ostatními vzorky. Úbytek aminokyselin v pasterovaných pivech, zvýšení barvy piva a nárůst hladin 2-furfuralu naznačují výskyt Maillardových reakcí v průběhu pasterace piva. Pro pokles obsahu 2-furfuralu po 120minutové pasteraci v pívu A1 zatím nebylo nalezeno uspokojivé vysvětlení.

Změny obsahu 2E-nonenalu v pívu během pasterace byly nejednoznačné (obr. 9). Nejednoznačná závislost hladin 2E-nonenalu na pasterační teplotě a době při průtokové pasteraci byla popsána Wackerbauerem a Zufallem [31]. Ze získaných výsledků nebylo možné určit, která z cest dominovala pozorovaným změnám 2E-nonenalu. Bylo patrné, že v daném rozmezí neměla rozdílná hladina O_2 v jednotlivých vzorcích piv vliv na koncentraci 2E-nonenalu, čímž se potvrdila pozorování Narzisse et al. [32] a teorie o vzniku 2E-nonenalu v pívu neoxidativním odbouráváním [33]. Možné je též uvolnění 2E-nonenalu

z komplexů s SO_2 [34]. Greenhoff a Wheeler [35] zjistili výrazný nárůst obsahu 2E-nonenalu v pivu skladovaném 2 dny při teplotě 60 °C. Aplikovaná teplota pasterace v naší práci byla s touto teplotou srovnatelná, doba, po kterou bylo pivo dané teplotě vystaveno, však byla nepoměrně kratší.

3.6 Vliv doby pasterace při teplotě 63 °C na organoleptické vlastnosti piva

Z výsledků naší práce je patrné, že u všech vzorků pív poklesla obliba s nárůstem doby pasterace (obr. 10). Ve většině vzorků byl tento pokles doprovázen zvýšením intenzity cizí chutě a vůně, převážně oxidačního charakteru. Je rovněž patrné, že paralelně s poklesem obliby pív pasterovaných delší dobu poklesl i obsah celkových aminokyselin v jednotlivých vzorcích (obr. 6). Navíc vzorek B2, který obsahoval nižší hladiny aminokyselin než vzorek B1, vykázal také menší pokles obliby v průběhu pasterace. Zatímco u vzorku B1 poklesla obliba po 120 minutách pasterace o 1,83 bodu devítibodové stupnice, u vzorku B2 to bylo jen o 1,4 bodu. Tyto změny naznačují možnou souvislost mezi zhoršením organoleptických vlastností piva a degradací aminokyselin [3]. Je známo, že aminokyseliny mohou být prekurzory karbonylových sloučenin [23, 26], které jsou odpovědné za starou chuť piva. Pasterace se u všech vzorků pív projevila změnami charakteru jejich chutě a vůně. U obou vzorků piva C byl pozorován posun charakteru hořkosti směrem k drsnějším tónům. Pozorované změny hořkých látek v průběhu pasterace se pouze u vzorku A2 projevíly poklesem intenzity hořkosti, která však nebyla úměrná době pasterace.

Back et al. [36] zjistili různou náchylnost pív k senzorickým změnám při průtokové pasteraci. Wackerbauer a Zufall [31] zaznamenali pokles obliby u pív podrobených průtokové pasteraci při teplotě 60 °C, který byl úměrný době pasterace. Při vyšších pasteračních teplotách však byly tyto tendence zaznamenány výše jmenovanými autory méně zjevné. Výsledky naší práce lze shrnout konstatováním, že již 20minutová pasterace při 63 °C se projevíla

senzorickými změnami, které vedly k poklesu obliby takto ošetřeného piva. Čím byl pasterační zásah při dané teplotě intenzivnější, tím výraznější byly i senzorické změny doprovázené větším poklesem obliby pasterovaného piva.

4 ZÁVĚR

Výsledky potvrdily vliv doby pasterace při teplotě 63 °C na řadu fyzikálně-chemických parametrů piva. V průběhu pasterace byl potvrzen výskyt Maillardových a oxidačních reakcí. Obsah celkových aminokyselin se při pasteraci vesměs snížil. U jednotlivých aminokyselin byla zaznamenána odlišná náchylnost k poklesu, největší změny byly zjištěny u methioninu. Senzorické vlastnosti piva se při pasteračním zásahu zhoršily a byla naznačena souvislost s obsahem aminokyselin v relaci s mírou jejich poklesu. Delší doba pasterace se projevíla nárůstem obsahu 3-methylbutanal a 2-furfuralu, zatímco 2E-nonenal projevil nejednoznačné trendy změn. Míra změn souvisela s fyzikálně-chemickým stavem piva před pasterací, který je ovlivněn složením a kvalitou použitých surovin a pochopitelně i technologickým postupem. Zjištěné skutečnosti zdůrazňují nutnost věnovat tunelové pasteraci patřičnou pozornost.

LITERATURA

- [1] BASAŘOVÁ, G., a kol.: Pivovarsko-slaďařská analytika 1,2,3 Merkanta, Praha, 1992 (díl 1), 1993 (díl 2 a 3)
- [2] JANOUŠEK J., BASAŘOVÁ, G.: Sledování obsahu vybraných aldehydů v pivu, 1. International Beer and Malt Conference, Bratislava, 22.–24. 4. 1998
- [3] BASAŘOVÁ, G., et al.: Monatschr. Brauwiss. **53**, 1999, s. 112
- [4] JANOUŠEK, J.: Studium faktorů senzorické stability piva. Disertační práce, VŠCHT, Praha, 2000
- [5] JANOUŠEK, J., BASAŘOVÁ, G.: Kvasny Prum. **47**, 2001, s. 202
- [6] ŠAVAL, J., ZDVIHALOVÁ, D., PROKOPOVÁ, M.: Kvasny Prum. **42**, 1996, s. 97
- [7] HASHIMOTO, N., KOIKE, K.: Rep. Res. Lab. Kirin Brew. Co. Ltd. **14**, 1971, s. 1
- [8] KANEDA, H., et al.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **47**, 1989, s. 49
- [9] DE COOMAN, L., AERTS, G., OVERMEIRE, H.: J. Inst. Brew. **106**, 2000, s. 169
- [10] KANEDA, H., TAKASHIO, M., TAMAKI,

- T. J. Inst. Brew. **103**, 1997, s. 21
- [11] HARDWICK, B. C.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **52**, 1994, s. 106
- [12] MEILGAARD, M.: Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. **12**, 1975, s. 151
- [13] DADIC, M.: Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. **21**, 1984, s. 9
- [14] VAN GHELUWE, G. E. A., JAMIESON, A. M., VALYI, Z.: Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. **7**, 1970, s. 158
- [15] UCHIDA, M., ONO, M.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **57**, 1999, s. 145
- [16] HUIGE, N., SANCHEZ, G., SURFUS, J.: Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. **26**, 1989, s. 24
- [17] GRIGSBY, J. H., PALAMAND, S. R.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **34**, 1976, s. 49
- [18] GUTTERIDGE, J. M. C.: FEBS Lett. **128**, 1981, s. 343
- [19] REICHENEDER, E., NARZISS, L.: Brauwelt Int. **5**, 1987, s. 146
- [20] WACKERBAUER, K., ZUFALL, C.: Brauwelt Int. **15**, 1997, s. 90
- [21] STENROOS, L., E.: Proc. Am. Soc. Brew. Chem 1973, s. 50
- [22] HILL, P., LUSTIG, S., SAWATZKI, V.: Monatschr. Brauwiss. **52**, 1998, s. 36
- [23] TRESSL, R.: Monatschr. Brauwiss. **32**, 1979, s. 240
- [24] ŠAVAL, J., ZDVIHALOVÁ, D.: Proc. Eur. Brew. Conv. 27th, Cannes, 1999, s. 267
- [25] NARZISS, L.: J. Inst. Brew. **92**, 1986, s. 346
- [26] BLOCKMANS, C., DEVREUX, A., MASSCHELEIN, C. A.: Proc. Eur. Brew. Conv. 15th, Nice, 1975, s. 699
- [27] THUM, B., et al.: Proc. Eur. Brew. Conv. 25th, Brussels, 1995, s. 491
- [28] BERNSTEIN, L., LAUFER, L.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **35**, 1977, s. 21
- [29] BRENNER, M. W.: Proc. 14th Conv. Inst. Brew. (Aust. N.Z. Sect.), 1976, s. 89
- [30] BRENNER, M. W., KHAN, A. A.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **34**, 1976, s. 14
- [31] WACKERBAUER, K., ZUFALL, C.: Proc. Eur. Brew. Conv. 26th, Maastricht, 1997, s. 639
- [32] NARZISS, L., et al.: Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am. **30**, 1993, s. 48
- [33] LERMUSIEAU, G., et al.: J. Am. Soc. Brew. Chem. **57**, 1999, s. 29
- [34] NORDLÖV, H., WINELL, B.: Proc. Eur. Brew. Conv. 19th, London, 1983, s. 271
- [35] GREENHOFF, K., WHEELER, R. E.: Proc. Eur. Brew. Conv. 18th, Copenhagen, 1981, s. 405
- [36] BACK, W., LEIBHARD, M., BOHAK, I.: Brauwelt Int. **10**, 1992, s. 42

Lektoroval Ing. P. Čejka, CSc.
Do redakce došlo 27. 3. 2001

Janoušek, J. – Basařová, G.: Vliv tunelové pasterace na senzorickou stabilitu piva. II. Sledování vlivu doby pasterace při teplotě 63 °C. Kvasny Prum. **47**, 2001, č. 10, s. 280–285.

Toto sdělení navazuje na předchozí článek (Kvasny Prum. **47**, 2001, s. 202) a podává výsledky sledování vlivu doby tunelové pasterace provozně vyrobených světlých ležáků při teplotě 63 °C na široké spektrum fyzikálně-chemických parametrů piva. Prodloužení

doby pasterace se projevílo nárůstem barvy, obsahu diacetylů a oxidovaných polyfenolů, celkové polyfenoly, anthokyanogeny a hořké látky naopak klesaly. Vzorky pív pasterovaných delší dobu měly nižší redukční kapacitu a vykazovaly intenzivnější reakci s kyselinou thiobarbiturovou. Delší doba pasterace se dále odrazila v nárůstu koncentrace 3-methylbutanal a 2-furfuralu, zatímco 2E-nonenal projevil nejednoznačné trendy změn. Obsah celkových aminokyselin se s delším paste-

račním zásahem vesměs snižoval, u jednotlivých aminokyselin byla zaznamenána různá náchylnost ke změnám. Tato zjištění potvrzují výskyt Maillardových a oxidačních reakcí při tunelové pasteraci. Senzorická analýza prokázala pokles obliby pív s prodlužující se pasterační dobou. Výsledky potvrzují nutnost věnovat tunelové pasteraci patřičnou pozornost nejen z mikrobiologického pohledu, ale i z hlediska senzorické stability a organoleptických vlastností pív.

Janoušek, J.–Basařová, G.: Effect of Tunnel Pasteurization upon Sensory Stability of Beer. II. Monitoring of Effect Given by Time of Pasteurization Carried out at the Temperature of 63 °C. Kvasny Prum. 47, 2001, No. 10, p. 280–285.

This information follows up with the previous article (Kvasny Prum. 47, 2001, p. 202) and presents results of the influence upon a wide spectrum of the physicochemical parameters of beer, given by the effect of the time of tunnel pasteurization realized on full-scale produced pale lager beers at the temperature of 63 °C. The prolongation of the pasteurization period became evident by increase of colour and content of diacetyl and oxidized polyphenols while, contrary to that, total polyphenols, anthocyanogens and bitter substances declined. The samples of beers pasteurized for a longer period had lower reduction capacity and manifested more intense reaction with thiobarbituric acid. The prolonged period of pasteurization reflected as well in the increase of concentration of 3-methylbutanal and 2-furfural, while 2E-nonenal showed ambiguous trends of changes. The content of the total amino acids declined universally with the prolonged pasteurization action whereby, as regards individual amino acids, diverse susceptibility for changes was registered. These findings confirm the occurrence of the Maillard and oxidation reactions in the tunnel pasteurization. The sensory analysis proved fall of liking for beers with prolonging pasteurization period. The results underline that due attention must be given to the tunnel pasteurization not only from the microbiologic point of view but even because of the sensory stability and the organoleptic properties of beers.

Janoušek, J. – Basařová, G.: Einfluss der Tunnelpasteurisierung auf die sensorische Stabilität des Bieres. II. Studium des Einflusses der Pasteurisationszeit bei der Temperatur 63 °C. Kvasny Prum. 47, 2001, Nr. 10, s. 280–285.

Diese Mitteilung knüpft an den früheren Artikel (Kvasny Prum. 47, 2001, S. 202) an und enthält die Ergebnisse der Verfolgung des Einflusses der Dauer der Tunnelpasteurisierung betrieblich produzierter heller Lagerbiere, die bei 63 °C pasteurisiert wurden, auf ein breites Spektrum physikalisch-chemischer Parameter des Bieres. Die Verlängerung der Pasteurisationszeit führte zum Wachstum der Farbe und des Gehalts an Diacetyl und oxidierten Polyphenolen, wogegen bei den gesamten Polyphenolen, Anthocyanogenen und Bitterstoffen eine Abnahme festgestellt wurde. Die Proben der Biere mit einer längeren Pasteurisierungsdauer zeigten eine niedrigere Reduktionskapazität und wiesen eine intensivere Reaktion auf die Thiobarbitursäure auf. Die verlängerte Pasteurisationszeit führte weiter zu einem Anstieg der Konzentration von 3-Methylbutanal und 2-Furfural; bei 2E-Nonenal wurden jedoch keine eindeutige Änderungs-Trends festgestellt. Der Gesamtgehalt der Aminosäuren wies bei der Verlängerung der Pasteurisierung meist eine Abnahme auf; bei den einzelnen Aminosäuren wurde eine unterschiedliche Empfindlichkeit zu den Änderungen beobachtet. Die erwähnten Ergebnisse bestätigen das Vorkommen der Maillardschen Oxydationsreaktionen bei der

VULCASCOT



**Jsme rádi, že můžeme společně s našimi partnery
sponzorovat 19. Pivovarsko-sladařské dny
konané 25.–26. října 2001 v Brně**



**Vulcascot s. r. o., Kounicova 13, 602 00 Brno
Tel.: 05/4121 2303, fax: 05/4124 4613, e-mail: vulca@sky.cz**

Tunnelpasteurisierung. Aus den sensorischen Analysen ergibt sich eine Verminderung der Beliebtheit der Biere mit verlängerter Pasterisationszeit. Die Ergebnisse führen zu der Schlussfolgerung, dass der Tunnelpasteurisierung nicht nur aus dem mikrobiologischen Standpunkt, sondern auch wegen der sensorischen Stabilität und den organoleptischen Eigenschaften des Bieres entsprechend Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte.

Яноушек, Й. – Басаржова, Г.: Влияние туннельной пастеризации на сенсорическую стабильность пива. Часть 2: Исследование влияния продолжительности пастеризации при температуре 63 °C. Kvasny Prum. 47, 2001, № 10, стр. 280–285.

Продолжение статьи опубликованной в номере 7–8/2001 на стр. 202. В этой статье приведены результаты туннельной пастеризации производственным образом изготовленного лагерного светлого пива при температуре 63 °C на широкий спектр физико-химических параметров пива. При удлинении времени продолжения пастеризации нарастали цвет, содержание диацетила

и окисленных полифенолов, однако общие полифенолы, антоцианогены и горькие вещества понижались. У образцов пив, подвергаемых пастеризации более продолжительное время, была более низкая восстановительная емкость и более интенсивная реакция с тиобарбитуровой кислотой. Более продолжительное время пастеризации проявилось в повышенной концентрации 3-метилбутанола и 2-фурфурала, однако 2E-ноненал оказывал неоднозначные тренды изменения. Содержание общих аминокислот при более продолжительной пастеризации вообще понижалось, у отдельных аминокислот проявлялась разная склонность к изменениям, что подтверждает присутствие реакций окисления и Майларда при туннельной пастеризации. Сенсорический анализ доказывает пониженное увлечение пивом с более продолжительным временем пастеризации. Результаты подчеркивают необходимость уделять туннельной пастеризации большое внимание не только с точки зрения микробиологической, но и сенсорической стабильности и organoleptических свойств пива.