

OBSAH *TRANS*- A *CIS*-ISO- α -HOŘKÝCH KYSELIN JAKO INDIKÁTOR SENZORICKÉ STABILITY PIVA

CONTENT OF *TRANS*- AND *CIS*-ISO- α -BITTER ACIDS AS INDICATOR OF SENSORIAL BEER STABILITY

LENKA STRAKOVÁ^{1,2}, PAVEL HOFTA¹, PAVEL DOSTÁLEK¹, PAVEL PRŮCHA²

¹Ústav kvasné chemie a bioinženýrství, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6

²Plzeňský Prazdroj a.s., U Prazdroje 7, 304 97 Plzeň

Straková, L. – Hofta, P. – Dostálek, P. – Průcha, P.: Obsah *trans*- a *cis*-iso- α -hořkých kyselin jako indikátor senzorické stability piva. Kvasny Prum. 53, č. 3, s. 70–73.

Byl zkoumán obsah *cis*- a *trans*- izomerů iso- α -hořkých kyselin během skladování pív při 8 °C, 20 °C a 30 °C. Ke stanovení byla použita optimalizovaná metodika stanovení iso- α -hořkých kyselin podle Harmse a Nitzscheho. Pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) s UV detekcí v diodovém poli (PDA) bylo stanoveno všech 6 izomerů iso- α -hořkých kyselin. U všech vzorků pív byly prokázány úbytky *trans*- izomerů vlivem stárnutí piva, zatímco obsahy *cis*- izomerů zůstávaly téměř beze změn. V čerstvém pivu a po skladování byly u pív změněny hodnoty lag time a T150.

Straková, L. – Hofta, P. – Dostálek, P. – Průcha, P.: Content of *trans*- and *cis*-iso- α -bitter acids as indicator of sensorial beer stability. Kvasny Prum. 53, No. 3, p. 70–73.

Content of *cis*- a *trans*- isomers of iso- α -bitter acids has been studied during beer storage at 8 °C, 20 °C and 30 °C. Stereoisomers of iso- α -bitter acids have been determined in beers by optimised method based on Harms and Nitzsche method. High-performance liquid chromatography (HPLC) method utilizing photodiode array detection (PDA) detection is able to resolve six stereoisomers of iso- α -bitter acids. Content of *trans*- isomers decrease during beer storage, while content of *cis*- isomers remains almost constant. Lag time and T150 values have been measured in fresh beer and beer after storage.

Straková, L. – Hofta, P. – Dostálek, P. – Průcha, P.: Der Gehalt von *trans*- und *cis*-iso- α -Bittersäuren als ein Indikator der sensorischen Bierstabilität. Kvasny Prum. 53, Nr. 3, S. 70–73.

Es wurde ein Gehalt von *Trans*- und *Cis*-iso- α -Bittersäuren während der Bierlagerung unter Raumtemperatur 8 °C, 20 °C und 30 °C verfolgt. Zur Bestimmung dieses Gehalts wurde eine optimalisierte Methodik der iso- α -Bittersäurenfeststellung laut Harms und Nitzsche angewandt. Mittels einer hochwirkenden Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit einer UV Detektion im Diodenfeld (PDA) wurden alle 6 Isomere der Iso- α -Bittersäuren festgestellt. Bei allen Bierproben sind durch den Bieralterungseinfluss eine Minderung von *Trans*-Isomeren nachgewiesen worden, aber der Gehalt von *Cis*-Isomeren ist fast ohne eine Änderung geblieben. Die Werte von Lag time und von T150 sind im frischen Bier und in dem nach der Lagerung gemessen worden.

Стракова, Л. – Гофта, П. – Досталек, П.: Содержание транс- и цис-изо- α -кислот в качестве индикатора сенсорической стойкости пива. Kvasny Prum. 53, 2006, No. 3, стр. 70–73.

В ходе хранения пив при температуре 8 °C, 20 °C и 30 °C было исследовано содержание цис- и транс-изомеров изо- α -кислот. Использовался оптимизированный метод определения изо- α -кислот по Harms и Nitzsche. С помощью HPLC с УФ детектированием в диодном поле (PDA) было определено всех 6 изомеров изо- α -кислот. Во всех пробах пив были доказаны падения содержания транс-изомеров влиянием старения пива, пока цис-изомеры оставались почти без изменений. В свежих пивах и в пивах после хранения были измерены параметры Lag time и T 150.

Klíčová slova: pivo, skladování, senzorická stabilita, hořké kyseliny, HPLC

Keywords: beer, storage, sensorial stability, bitter acids, HPLC

1 ÚVOD

Pivo je nápoj po staletí oblíbený pro své organoleptické vlastnosti, schopnost tišit žízeň a celkovou téměř dokonalou iontovou a nutriční vyvraňanost. Nejdůležitějším posuzovatelem vlastností a kvality piva jsou spotřebitelé, jejichž požadavkům by se měla výroba přizpůsobit. Z tohoto hlediska je největší dů-

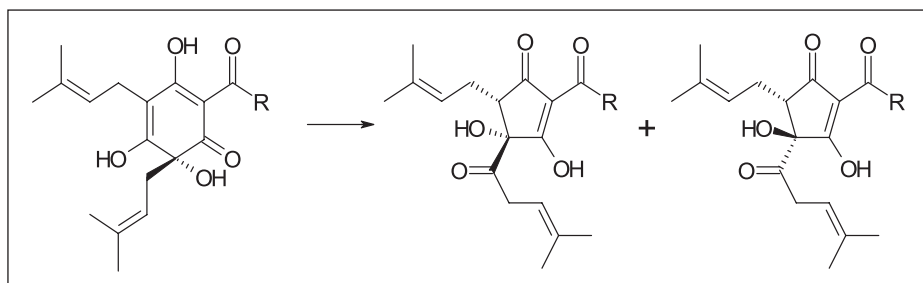
raz kladen na senzorické vlastnosti a jejich stabilitu, která spotřebiteli zaručí stálou kvalitu piva po celou dobu garance. Typickou organoleptickou vlastností piva je jeho hořká chuť, která je způsobena hořkými látkami pocházejícími z chmelu. Pokles obsahu těchto látek v hotovém pivu je jedním z projevů stárnutí, a může mít nepříznivý vliv na chuť piva. Je tedy žádoucí skladovat pivo za pod-

mínek, při kterých jsou tyto ztráty minimální. V pivu se hořké látky vyskytují převážně jako iso- α -hořké kyseliny, které vznikají během chmelovaru izomerizací α -hořkých kyselin (obr. 1). Jedná se o pivoarsky cenné látky, jejichž obsah v chmelu určuje jeho kvalitu, a je tedy důležité zabránit jejich úbytku během zpracování a skladování chmelu či chmelových výrobků. Nestálé α -hořké kyseliny velmi snadno podléhají chemickým přeměnám (oxidace, izomerizace aj.), které je možno v průběhu skladování omezit zabráněním styku se vzduchem a udržováním nízké teploty.

2 METODIKA

2.1 Skladování piva

Skladovací pokusy stárnutí piva byly prováděny se vzorky lahvového piva. Jedná se o pasterovaný spodně kvašený světlý ležák stočený do 0,5 l zelených lahví. Použité



Obr. 1 Izomerace α -hořkých kyselin na *cis*- a *trans*-iso- α -hořké kyseliny [1]

pivo je typické nižším prokvašením s nižším obsahem alkoholu a vyšším zbytkovým extraktem v porovnání s ostatními pivy. Vyrábí se v maloobjemových měděných varnách třířadovým postupem. Kvašení a dokvašování probíhá ve velkoobjemových CKT nádobách. Toto pivo patří k výrobkům vysoké standardní kvality s vyšší hořkostí a plností v senzoric-kém posouzení. Vzorky byly uloženy po dobu pěti měsíců při teplotách 8 °C, 20 °C a 30 °C bez přístupu světla.

2.2 Analytické metody

Kromě dále uváděných stanovení byla u sledovaného piva na začátku a na konci skladování určena původní koncentrace mladiny, skutečný extrakt, skutečné prokvašení, zdánlivý extrakt, zdánlivé prokvašení, alkohol, pH a barva. Dále byl každý měsíc stanoven obsah polyfenolů, anilinové číslo, obsah diacetylu, pentadionu, celkový obsah oxidu siřičitého a minimálně pěti hodnotiteli byl určen senzorický profil. Všechna tato stanovení byla provedena podle zavedených postupů popsanych v laboratorních metodách používaných při kontrole výroby piva [2]. Hořkost piva byla měřena po extrakci isooktanem [2]. Obsah a poměr *cis*- a *trans*-izomerů byl u iso- α -kyselin stanoven kapalinovou chromatografií (HPLC) [3]. Skladované pivo bylo proměřováno ESR spektrometrií a byly stanoveny hodnoty lag-time a T-150 [4].

2.2.1 Stanovení jednotlivých iso- α -hořkých kyselin HPLC

Princip: Šest hlavních analogů iso- α -hořkých kyselin se rozdělí použitím vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) a spektrofotometricky se změní při vlnové délce 275 nm. Koncentrace jednotlivých látek se stanoví podle velikosti ploch jejich elučních pásů porovnáním se standardem.

2.3 Chemikálie a roztoky

Acetonitril a methanol – Fluka, Švýcarsko
Citratový tlumivý roztok (9,5 ml 0,1 M kys. citronové + 41,5 ml 0,1 M citranu sodného doplnit do 100 ml vodou pro HPLC a upravit pH pomocí 50% NaOH na hodnotu pH = 7 a zfiltr-ovat přes membránový filtr s velikostí pórů 0,4 μ m).
Destilovaná voda upravená na zařízení Milli-Q
Kalibrační standard: ICS- 11 (DCHA-Iso).

2.4 Přístroje a zařízení

Kolonky pro SPE: AccuBOND C18 500 mg/3ml – Agilent Technologies
Waters Alliance HPLC systém: separační modul 2695 a detektor diodového pole 2996, software Empower.

2.4.1 Podmínky stanovení

Kolona: RP Nova-Pak C18 Waters
Rozměr kolony: 250 x 4,6 mm, 4 μ m
Temperance kolony: 40 °C
Detektor: PDA-UV Waters 2996 při 275 nm
Eluenty: A – acetonitril-methanol-citratový pufr, 17:25:57 v/v/v
B – acetonitril-citratový pufr, 55:45 v/v

Nástřik na kolonu: 20 μ l vzorku
Gradient:

Čas (min)	Mobilní fáze	
	A (%)	B (%)
0	100	0
5	98	2
14	95	4
32	90	10
50	65	35
60	10	90
62	10	90
63	100	0
66	100	0

2.4.2 Postup stanovení

Z piva se před analýzou odstraní bez ztráty pěny oxid uhlíčitý (20 minut na laboratorní třepačce). Z odplyněného piva se hořké látky oddělí extrakcí na pevné fázi. SPE kolonka se kondicionuje 5 ml methanolu následovanými 5 ml směsí methanol-voda-kyselina fosforečná 85% (60:40:0,1 v/v/v). Dále se přes kolonku zfiltruje 10 ml odplyněného vzorku piva a 2 ml vody na promytí. Poté se přes kolonku nechá deset sekund proudit vzduch na vysušení a nakonec se hořké látky vymyjí 2 ml směsí acetonitril-methanol-voda-kyselina fosforečná 85% (50:40:10:0,1 v/v/v). Po promíchání se eluent nastříkne na kolonu [3, 5, 6, 7, 8].

2.5 Senzorické hodnocení skladovaného piva

Stanovení senzorického profilu sledovaných vzorků piva bylo prováděno šestičlenou degustační komisí, která posuzovala intenzitu vůní a chutí a celkový subjektivní dojem (celková obliba). Pro hodnocení základních vlastností (hořkost, sladkost a plnost) byla použita devítibodová stupnice: 1- chybí, 2-právě postižitelná, 3-slabá, 4-pozorovatelná, 5-výrazná, 6-silná, 7-velmi silná, 8-mimořádně silná, 9-nadměrná. K hodnocení ostatních vlastností (esterová, svíravá, karamelová atd.) byla použita pětibodová stupnice: 1-nepatrná, 2-patrná, 3-postřehnutelná, 4-silná, 5-mimořádně silná. Celkový subjektivní dojem se hodnotil takto: 1-mimořádně špatné pivo, 9 až 10-ve všech ohledech skvělé pivo.

3 VÝSLEDKY

Vzorky piva jedné šarže byly skladovány při teplotách 8 °C, 20 °C a 30 °C. Jednotlivá analytická kritéria, především hořkost, obsah iso- α -hořkých kyselin a poměr jejich *cis*- a *trans*-izomerů, byla sledována od počátku v měsíčních intervalech. Stanovení původní koncentrace mladiny, alkoholu, skutečného extraktu, skutečného prokvašení, zdánlivého extraktu, zdánlivého prokvašení, barvy a pH bylo provedeno pouze na počátku a na konci skladovacího pokusu (tab. 1).

Podle očekávání se základní parametry během stárnutí piva neměnily. V závislosti na teplotě skladování byly zaznamenány změny barvy, jejíž hodnota se mírně zvyšuje u piva uloženého při 20 °C a výrazněji se zvyšuje u vzorku uloženého při 30 °C (tab. 1). Důvodem k nárůstu barvy mohla být přeměna kyslíku na peroxid vodíku s následnou oxidací látek extraktu na barevné sloučeniny v závislosti na fyzikálních vlastnostech piva. Zvýšení barvy mohlo být také způsobeno změnou melanoidinů, reakcí aminokyselin s cukry [9] a oxidací polyfenolů [10].

V závislosti na teplotě skladování došlo k malému snížení obsahu celkových polyfenolů v pivu. Polyfenoly v průběhu skladování polymerují vlivem oxidačních změn na sloučeniny zvyšující barvu, ale teplotou změněné polyfenoly ztrácejí antioxidační účinky v pivu a mohou kondenzovat s aminokyselinami na aldehydy dávající pivu starou chuť [11]. Změny v chuťové stabilitě vlivem změn polyfenolů lze očekávat až při výrazné změně barvy piva.

Pomocí metody ESR byly měřeny hodnoty lag-time a T150. Během času hodnoty T150 stoupaly a hodnoty lag time klesly na nulu, což odpovídá úbytku oxidu siřičitého (tab. 2, tab. 4).

Vliv teploty a doby skladování vyvolal

Tab. 1 Vliv teploty skladování na hodnotu základních parametrů piva

Veličina	Jednotky	Čerstvé pivo	Po 4 měsících		
			8 °C	20 °C	30 °C
Pův. konc. mladiny	%	11,69	11,72	11,74	11,72
Alkohol	% v/v	4,39	4,42	4,43	4,42
Skutečný extrakt	% w/w	5,01	5,02	5,03	5,02
Skutečné prokvašení	%	58,6	58,7	58,7	58,7
Zdánlivý extrakt	% w/w	3,44	3,44	3,45	3,44
Zdánlivé prokvašení	%	70,6	70,7	70,7	70,7
Barva	j. EBC	11,8	11,8	12	13,1
pH		4,57	4,63	4,63	4,63

Tab. 2 Vliv teploty na hodnotu ESR v hotovém pivu během 4 měsíců skladování (lag time/T150)

Lag time/ T150	čerstvé	1 měsíc	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
8 °C	81/123000	74/135000	77/135000	77/142000	76/148000
20 °C		66/121000	60/170000	50/146000	40/156000
30 °C		55/169000	33/227000	20/180000	0/185000

Tab. 3 Vliv teploty na hodnotu anilinového čísla v hotovém pivu během 4 měsíců skladování

Anilinové číslo	čerstvé	1 měsíc	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
8 °C	2,4	3,1	4,7	8,2	7,7
20 °C		6,9	17,5	38	40
30 °C		33	50	102	112

Tab. 4 Vliv teploty na obsah celkového oxidu siřičitého v hotovém pivu během 4 měsíců skladování (mg/l)

Celkový SO ₂	čerstvé	1 měsíc	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
8 °C	6	7	5,4	5,2	5,5
20 °C		5,4	3,6	2,9	2,8
30 °C		3,8	1,9	1,2	1

Tab. 7 Senzorické hodnocení chuti piva v průběhu skladování při teplotě 8 °C

8 °C	čerstvé	1 měsíc	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Sladkost	4	4	4	4	4
Hořkost	7	7	7	7	7
Plnost	6	6	6	6	6
Esterová	1	1	1	1	1
Svíravá	2	2	2	2	2
Karamelová	1	1	1	1	1
Chmelová	2	2	1	2	2
Diacetylová	2	2	2	1	2
Připálená	1	1	1	1	1
Sytící	2	2	2	1	2
Oxidační					1
Letinková					1
Obliba	8	7	7	7	7

Tab. 8 Senzorické hodnocení chuti piva v průběhu skladování při teplotě 20 °C

20 °C	čerstvé	1 měsíc	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Sladkost	4	4	4	4	4
Hořkost	7	7	7	7	7
Plnost	6	6	6	6	6
Esterová	1	1	1	1	1
Svíravá	2	2	2	2	2
Karamelová	1	1	1	1	1
Chmelová	2	2	2	2	2
Diacetylová	2	2	2	1	2
Připálená	1	1	1	1	1
Sytící	2	2	2	1	2
Oxidační		1	2	1	2
Letinková				1	1
Obliba	8	7	7	6	6

Tab. 9 Senzorické hodnocení chuti piva v průběhu skladování při teplotě 30 °C

30 °C	čerstvé	1 měsíc	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Sladkost	4	4	4	4	4
Hořkost	7	6	7	7	6
Plnost	6	6	6	6	6
Esterová	1	1	1	1	1
Svíravá	2	2	2	1	2
Karamelová	1	1	1	1	1
Chmelová	2	2	1	1	2
Diacetylová	2	2	1	1	1
Připálená	1	1	1	1	2
Sytící	2	1	2	1	2
Oxidační		2	2	2	3
Letinková				1	2
Obliba	8	6	5	6	5

u vzorků uložených při 8 °C mírný vzestup hodnoty anilinového čísla, na rozdíl od vzorků skladovaných při 20 °C a 30 °C, kde hodnota anilinového čísla rostla výrazněji. Po čtyřech měsících skladování vykazovalo pivo uložené při 30 °C třikrát vyšší anilinové číslo než pivo uložené při 20 °C (tab. 3). Hodnota anilinového čísla je dobrou veličinou pro sledování stárnutí piva [12, 13].

Působením teploty 8 °C na hotové pivo nedošlo k výrazné změně obsahu oxidu siřičitého ani po čtyřech měsících skladování. Významný pokles obsahu SO₂ nastal u piva uloženého při 20 °C, kde se jeho hodnota snížila na polovinu oproti původnímu množství. U vzorku piva uloženého při 30 °C klesl obsah SO₂ po čtyřech měsících na nízkou hodnotu (tab. 4). Přítomnost SO₂ v pivu má pře-

Tab. 5 Vliv teploty na obsah 2,3-pentadionu v hotovém pivu během 4 měsíců skladování (ppb)

Pentadion	čerstvé	2 měsíce	4 měsíce
8 °C	90	68	68
20 °C		54	47
30 °C		51	41

Tab. 6 Vliv teploty na obsah diacetylu v hotovém pivu během 4 měsíců skladování (ppb)

Diacetyl	čerstvé	2 měsíce	4 měsíce
8 °C	105	87	87
20 °C		75	79
30 °C		78	70

vážně příznivý vliv, protože působí jako přirozený antioxidant [14]. Zpomaluje tvorbu staré chuti piva a koloidních zákalů. Příliš velká koncentrace (nad 30 mg/l) však negativně ovlivňuje chuť.

Vyšší teplota skladování měla také vliv na hodnoty vicinálních diketonů (diacetylu a 2,3-pentadionu), jejichž obsah výrazně klesl u piv skladovaných při 30 °C, méně při 20 °C a nejmenší pokles byl zjištěn u vzorků uložených při 8 °C (tab. 5, tab. 6). Tyto látky významně ovlivňují chuť piva v negativním smyslu, a jejich koncentrace by neměla přesáhnout 0,2 mg/l [15].

Během skladování piva při 8 °C nedošlo ke změně jeho sledovaných senzorických vlastností, pouze po čtyřech měsících byla zaznamenána nepatrná oxidační a letinková chuť (tab. 7). Vzorky uložené při 20 °C vykazaly po čtyřech měsících skladování jen mírný pokles celkové oblíby, ale již po měsíci se u nich vyskytla velmi slabá oxidační chuť a později i chuť letinková (tab. 8). Nejvýraznější změny nastaly u piva skladovaného při 30 °C, kde po čtyřech měsících značně poklesla celková oblíba a došlo k většímu nárůstu intenzity oxidační i letinkové chuti (tab. 9).

V průběhu skladování hotového piva za nepřístupu světla došlo působením teploty ke snížení hořkosti u všech sledovaných vzorků. U piv skladovaných při 8 °C byl pokles hořkosti 11%, při 20 °C již 16% a při 30 °C dokonce 22% (tab. 10). Hořkost piva se úměrně snížila v závislosti na teplotě skladování.

Skladováním hotového piva při 8 °C došlo ke snížení obsahu iso- α -hořkých kyselin o 7 %, při 20 °C klesl obsah iso- α -hořkých kyselin o 12 % a při teplotě 30 °C o 15 %. Celkový pokles obsahu iso- α -hořkých kyselin byl výraznější při vyšších teplotách skladování (tab. 11, obr. 2).

Během skladování hotového piva byl pozorován rozdíl v rychlosti úbytku jednotlivých isohumulonů. V závislosti na teplotě a době skladování došlo k poklesu obsahu *trans*-izomerů iso- α -hořkých kyselin, zatímco obsah *cis*-izomerů se téměř nezměnil. K největším změnám došlo u vzorků skladovaných při teplotě 30 °C, které již po dvou měsících skladování obsahovaly stejný poměr *cis*- a *trans*-izomerů jako pivo skladované při 8 °C po dobu pěti měsíců (tab. 12).

Ve výsledcích měření je obsah *cis*- a *trans*-izomerů uváděn v procentech, která odpovídají jejich zastoupení ve směsi šesti hlavních stereoizomerů iso- α -hořkých kyselin obsažených ve sledovaném vzorku piva (obr. 3).

4 ZÁVĚR

- Skladováním hotového piva při teplotě 30 °C po dobu čtyř měsíců došlo k mírnému zvýšení barvy. U vzorků uložených při teplotě 8 °C a 20 °C se hodnoty barvy nezměnily.
- Během skladování se odpovídajícím způsobem měnily hodnoty lag time/T150.
- Vlivem teploty skladování piva došlo během čtyř měsíců ke snížení obsahu oxidu siřičitého, přičemž jeho ztráty jsou největší u piva skladovaných při teplotě 30 °C. U vzorků uložených při teplotě 20 °C došlo po čtyřech měsících ke snížení obsahu oxidu siřičitého o 50 %.
- Hořké látky piva jsou stabilnější při nižších teplotách.
- V průběhu stárnutí hotového piva byl zaznamenán úbytek iso- α -hořkých kyselin, a to hlavně jejich *trans*-izomerů, který byl nejvýraznější u vzorků uchovávaných při teplotě 30 °C.
- Poměr *cis/trans* se během skladování piva zvyšuje, obsah *trans*-iso- α -hořkých kyselin se během 12měsíčního skladování při 20 °C snižuje asi na polovinu původního množství.
- Vhodnou veličinou pro sledování stárnutí piva je hodnota anilinového čísla, která se skladováním piva po dobu čtyř měsíců při teplotě 8 °C příliš nezvýšila, zatímco u vzorků uložených při teplotě 20 °C se jeho hodnota razantně zvýšila. Vzorky skladované při teplotě 30 °C měly hodnotu anilinového čísla téměř třikrát vyšší než vzorky skladované při teplotě 20 °C.
- Hotové pivo skladované čtyři měsíce při teplotě 8 °C mělo stále dobrou pitelnost a zachovalo si své velmi dobré senzorycké hodnocení. Podobně tomu bylo u vzorku piva uloženého při teplotě 20 °C. Pivo skladované při teplotě 30 °C již mělo znatelně sníženou pitelnost a vykazovalo střední oxidační a letinkovou chuť.
- Metoda stanovení poměru obsahu *cis*- a *trans*-izomerů iso- α -kyselin je vhodná metoda pro zhodnocení stavu senzorycké stability piva.

Literatura

1. Lu-ping, Ting, P., Goldstein, H.: Preparation and purification of hop acids and their derivatives. J. Am. Soc. Brew. Chem. **54**, 1996, 103–109.
2. Basařová, G. a kol.: Pivovarsko-sladařská

Tab. 10 Vliv teploty na změnu celkové hořkosti hotového piva během 5 měsíců skladování (JH)

Hořkost	čerstvé	1 měsíc	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce	5 měsíců
8 °C	38	38	36	34	35	34
20 °C		37	35	33	36	32
30 °C		35	31	31	30	30

Tab. 11 Vliv teploty na změnu obsahu iso- α -hořkých kyselin v hotovém pivu během 5 měsíců skladování (mg/l)

Iso- α -kyseliny	čerstvé	1 měsíc	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce	5 měsíců
8 °C	40	38	38	36	38	37
20 °C		39	38	34	36	35
30 °C		38	35	33	33	34

Tab. 12 Vliv teploty na změnu poměru *cis*- a *trans*-izomerů iso- α -hořkých kyselin v pivu během pěti měsíců skladování (%)

<i>cis/trans</i>	čerstvé	1 měsíc	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce	5 měsíců
8 °C	70,1/29,9	70,2/29,8	70,0/30,0	70,2/29,8	71,7/28,3	73,1/26,9
20 °C		70,3/29,7	71,4/28,6	73,2/26,8	74,5/25,5	76,0/24,0
30 °C		70,9/29,1	73,8/26,2	74,4/25,6	83,0/17,0	82,8/17,2

analytika, Merkanta, Praha, 1992 (1. díl), 1993 (2. díl), 1993 (3. díl).

3. Harms, D., Nitzsche, F.: High – performance separation of unmodified and reduced hop and beer bitter compounds by a single high-performance liquid chromatographic method. J. Am. Soc. Brew. Chem. **59**, 2001, 28–31.

4. Sikora, P.: Možnosti měření a ovlivnění hodnoty antioxidační kapacity v průběhu pivovarského procesu, Diplomová práce, VŠCHT Praha, 2004.

5. Murphey, J., Burkhardt, R., Castane, J., Donley, J.: Iso- α -acids in beer by solid-phase extraction and HPLC. J. Am. Soc. Brew. Chem. **51**, 1993, 173–174.

6. Clark, G. J., Burroughs, L. J., Guzinski, A. J.: High-performance liquid chromatography analysis of tetrahydro-iso- α -acids in beer. J. Am. Soc. Brew. Chem. **52**, 1998, 76–79.

7. Jurková, M., Kellner, V., Čulík, J., Horák, T., Čejka, P.: Rychlá a účinná izolace iso- α -hořkých kyselin z piva metodou SPE. Kvasny Prum. **49**, 2003, 258–259.

8. Donley, J. R.: Solid-Phase extraction of hop acids from beer or wort for subsequent analysis. J. Am. Soc. Brew. Chem. **50**, 1992, 3–8.

9. Hashimoto, N., Koike, K.: Mechanism of browning during brewing, Report of the Research Laboratories of Kirin Brewery Company **14**, 1971, 1–12.

10. Šavel, J., Zdvihalová, D., Prokopová, M.: Color changes during beer oxidation. Kvasny Prum. **42**, 1996, 93–99.

11. Basařová, G., Šavel, J., Janoušek, J., Čížková, H.: Changes of the content of amino acids during natural aging of beer. Monatschr. Brauwiss. **52**, 1999, 112–118.

12. Boessendoerfer G., Thalacker R.: Further studies on the aniline analytical number, Brauwelt **143**, 2003, 1502–1505.

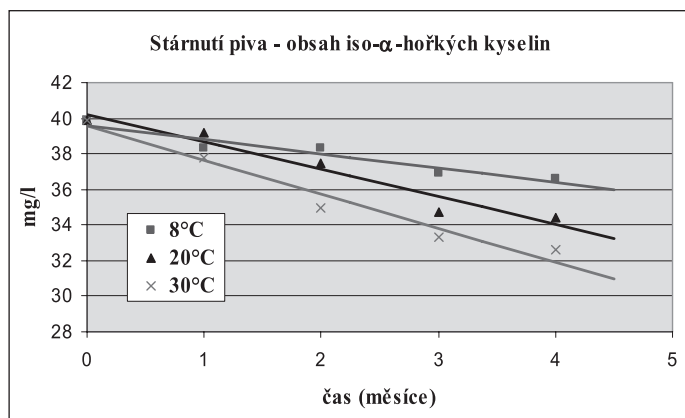
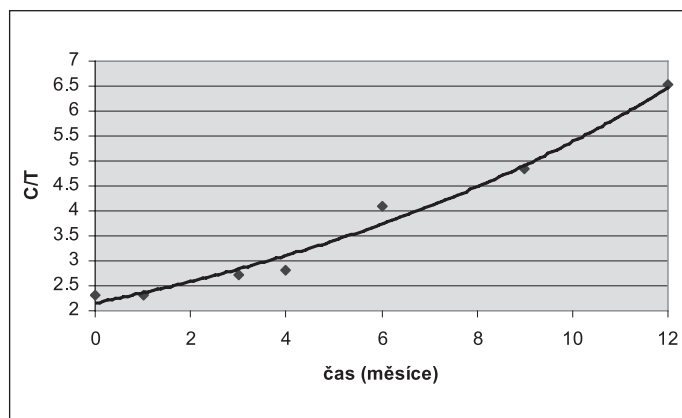
13. Urban, A., Aichinger, K., Klein, H., Huber, Chr.: Optimization of rapid routine methods for the determination of the taste stability. Brauwelt **142**, 2002, 1880–1883.

14. Narziß, L., Miedaner, H., Lustig, S.: Das Verhalten flüchtiger Aromastoffe bei der Alterung des Bieres. Monatschr. Brauwiss. **52**, 1999, 164–175.

15. Basařová, G., Čepička, J.: Sladařství a pivovarství, skriptum VŠCHT, SNTL, Praha, 1986.

Zpracováno podle přednášky
na 33. Pivovarsko-sladařském semináři,
Plzeň 18.–19. 10. 2006

Do redakce došlo 13. 11. 2006

Obr. 2 Závislost změny obsahu iso- α -hořkých kyselin v pivu na teplotě skladováníObr. 3 Poměr *cis/trans* iso- α -hořkých kyselin během skladování piva