

# Pivovarství a sladařství

## Prahové koncentrace vyšších alkoholů v pivech

663.41.543

547.427

Ing. MIROSLAV KAHLER, Ing. JAN VOBORSKÝ, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský

### 1. ÚVOD

V rámci výzkumného úkolu (Výzkum vlivu kvasného procesu na tvorbu chuťových látek) ověřujeme postupně účinky zvýšení koncentrace vybraných těkavých látek ze skupiny vyšších a aromatických alkoholů, esterů, mastných kyselin, aldehydů, ketonů a sirných sloučenin. Jestliže se má zjistit stupeň ovlivnění chuti a vůně piva těmito látkami, musí se znát jednak jejich skutečný obsah v pivě, jednak jejich prahová koncentrace vnímání ( $K_p$ ). Čím je prahová koncentrace vnímání nižší a čím je skutečný obsah sledované sloučeniny v pivě vyšší, tím je význam této sloučeniny pro ovlivnění

senzorických vlastností piva větší. Podle tzv. indexu významnosti (poměr prahové koncentrace dané sloučeniny k jejímu skutečnému obsahu) se mohou rozdělit těkavé látky na významné a méně významné. Sloučeniny, jejichž index významnosti ( $I_v$ ) má vysokou hodnotu, považují se ze sensorického hlediska za méně důležité.

Tyto základní informace se musí doplnit ještě zjištěním vzájemných vztahů mezi skupinami aromatických látek, protože změny jejich zastoupení způsobené úmyslným nebo neúmyslným zásahem mohou ovlivnit původní sensorický charakter sledované sloučeniny. Prokázali-li se vliv některé skupiny, jejíž způsob tvorby je



znám, může se hledat souvislost mezi technologickým postupem a senzorickými vlastnostmi piva. Je zřejmé, že tento úkol je velmi složitý, a proto považujeme toto první sdělení za malý příspěvek k řešení tohoto problému.

Tvorba vyšších alkoholů při kvašení je dostatečně známa a souvisí ve velké míře s metabolismem aminokyselin [1, 2, 3, 4, 5]. Někteří pracovníci uvádějí pokles kvality piva přímo do vztahu se zvýšeným obsahem jednotlivých alkoholů [6, 7, 8], popřípadě mohou působit nepřímo, neboť oxidačními pochody při uskladnění vznikají příslušné aldehydy [9]. Z literárních údajů je patrné, že hodnoty prahových koncentrací vnímání nejsou stálé a liší se více nebo méně v závislosti na charakteru a typu piva. Podle některých autorů jsou hodnoty uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Prahové koncentrace vnímání vyšších a aromatických alkoholů (literární údaje)

Označení alkoholu mg/l	Drews [10]	Roscullet [11,12]	Harrison [13,14]	Engan [15]
1-propanol	600	50	50	600
2-methyl-1-propanol	150–160	175	100–175	100
1-butanol	—	50	50	—
2-methyl-1-butanol	50	50	50	50
3-methyl-1-butanol	50	75	50–75	50
2-fenylethanol	100	75	50–75	40
tyrosol	—	0,1	0,1	—
tryptofol	—	0,2	0,2	—

Skutečný obsah vyšších a aromatických alkoholů v různých pivech podává tabulka 2. Drews et al. [18] sledovali obsah tryptofolu a tyrosolu v pivech plzeňského typu a zjistili, že obsah tryptofolu kolísá od 0,16 do 10 mg/l a tyrosolu od 4 do 10 mg/l.

Značné rozdíly v některých hodnotách byly podnětem k určení prahových koncentrací i v českých pivech. Při jejich zjišťování se mimo to získávají i údaje o změně a charakteru vůně a chuti piva, popřípadě závislost na technologii a složení výchozí mladiny.

## 2. METODIKA

### 2.1 Příprava vzorků

Prahové koncentrace se sledovaly u těchto alkoholů: 1-propanol (POH), 1-butanol (BOH), 2-methyl-1-propanol (isobutylalkohol, iBOH), 2-methyl-1-butanol (opt. akt. amylalkohol, opt. akt. pentylalkohol AOH<sup>+</sup>), 3-methyl-1-butanol (isoamylalkohol, isopentylalkohol, iAOH), 2-fenylethanol (FEOH), tryptofol.

Čisté alkoholy se rozpustily v 50% ethanolu. Koncentrace se upravila tak, aby 2 ml roztoku obsahovaly množství alkoholu žádané koncentrace v pivu. Tento objem se pipetoval do 0,5 l lahvi, do nichž se stočilo ihned na provozní lince pivo. Do porovnávacích pív se pipetovalo 2 ml 50% ethanolu. Z každého alkoholu se

připravily tři vzorky se stoupající koncentrací. Rozsah koncentrace přidávaných alkoholů se volil s přihlédnutím k literárním údajům a k skutečnému obsahu v pivu. Množství alkoholů bylo stanoveno v původním pivu a pro kontrolu i v pivu s přidavkem (střední koncentrace).

### 2.2 Analytické metody

Obsah vyšších alkoholů a 2-fenylethanolu se zjišťoval plynovou chromatografií [19], obsah tryptofolu kolorimetricky reakcí s vanilinem po oddělení tyrosolu [20].

### 2.3 Senzorická analýza

K určení prahu vnímání se použila trojúhelníková metoda [21, 22]. Každý z 12 degustujících absolvoval při jednom hodnocení tři trojúhelníkové zkoušky. V každé trojúhelníkové zkoušce byla dvě piva srovnávací a třetí s přidáním alkoholem. Trojúhelníkové zkoušky byly uspořádány se stoupající koncentrací přidávaného alkoholu v pivu.

## 3. VÝSLEDKY A DISKUSE

### 3.1 Obsah vyšších a aromatických alkoholů v českých pivech

V tabulce 3 jsou uvedeny rozborů z 30 různých 10% a 12% českých pív z období 1973 až 1976. Obsah tryptofolu je určen u jiných pív než obsah ostatních alkoholů. V tabulce 4 jsou uspořádány průměrné hodnoty a jejich rozsah, použité dále k výpočtu indexu významnosti  $I_v$ .

### 3.2 Prahové koncentrace vnímání jednotlivých alkoholů

Pro názornost jsou výsledky zpracovány do sloupkových diagramů. Sloupce ohraničené plnou a čárkovanou čarou označují rozsah skutečného obsahu alkoholů v pivech senzoricky analyzovaných. Křížkem je vyznačena průměrná a minimální koncentrace určovaného alkoholu (tab. 4).

Na obrázku 1 je vyznačena prahová koncentrace vnímání  $K_p$  propanolu. Hodnotitelům se nepodařilo zjistit rozdíl oproti srovnávacímu pivu ani při koncentraci 100 mg/l. Poněvadž obsah propanolu v pivu je nízký, je bezpředmětné přesné určení prahové koncentrace. Index významnosti je vysoký, a proto nemá propanol prakticky žádný senzorický význam.

Obdobná situace je i u butanolu. Jeho prahová koncentrace je sice nižší (60 mg/l), avšak také obsah v pivech je nízký, a proto index významnosti dosahuje hodnoty 85. Ani tento alkohol se senzoricky v běžných pivech neuplatňuje (obr. 2).

Pro 2-methyl-1-propanol se zjistila prahová koncentrace vnímání v rozsahu 90 až 130 mg/l. K výpočtu indexu významnosti se použila minimální hodnota. Index významnosti je podstatně nižší při porovnání s hodnotou

Tabulka 2. Koncentrace vyšších a aromatických alkoholů v různých pivech (literární údaje)

Označení alkoholu [mg/l]	Arkima [16]		Harrison [14]	Engan [15]	Bärwald [17]		česká piva	Roscullet [11,12]
	spodní kvašení	svrchní kvašení			spodní kvašení	svrchní kvašení		
1-propanol	9–18	10–38	15	10,8	11	17	2,3–9,8	8–18
2-methyl-1-propanol	8–14	25–47	15	8,7	10	9	1,6–9,1	8–14
1-butanol	—	—	1	—	1	1	0,6	0,3–2,1
2-methyl-1-butanol	11–17	18–29	15	55	57	51	52–68	11–17
3-methyl-1-butanol	36–55	46–71	60				—	35–52
2-fenylethanol	16–25	30–50	25	18,3	—	—	9,1–22,9	6–55
tyrosol	6–9	8–12	—	—	—	—	1,9–3,7	6–9
tryptofol	—	—	—	—	—	—	0,02–0,04	0,8–3,9



Tabulka 3. Zastoupení vyšších alkoholů v různých 10 % a 12% pivech v období 1973–1976 v mg/l

Číslo vzorku	POH	BOH	iBOH	AOH* iAOH	FEOH	Tryptofol <sup>1</sup>	$\Sigma^2$	Poznámka
1	0,74	0,50	13,5	75,0	19,3	0,042	109,1	1973 10% 1974 10% sladové sur.20% <sup>3</sup>
2	0,75	0,47	12,7	76,6	17,7	0,025	108,2	
3	1,5	0	1,5	54,6	9,6	0,023	67,2	
4	16,5	3,3	13,1	66,6	25,0	0,028	124,5	
5	17,6	1,6	19,4	49,0	28,5	0,031	116,1	
6	3,7	0	3,9	53,7	12,4	0,052	73,7	
7	3,5	1,2	10,2	64,4	27,3	0,030	75,8	
8	13,5	1,4	12,2	60,4	29,6	0,028	74,0	
9	4,2	2,3	7,4	53,4	14,0	0,076	81,1	
10	13,1	1,5	19,8	54,0	27,0	0,021	115,3	
11	8,9	0,25	18,3	47,0	24,2	0,138	98,7	1975 10% 1976 10% 12%
12	0,85	0,14	8,8	46,0	25,2	0,035	81,0	
13	8,4	0	14,5	49,2	17,4	0,028	89,5	
14	15,4	2,8	17,1	45,7	23,5	0,048	104,5	
15	7,0	0,26	18,0	47,0	23,6	0,044	95,9	
16	2,1	0,6	13,3	45,2	23,8	0,020	85,0	
17	1,4	0	9,7	91,3	18,2	0,026	120,6	
18	0,76	0,32	10,8	81,6	25,7	0,037	119,2	
19	0,35	0,05	4,5	59,5	14,6	0,061	78,9	
20	1,5	2,3	10,7	105,2	43,2	0,102	118,2	
21	0,5	0,12	6,3	69,6	24,1	0,023	100,6	
22	0,58	0	5,7	50,8	19,7	0,033	76,8	
23	0,91	0,49	6,9	95,2	21,3	0,027	124,8	
24	4,1	0	10,4	73,5	11,8	0,025	99,8	
25	2,3	0,65	1,6	52,4	7,5	0,031	62,8	
26	2,6	0,56	3,9	45,7	9,1	0,029	59,8	
27	3,5	0	4,8	54,6	10,3	0,029	73,2	
28	2,8	0	1,6	59,6	16,1	0,024	80,1	
29	0,43	0	4,1	42,3	36,9	0,033	133,7	
30	3,5	0,48	8,7	106,6	22,4	0,062	141,7	
$\Sigma$	4,8	0,7	9,8	62,8	21,0	0,040	99,1	

1. určeno u jiných piv; 2. součet alkoholů bez tryptofolu; 3. náhrada sladu 20 % sacharosy

Tabulka 4. Obsah vyšších a aromatických alkoholů ve výčepních pivech

Alkohol	Min. — max. [mg/l]	Průměr [mg/l]	[%]
1—propanol	0,4 — 17,6	4,8	4,84
1—butanol	0 — 3,3	0,7	0,70
2—methyl—propanol	4,5 — 19,8	9,8	9,88
2—methyl—1—butanol + 3—methyl—1—butanol	45,2 — 106,6	62,8	63,36
2—fenylethanol	7,5 — 43,2	21,0	21,19
tryptofol	0,02 — 0,14	0,04	0,03
celkové množství	59,8 — 162,9	99,14	100,00

Tabulka 5. Prahové koncentrace vnímání vyšších a aromatických alkoholů a indexy významnosti ve výčepních pivech

Alkohol	$K_p$ [mg/l]	$I_v$	
		z průměru	z maxima
2—methyl—1—butanol	84 — 100	1,3	0,8
3—methyl—1—butanol	135	2,1	1,3
2—fenylethanol	45 — 100	2,1	1,1
2—methyl—1—propanol	90 — 130	9	4,5
propanol	> 100	> 21	> 5,6
tryptofol	> 1	> 30	> 7,4
butanol	> 60	> 85	> 18

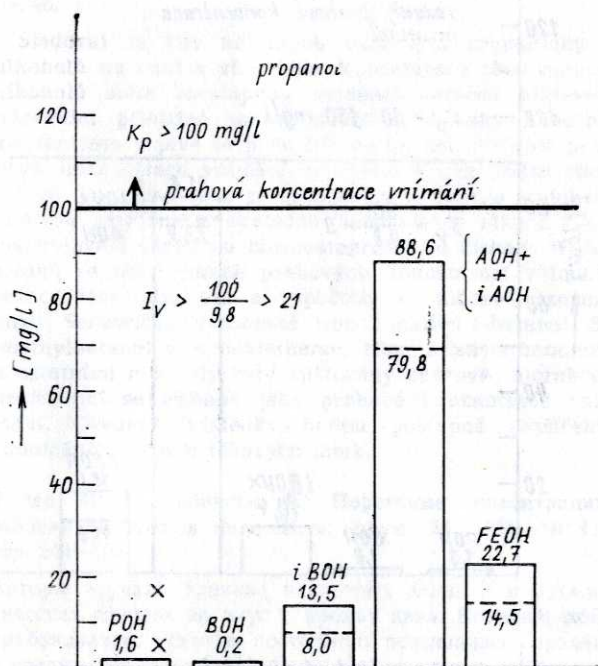
mi u butanolu a propanolu, avšak lze jej stále považovat za málo významný (obr. 3).

Největší vliv na změnu chuti a vůně mají oba isomery pentanolu (2-methyl-1-butanol a 3-methyl-1-butanol) a 2-fenylethanol. Prahové koncentrace isomeru pentanolu se zjišťovaly pro každý isomer samostatně, i když při chromatografickém dělení na použité zakotvené fázi dávají společnou eluční křivku. Podle dosud získaných výsledků pohybuje se množství 2-methyl-1-butanolu okolo 17 % z celkového zjištěného obsahu obou isomerů. Pro opticky aktivní pentylalkohol je rozsah

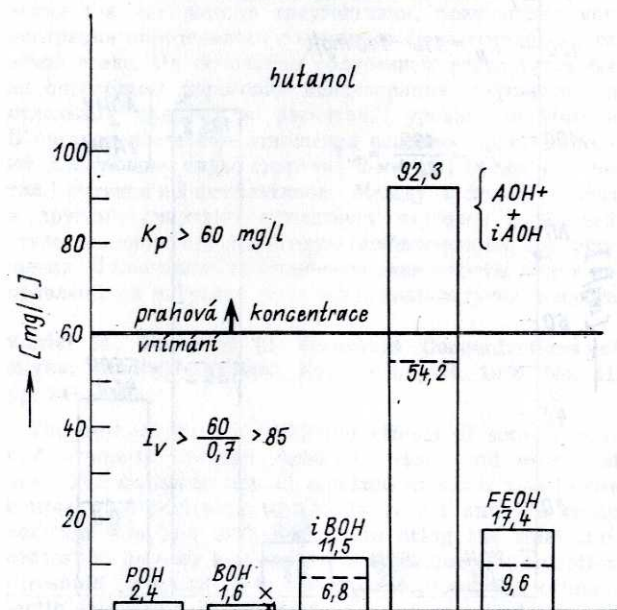
Tabulka 6. Kompenzace chuti a vůně 2-fenylethanolu vyššími alkoholy

Přidávaný alkohol	Množství		Posun $K_p$ 2—fenylethanolu [mg/l]	Kompenzace
	přidaného alkoholu [mg/l]	celkové v pivě [mg/l]		
propanol	50	52,0	50	nulová
butanol	60	60,7	85	negativní
2—methyl—1—propanol	30	50,4	35	pozitivní
3—methyl—1—butanol	30	81,0	45	pozitivní
2—methyl—1—butanol	60	110	70	negativní

Pozn. Prahová koncentrace vnímání 2-fenylethanolu v použitém pivu byla 50 mg/l



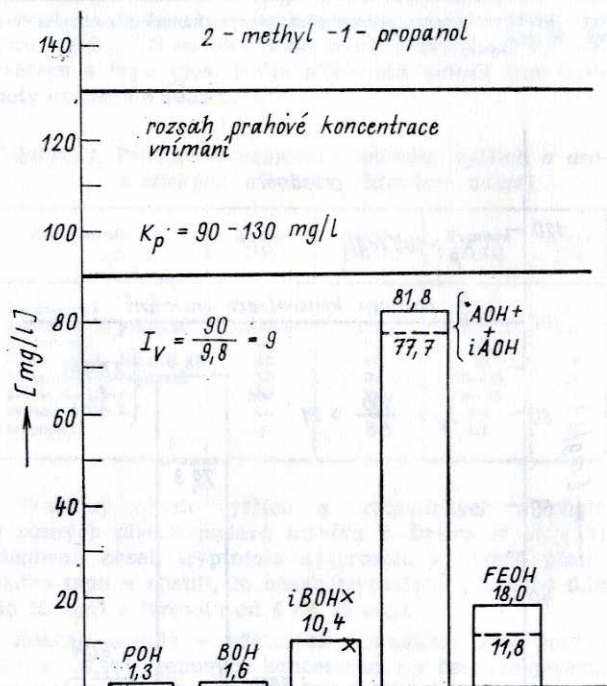
Obr. 1 V obr. 1 má být správná průměrná hodnota 4,8 místo uvedené 9,8.



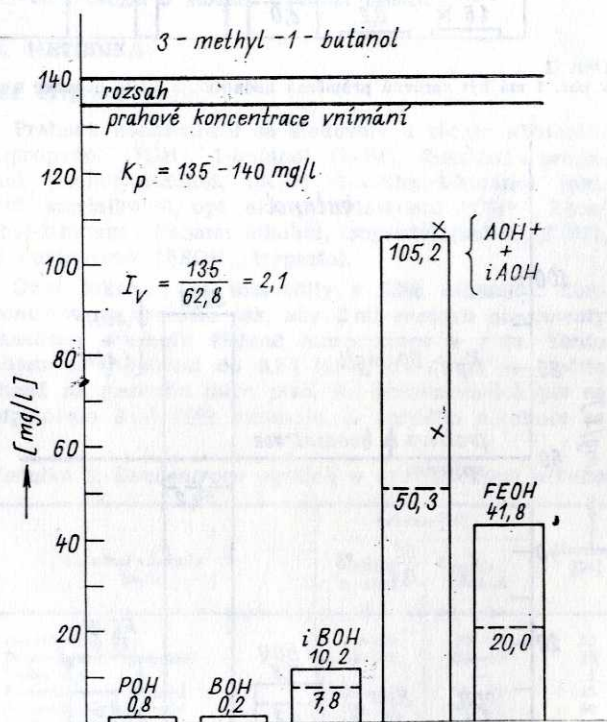
Obr. 2



prahové koncentrace vnímání mezi 84 až 140 mg/l, u isopentylalkoholu od 135 mg/l výše. Je zajímavé, že u piv surogovaných sacharosou byla přítomnost 2-methyl-1-butanolu snadněji smyslově detegována než u piv čistě sladových. Indexy významnosti se počítaly k průměrné hodnotě směsi pentanolů, která se zjistila plynovou chromatografií, takže pro 2-methyl-1-butanol se získala hodnota 1,3 a pro 3-methyl-1-butanol hodnota 2,1. Skutečný index významnosti je mezi oběma uvedenými hodnotami a závisí na okamžitém obsahu opticky aktivního pentylalkoholu (obr. 4 a 5). Jak je zřejmé z obr. 4, může obsah obou isomerů v pivu být vyšší, než je pra-

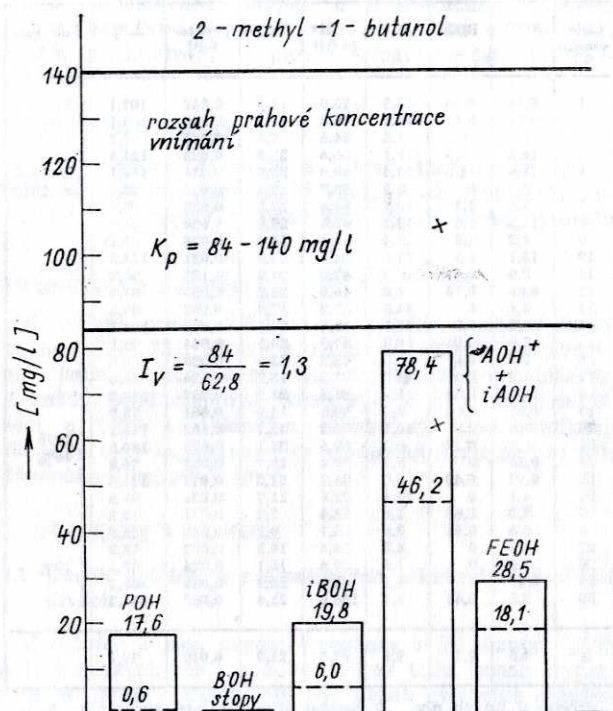


Obr. 3

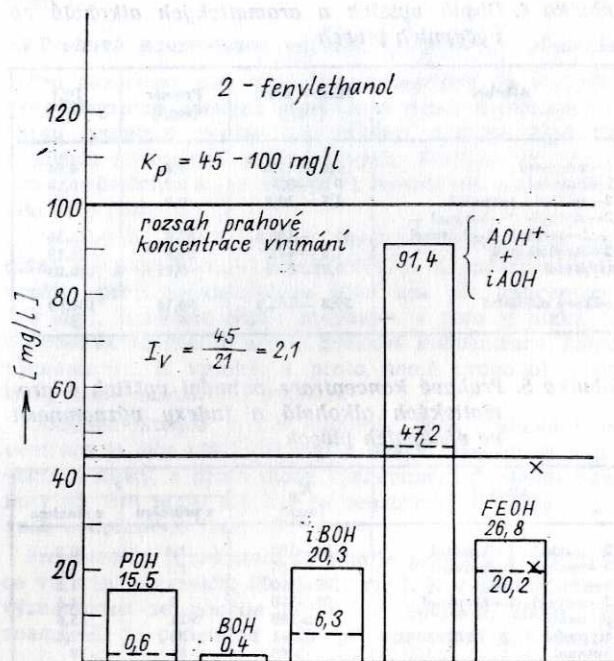


Obr. 4

hová koncentrace a tím výrazně ovlivnit chuť a vůni piva.



Obr. 5



Obr. 6

Na senzoričké vlastnosti piva může mít vliv i 2-fenylethanol, neboť jeho index významnosti je stejný jako 3-methyl-1-butanolu. Kromě toho byl zjištěn značně široký rozsah koncentrace vnímání (45 až 100 mg/l, určený u piv ze šesti různých podniků), což rovněž zasluhuje pozornost. V některých případech maximální obsah 2-fenylethanolu dosahuje již minimální prahové koncentrace (obr. 6).

Druhý z aromatických alkoholů, tryptofol, se vzhle-



dem k nízkému obsahu v českých pivech sensoricky neuplatňuje. Index významnosti je vyšší než 30, a proto nebyla zjišťována přesnější hodnota. Obsah 1 mg tryptofolu v 1 l piva nebyl průkazný.

Přehled výsledků je uveden v tabulce 5. Alkoholy jsou seřazeny podle sensorické významnosti a jejich indexy byly vypočteny jednak z průměrného obsahu, jednak z maximálního obsahu, který byl zjištěn rozbory.

Při zvýšeném obsahu vyšších alkoholů se mění zejména chuťový charakter piva, zatímco jeho vůně zůstává nezměněna. To je zajímavý poznatek, neboť 2-fenylethanol v čisté formě, popřípadě ve vodném roztoku voní výrazně po růžích. Jmenované alkoholy udělují pivu medicínální, lékárnickou nebo dezinfekční příchut.

V průběhu kvasného procesu nenastávají pouze změny jednotlivých sloučenin vyvolané buď odlišným složením mladiny, nebo porušením technologické kázně, popřípadě použitým kmenem kvasnic, nýbrž obvykle se mění kvantitativní zastoupení většího počtu látek se stejnými funkčními skupinami. Například při zvýšení obsahu propanolu se v určité míře zvyšuje i obsah 2-methyl-1-butanolu. Obdobně se mění obsah některých esterů, mastných kyselin apod. Při těchto změnách lze pozorovat vzájemné chuťové interakce, které mohou mít negativní nebo pozitivní účinek. Se zřetelem na prahovou koncentraci 2-fenylethanolu bylo sledováno, do jaké míry se kompenzuje chuť mezi alkoholy. Přehled výsledků je uveden v tabulce 6.

Přídavek 50 mg/l propanolu do piva neovlivnil původní limitní koncentraci 2-fenylethanolu. Zvýšený obsah butanolu tlumil chuťové pocity vyvolané 2-fenylethanolem, tzn. že posunul prahovou koncentraci vnímání na vyšší hodnotu (z 50 na 85 mg/l), avšak tato negativní kompenzace nemá v praxi velký význam, protože obsah butanolu v pivě je velmi nízký a prakticky nepřesáhne 4 mg/l.

Isobutylalkohol naopak kompenzuje chuťový pocit 2-fenylethanolu pozitivně. Přídavkem 50 mg/l se snížila hodnota prahové koncentrace pod 35 mg/l. Se zřetelem na případné maximální množství isobutylalkoholu v pivě (okolo 20 mg/l), může se tato kompenzace již částečně uplatnit. U 3-methyl-1-butanolu je pozitivní kompenzace průkazná, protože obsah 3-methyl-1-butanolu snadno překročí zkoušenou koncentraci, zvláště u výčepních pív. V uvedeném případě podprahové koncentrace dvou látek vyvolávají zřetelnou chuťovou změnu. Druhý, opticky aktivní pentylalkohol, účinkoval opačně. Negativní kompenzace zvýšila prahovou koncentraci 2-fenylethanolu na 70 mg/l.

Z tohoto krátkého sdělení vyplývá, že k získání určitých uzávěrů je nutno mít k dispozici velký počet výsledků nejen analytických, nýbrž i sensorických, pokud možno z nejrůznějších pivovarů. Tyto první naše pokusy budou postupně doplněny údaji o dalších těkavých látkách, aby bylo možno eliminovat některé méně významné složky a naopak upozornit na ty, které jsou pro chuťové vlastnosti piva důležité a mají přímý vztah ke kvasnému procesu.

## Literatura

- [1] BARAND, J. GENOVOIE, L.: *Indust. Agric. et Alim.* **76**, 1959, s. 837
- [2] INGRAHAM, J. et al.: *Archs. Biochem. Biophys.* **95**, 1961, s. 169
- [3] WEBB, A. D., INGRAHAM, J. L.: *Adv. appl. Microbiol.* **5**, 1963, s. 317
- [4] AYRÄPÄÄ, T.: *Brew.* **73**, 1967, s. 17
- [5] DELLWEG, H.: *Tagesztg. Brauerei*, **65**, 1968, s. 916
- [6] SIHTO, E., ARKIMA, V.: *J. Inst. Brew.* **69**, 1963, s. 20
- [7] BACA, E., CHROSTOWSKI, J.: *Tagesztg. Brauerei* **71**, 1974, s. 720
- [8] KREMKOW, C.: *Mschr. Brauerei* **24**, 1971, s. 25
- [9] HASHIMOTO, N.: *J. Inst. Brew.* **78**, 1972, s. 43

- [10] DREWS, B. et al.: *Technical Quarterly* **9**, 1972, s. 131
- [11] ROSCULET, G.: *Brewers Digest* **45**, 1970, No. 4, s. 64
- [12] ROSCULET, G.: *Brewers Digest* **43**, 1971, No. 6, s. 68
- [13] HARRISON, G. A. F.: *Proc. EBC* 1933, s. 247
- [14] HARRISON, G. A. F.: *Collins, E.: Proc. ASBC* 1963, s. 83
- [15] ENGAN, S.: *Inst. Brew.* **73**, 1972, s. 33
- [16] ARKIMA, V.: *Mschr. Brauerei* **21**, 1968, s. 25
- [17] BÄRWALD, G.: *Brauwelt* **112**, 1972, s. 691
- [18] DREWS, B. et al.: *Mschr. Brauerei* **19**, 1936, s. 76
- [19] VOBORSKÝ, J., KAHLER, M.: *Kvasný prům.* **24**, 1978, s. 54
- [20] MC. FARLANE, W. D.; THOMPSON, K. D.: *J. Inst. Brew.* **70**, 1964, s. 497
- [21] TILGNER, J. D.: *Organoleptická analýza potravin*, SNTL Bratislava 1966
- [22] ČURÍN, J.: *Kvasný prům.* **13**, 1967, s. 51

Kahler M., Voborský J.: Prahové koncentrace vyšších alkoholů v pivech. *Kvas. prům.* **24**, 1978, č. 11, s. 241—246.

Sledoval se vliv některých vyšších a aromatických alkoholů na chuť a vůni piva. Koncentrace přidávaných alkoholů měla vzestupnou tendenci, střední přídavek odpovídal přibližně takovému množství, aby konečná koncentrace v pivě se přiblížila co nejvíce hodnotě prahové koncentrace vnímání, uvedené v zahraniční literatuře. Upravená piva se sensoricky hodnotila trojúhelníkovou metodou a skutečná koncentrace alkoholů se kontrolovala plynovou chromatografií. Ze získaných výsledků se určil rozsah prahových koncentrací vnímání jednotlivých alkoholů a vypočetly se indexy významnosti. Sensoricky významné jsou 2-methyl-1-butanol, 3-methylbutanol a 2-fenylethanol. Mezi 2-fenylethanolem a ostatními alkoholy byly zjišťovány chuťové interakce, projevující se změnou jeho prahové koncentrace vnímání. Uvedené výsledky budou postupně rozšířeny zkoumáním dalších těkavých látek.

Калер, М. — Воборски, Я.: Пороговые концентрации высших спиртов в пиве. *Квас. прум.* **24**, 1978, № 11, стр. 241—246.

Авторы изучали влияние некоторых высших и ароматических спиртов на вкус и аромат пива. Концентрация прибавляемых спиртов постепенно повышалась, причем в среднем их количество было рассчитано так, чтобы конечная концентрация в пиве равнялась приблизительно порогу ощущения приводимому в зарубежной литературе. Вкусовые качества пива оценивались путем применения так наз. метода треугольника, фактическая концентрация определялась с помощью хроматографии в газовой среде. На основании полученных результатов были определены пороговые концентрации ощущения для отдельных спиртов и рассчитаны уровни значимости. В органолептическом отношении основное значение имеют следующие виды спиртов: 2-метил-1-бутанол, 3-метил-1-бутанол и 2-фенилэтанол. Между 2-фенилэтанолом и другими спиртами существует вкусовое взаимодействие, изменяющее пороговую концентрацию его ощущения. Дальнейшие исследовательские работы будут направлены на изучение роли остальных летучих веществ.

Kahler M., Voborský J.: Threshold Concentrations of Higher Alcohols in Beer. *Kvas. prům.* **24**, 1978, No. 11, pp. 241—246.

The authors have studied the effects of some higher and aromatic alcohols upon the taste and aroma of beer. The concentration of admixed alcohols was in the course of experiments gradually raised and the mean addition was just high enough to bring the final concentration as near as possible to the value of perception threshold as specified in foreign literature. For organoleptic evaluation of adjusted beer the so-called triangle method was applied and the actual concentrations of alcohols were ascertained by means of gas chromatography.



graphy. From the results of measurements the authors determine the threshold perception concentrations for individual alcohols and calculate significance indices. From organoleptic point of view the most important are the following alcohols: 2-methyl-1-butanol, 3-methyl-1-butanol, 2-phenylethanol. Interactions exist between 2-phenylethanol and other alcohols affecting its threshold perception concentration. The role of other volatile substances will be studied in research works which are being prepared.

**Kahler M., Voborský J.: Schwellenkonzentrationen der höheren Alkohole in Bieren.** Kvas. prům. 24, 1978, No. 11, S. 241—246.

Es wurde der Einfluß einiger höheren und aromatischen Alkohole auf den Geschmack und das Aroma des Bieres verfolgt. Die Konzentration der zugesetzten Alkohole wies eine ansteigende Tendenz auf, die mitt-

lere Zugabe entsprach ungefähr einer solchen Menge, daß sich die Finalkonzentration im Bier womöglich der Schwellenkonzentration der Wahrnehmung näherte, welche in der ausländischen Literatur angeführt wird. Die aufbereiteten Biere wurden sensorisch durch die Dreieck-Methode beurteilt und die tatsächliche Konzentration der Alkohole wurde gaschromatographisch kontrolliert. Aus den erzielten Ergebnissen wurde der Bereich der Schwellenkonzentrationen der Wahrnehmung einzelner Alkohole ermittelt und die Bedeutsamkeitsindexe errechnet. Sensorisch bedeutsam sind 2-Methyl-1-Butanol, 3-Methyl-1-Butanol und 2-Fenyläthanol. Zwischen 2-Fenyläthanol und den übrigen Alkoholen wurden die Geschmacksinteraktionen festgestellt, die sich durch die Änderung seiner Schwellenkonzentration der Wahrnehmung äußern. Die angeführten Ergebnisse werden durch das Studium weiterer flüchtiger Stoffe erweitert werden.