

## Prahové koncentrace esterů mastných kyselin v pivech

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

Prevážná část esterů, které se tvoří při hlavním kvašení, se vyznačuje příjemnou vůní, připomínající některé druhy ovoce. K zajištění požadované chuti piva a jeho arómatu je přítomnost esterů o určité koncentraci nutná. Podle *Arkima* a *Jounela-Erikssona* [1] podílejí se estery na celkovém arómatu piva asi jednou pětinou. Překročení normální hodnoty koncentrace esterů v pivě se projevuje negativní změnou jeho celkové kvality. Například zvýšení obsahu 3-methylbutylacetátu způsobuje ovocnou příchut, zatímco ethylacetát vyvolává vjem organického rozpouštědla, popřípadě esterového zabarvení. V *tabulce 1* jsou uvedeny literární údaje prahových koncentrací vnímání některých esterů a v *tabulce 2* rozsah jejich koncentrací v pivě.

Podle *Meilgaard* [8] se chuťový a aromatický účinek ethylesterů mastných kyselin sčítá, takže jejich negativní vliv se může projevit i při koncentracích, které jsou pod prahovými hodnotami. Složení mladiny a technologické parametry značně ovlivňují obsah esterů v pivě [9], a proto je nutno věnovat jim dostatečnou pozornost, aby se zajistila stálá kvalita piva.

Mechanismem tvorby esterů se podrobně zabýval *Nordström* [10, 11, 12] a zjistil, že jejich biosyntéza je v úzkém vztahu s růstem kvasinek a vyžaduje přísun energie. Primární reakcí při vzniku esterů je aktivace mastných kyselin nebo 2-ketokyselin koenzymem A (CoA). V další části syntézy přecházejí vzniklé acylderiváty alkoholózou na příslušné estery. Z prací *Nordströmových* vyplývá, že mastná kyselina může být substrátem pro syntézu pouze těch esterů, které mají v molekule alespoň 4 uhlíky. Novější práce ukázaly [13, 14], že zvýšená produkce esterů nemusí vždy souviset s nadměrným růstem kvasinek. Tento případ nastává při zkvašování vysokoprocenních mladin. Spojitost mezi růstem buněk a tvorbou esterů lze vysvětlit z hlediska metabolismu tuků. V průběhu růstové fáze syntézují kvasinky nenasycené mastné kyseliny a některé důležité steroly. Nenasycené mastné kyseliny jsou nutné zejména pro funkci transportních systémů buněčné mem-

brány, zatímco steroly jsou zapojeny do mechanismu růstu buněk. Biosyntéza uvedených sloučenin může probíhat pouze v přítomnosti molekulárního kyslíku [15, 16, 17], a proto k zajištění růstu kvasinek musí být i při anaerobním kvašení rozpuštěno určité množství kyslíku v mladině. Jakmile se spotřebuje kyslík, bývá to během 6 až 10 hodin po zakvašení, začne se zpomalovat produkce nenasycených mastných kyselin a tím se snižují nároky na acetyl-CoA pro jejich syntézu, takže může být využíván pro jiné reakce, např. právě pro tvorbu esterů. *Piendl* a *Geiger* [18] uvádějí ve své práci schéma metabolické regulace tvorby ethylacetátu a isoamylacetátu (*obr. 1*). Vzhledem k tomu, že se syntéza esterů v podstatě napojuje na hlavní metabolickou dráhu, ovlivňují změny tohoto metabolismu obsah esterů v pivě.

### 1. SENZORICKÉ ZKOUŠKY A POUŽITÉ ANALYTICKÉ METODY

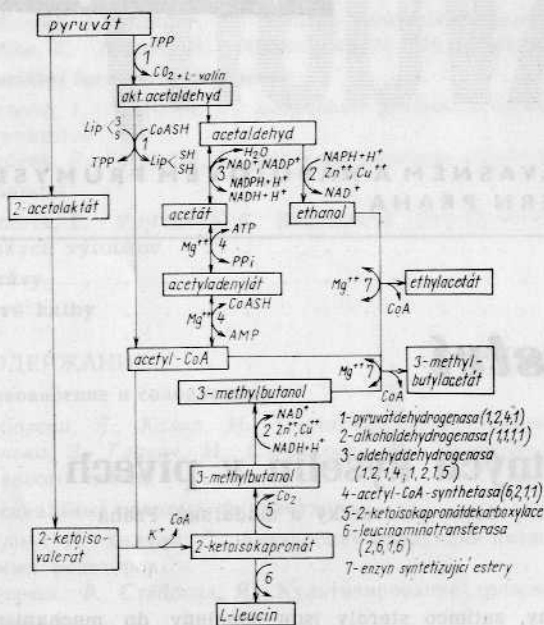
Prahové koncentrace se stanovily na základě senzoričtých zkoušek a analýz. Vliv zvýšené koncentrace esterů se posuzoval trojúhelníkovou metodou. Přidávané množství esterů v pivě se kontrolovalo plynovou chromatografií.

Roztoky vybraných esterů se připravovaly o takové koncentraci, aby po odpipetování 2 ml do 0,5 l pivní láhve a naplnění pivem odpovídala koncentrace sledovaného esteru požadované hodnotě v mg/l. Estery se rozpouštěly v 50% roztoku ethanolu, a k vyloučení jeho vlivu při senzoričtých zkouškách, pipetovaly se do srovnávacích piv vždy 2 ml 50% ethanolu. Pro chemický rozbor piva se použily vzorky bez přidaného ethanolu.

Při senzoričtí analýze byly každému hodnotiteli předloženy postupně třikrát tři vzorky piva, ve kterých bylo vždy jedno pivo s přidaným esterem a dvě piva srovnávací (pivo s ethanolem). Koncentrace přidávaného esteru měla stoupající tendenci, nejvyšší přidané množství bylo u první trojice vzorků, nejvyšší u třetí trojice vzorků. Pořadí zkoušených piv bylo u každého hodnotitele

odlišné. Výsledky zkoušek se zaznamenávaly do předepsaných formulářů a vyhodnocovaly se statisticky [19].

U piv bez přídavku ethanolu se kromě běžného chemického rozboru stanovil obsah isosloučenin [2], oxidu uhličitého [21], a trvanlivost pěny podle De Clerka [22]. Trvanlivost pěny se sledovala také u piv se zvýšenou koncentrací esterů. Koncentrace esterů v pivech se kontrolovala plynovou chromatografií [23].



Obr. 1. Schéma tvorby etylacetátu a isoamylacetátu

Oprava: Meziprodukt 5,2 je 3-methylbutanol

Tabulka 1. Prahové koncentrace vnímání některých esterů v mg/l

Označení esterů	Roscullet [2]	Engan [3]	Harrison [4, 5, 6]	Meilgaard [7]	Arkima [1]
Ethylacetát	30	25	25–50	33	20,8
Propylacetát	—	—	—	30	—
2-Methylpropylacetát	1	0,5	1	1,6	—
3-Methylbutylacetát	2–3	2	2	1,6	0,46–0,71
2-Fenylethylacetát	—	0,2	3–5	3,8	2,1–3,4
Ethylpropionát	10	—	10	—	—
Ethylisobutyryl	0,2	—	0,2	5	—
Ethylbutyryl	0,5	—	0,5	0,4	—
Ethylisovalerát	0,1	—	0,1	1,3	—
Ethylkapronát	0,3	0,2	0,3	0,23	0,2
Ethylkaprylát	1	1	1	0,9	0,31–0,43
Ethyllaktát	—	—	50	250	—

Tabulka 2. Koncentrace některých esterů v pivě v mg/l

Označení esterů	Roscullet [2]	Engan [3]	Harrison [5]	Meilgaard [7]	Arkima [1]
Ethylacetát	15–25	15–17	15	13–20	3,5–5,7
2-Methylpropylacetát	—	0,07	—	0,2	—
Butylacetát	—	—	—	—	—
3-Methylbutylacetát	1–3	1,6	2	1,2–2,8	0,14–2,3
2-Fenylacetát	—	0,7	0,5	0,07	0,28–9,1
Ethylpropionát	0,2	—	0,2	—	—
Ethylisovalerát	0,2	—	—	—	—
Ethylkapronát	0,2	0,16	—	0,23	0,09–0,7
Ethylkaprylát	0,2	0,17	—	0,3	0,07–1,1
Ethylkaprinát	—	—	—	0,06	0,13–4,3

Tabulka 3. Zastoupení esterů v českých pivech (1974–1977) v mg/l

Označení esteru	12% piva		10% piva		zkažená 10% piva	
	rozsah hodnot	průměrná hodnota	rozsah hodnot	průměrná hodnota	rozsah hodnot	průměrná hodnota
Ethylformiát	stopy–0,50	0,11	0–0,17	0,08	stopy–1,90	0,85
Ethylacetát	5,6–17,8	15,6	4,1–13,0	7,4	8,6–18,1	11,9
Propylacetát	0–0,41	0,12	0,03–0,23	0,11	0,04–4,5	3,2
2-Methylpropylacetát	0–0,27	0,09	0,02–0,10	0,05	0–4,7	1,19
3-Methylbutylacetát	0,09–3,4	1,9	0,91–4,0	2,1	2,9–6,5	4,6
Ethylbutyryl	0–2,6	0,49	0–0,07	0,01	0–2,8	0,7
Ethylkapronát	stopy–0,79	0,31	stopy–0,35	0,16	0,20–2,8	1,4
Ethylkaprylát	0–0,94	0,37	0,08–0,35	0,18	0,53–4,9	1,9
Ethylkaprinát	0–1,3	0,20	0–0,31	0,11	0–1,1	0,40
2-Fenylethylacetát	0–2,0	0,20	0–0,18	0,08	0–0,90	0,25
Ethyllaktát	0–0,35	0,13	0,05–0,63	0,27	0,20–0,61	0,42

Tabulka 4. Chemický rozbor původních piv

Kritérium		Pivo A	Pivo B	Pivo C
Zdánlivý extrakt	%hm	2,71	2,44	2,31
Skutečný extrakt	%hm	4,14	3,90	3,88
Konečný extrakt	%hm	2,35	2,30	2,22
Alkohol	%hm	3,00	3,14	3,18
Původní mladina	%hm	10,02	10,05	10,10
Zdánlivé prokvašení $P_z$	%	73,0	75,8	77,1
Skutečné prokvašení $P_s$	%	58,7	61,2	61,6
Konečné prokvašení $P_k$	%	76,5	77,1	78,1
$P_z - P_k$	%	3,5	1,3	0,9
Barva	j. EBC	9,5–10,3	8,8–9,5	8,8–9,5
pH		4,42	4,50	4,55
Kyselost ml NaOH / 100 ml [c (NaOH) = mol/l]	ml	2,4	2,3	2,2
Isosloučeniny	mg/l	19,6	23,7	19,0
Mezinárodní j. hořkosti		22,0	25,0	21,6
Oxid uhličitý	%hm	0,35	0,32	0,32
Pěnovost původní pivo		56,5	58,2	66,8
Přídavek esterů*)	s/cm	54,2	55,7	66,3

\* Směs pěti esterů odpovídající střední koncentraci přídavků

## 2. VÝSLEDKY A DISKUSE

### 2.1 Zastoupení esterů v českých pivech

Kromě určení prahových koncentrací vybraných esterů sledovalo se také jejich zastoupení v různých pivech několik let, aby se získal přehled o jejich změnách vlivem složení sladu, surogátů a mladiny, technologických podmínek a použitých kmenů kvasnic. V tabulce 3 jsou uvedeny získané hodnoty za období 1974 až 1977. Z údajů je patrné, že 12% piva obsahují v průměru téměř dvojnásobně více esterů než 10% piva, a to především ethylacetátu, ethylbutyrylu, ethylkapronátu, ethylkaprylátu a 2-fenylethylacetátu. U zkažených výčepních piv se zjistilo podstatné zvýšení koncentrace těchto esterů: ethylformiát — zvýšení desetinásobné, propylacetát — zvýšení třicetinásobné, 2-methylpropylacetát — zvýšení triadvacetinásobné, 3-methylbutylacetát — zvýšení dvojnásobné, ethylbutyryl — zvýšení sedmdesetinásobné.



Tabulka 5. Zastoupení těkavých látek v původních pivech podle chromatografického záznamu

Označení	Koncentrace mg/l v pivu		
	A	B	C
<b>I. Estery</b>			
Ethylformiát	stopy	stopy	0
Ethylacetát	5,9	13,1	4,6
Propylacetát	0,08	0,13	0,09
2-Methylpropylacetát	0,06	0,05	stopy
Ethylbutyrát	0	0	0
3-Methylbutylacetát	1,7	2,7	1,2
Ethylkapronát	0,22	0,23	0,20
Hexylacetát	0,09	0,13	0
Ethylakrát	0,10	0,17	0,05
2-Methylpropylkapronát	0,32	0,03	0,06
Ethylkaprylát	0,21	0,22	0,09
3-Methylbutylkaprinát	0	0	0
Ethylkaprinát	stopy	0	0
3-Methylbutylkaprylát	stopy	stopy	0,08
Ethyl-2-fenylacetát	0,12	0,14	0,08
2-Fenylethylacetát	stopy	0,19	0
Ethyllaurát	0	0	0
2-Methylpropyllaurát	0,21	0	0,08
Ethylmyristát	0,13	0,08	0,06
Celkové množství	9,1	17,2	6,6
<b>II. Mastné kyseliny</b>			
Octová	4,7	5,0	3,3
Propionová	0,29	0,32	0,25
Isomáselná	0,71	0,81	1,1
Máselná	0,42	0,33	0,40
Isovalerová	1,6	2,4	2,7
Kapronová	2,4	3,4	2,5
Kaprylová	4,2	6,0	2,5
Kaprinová	0,74	0,92	1,1
Fenylactová	0,21	0,53	0,40
Laurová	stopy	0	0,08
Celkové množství	15,3	19,2	14,3
<b>III. Vyšší alkoholy</b>			
Propanol	1,8	5,3	4,1
2-Methylpropanol	18,5	14,2	10,9
Butanol	0,14	0,55	0,64
3-Metylbutanol + + 2-methylbutanol	67,9	93,8	60,7
Furfurylalkohol	0	0	0
2-Fenylethanol	23,7	24,7	16,7
Celkové množství	112,0	138,6	93,0

ethylkapronát — zvýšení desetinásobné  
ethylkaprylát — zvýšení desetinásobné  
2-fenylethylacetát — zvýšení čtyřnásobné

Dosavadní sledování účinku esterů na jakost piva ukázalo, že největší negativní vliv při zvýšené koncentraci mají 2-methylpropylacetát, 3-methylbutylacetát, ethylbutyrát, ethylkapronát a ethylkaprylát.

## 2.2 Stanovení prahových koncentrací vnímání

U pěti vybraných esterů se určily prahové koncentrace vnímání v pivech ze tří pivovarů. Množství přídavků se zvolilo tak, aby střední přidané množství odpovídalo koncentraci vnímání udávané v odborné literatuře. Výsledky rozborů použitých piv a zastoupení esterů jsou vyznačeny v tabulkách 4 a 5.

Podle chemického rozboru je zřejmé (tab. 4), že piva použitá k senzorické analýze nevybočovala v běžných analytických kritériích z hodnot plně odpovídající podle ČSN 10% světlému pivu.

Piva byla dobře prokvašena (nízký rozdíl  $P_z - P_k$ ) s dostatečným obsahem alkoholu a obsahem isosloučenin 19–24 mg/l. Obsah oxidu uhličitého byl téměř na spodní hranici uvedené v ČSN, pěnivost byla poněkud nižší než průměrná. Po přídavku všech pěti esterů tak, aby koncentrace jednotlivých esterů odpovídala střednímu přidanému množství (tab. 6), se pěnivost prakticky nezměnila.

V tab. 5 jsou vedle esterů uvedeny též obsahy mastných kyselin a vyšších alkoholů, neboť jejich obsah může ovlivnit prahovou koncentraci zkoumaného esteru.

Nejvyšší obsah aromatických látek byl zjištěn u piva z pivovaru B, nejnižší u piva z pivovaru C. Poměrně široké rozpětí obsahu esterů ve zkoušených pivech umožnilo lépe postihnout minimální a maximální rozpětí jejich vlivu na senzorické vlastnosti. Přehled výsledků senzorických analýz podává tabulka 6.

**Ethylacetát.** U piv A a C, kde byl podstatně nižší obsah ethylacetátu, nebyla zaznamenána u nejnižšího přídavku žádná výrazná odchylka v chuti nebo vůni piva. Střední dávka 25 mg/l se projevila chuťově jako nezralé ovoce. Nejvyšší přídavek tohoto esteru zbarvil chuť i vůni piva do ovocného odstínu, někteří hodnotitelé označili toto zbarvení jako natrpklou až kyselou chuť.

U piva B s obsahem ethylacetátu 13 mg/l se senzorické změny zaznamenaly již po přídavku 12,5 mg/l. Celkový obsah, při kterém se projevil přídavek ethylacetátu, byl však přibližně shodný u všech tří piv (25 až 30 mg/l).

**3-methylbutylacetát** (isoamylacetát). Samotný isoamylacetát má typickou vůni po banánech nebo po hruškách. Ani nejvyšší přídavek tohoto esteru do piva se však neprojevil ve změně vůně. U střední koncentrace piva A a B způsobil isoamylacetát nahořklou příchut, připomínající hořké mandle. Ovocná banánová chuť byla zjištěna až u nejvyšší koncentrace, tj. při celkovém obsahu 6 až 7 mg/l. Také v tomto případě byla senzorická změna zaznamenána až po dosažení určité celkové koncentrace, tj. 4 až 5 mg/l. Při nižším obsahu v původním pivě bylo proto nutno přidat k postřehnutelné změně vyšší množství esteru (pivo C).

**Ethylbutyrát** (máselnan ethylnatý). V původních pivech nebyl tento ester zaznamenán. V koncentraci nižší než 0,25 mg/l se senzorická změna neprojevila. Koncentrace vyšší než 0,5 mg/l znatelně změnila již vůni, která přecházela od ovocné (hruškové) až k vůni po starém tuku při koncentraci vyšší než 1,0 mg/l. Změna se projevila především ve vůni, zatímco v chuti nebyl zjištěn rozdíl ani při dávce 2,0 mg/l.

**Ethylkaprylát.** Celkový vyšší obsah těkavých látek u piva B se projevil vyšší citlivostí k ethylkaprylátu. U tohoto piva byla zaznamenána senzorická změna již při obsahu 1,2 mg/l, avšak bez bližšího označení charakteru, zatímco u piva C s nízkým obsahem těkavých látek nebyla zjištěna změna ani při 2,1 mg/l, vezme-li se v úvahu požadavek 95% průkaznosti. Teprve při koncentraci 4 mg/l vykazovalo pivo vůni po jablkách. Při poněkud nižší koncentraci (2 mg/l) se zbarvení projevilo nahořklou až připálenou chutí.

**Ethylkapronát.** Koncentrace ethylkapronátu v původním pivu byla prakticky shodná s koncentrací ethylkaprylátu s výjimkou piva C. Senzorická změna se však projevuje u tohoto esteru při mnohem nižší koncentraci. Zbarvení ve vůni a chuti po přídavku ethylkapronátu je velmi podobné ethylkaprylátu. Jablečná vůně a chuť je ještě kombinovaná se zvýšenou hořkostí. U všech tří piv se změna projevila při středním přídavku, tj. při celkové koncentraci 0,4 mg/l.

## 2.3 Indexy významnosti $I_v$

Prahové koncentrace vnímání určují absolutní obsah látky, která působí u piva zbarvení v chuti nebo ve

Tabulka 6. Určení prahových koncentrací vnímání pěti esterů ve třech různých pivech

Pivo z pivovaru		A			B			C		
Označení esteru		ethylacetát								
Původní konc.	mg/l	5,9			13,1			4,6		
Přidané množství	mg/l	12,5	25,0	50,0	12,5	25,0	50,0	10,0	25,0	50,0
Celková konc.	mg/l	18,4	30,9	55,9	25,6	38,1	63,1	14,6	29,6	54,6
Průkaznost	95 %	—	+	+	+	+	+	—	+	+
	99 %	—	—	+	—	+	+	—	—	+
Prahová konc.	mg/l	31			25			30		
Označení esteru		3-methylbutylacetát								
Původní konc.	mg/l	1,7			2,7			1,2		
Přidané množství	mg/l	1,0	2,0	4,0	1,0	2,0	4,0	0,5	2,0	4,0
Celková konc.	mg/l	2,7	3,7	5,7	3,7	4,7	6,7	1,7	3,2	5,2
Průkaznost	95 %	—	+	+	—	+	+	—	—	+
	99 %	—	—	+	—	—	+	—	—	—
Prahová konc.	mg/l	4,0			5,0			5,0		
Označení esteru		ethylbutyrát								
Původní konc.	mg/l	0			0			0		
Přidané množství	mg/l	0,5	1,0	2,0	0,25	0,50	1,0	0,1	0,5	2,0
Celková konc.	mg/l	0,5	1,0	2,0	0,25	0,50	1,0	0,1	0,5	2,0
Průkaznost	95 %	+	+	+	+	+	+	—	+	+
	99 %	+	+	+	—	+	+	—	—	—
Prahová konc.	mg/l	< 0,5			0,25			0,5		
Označení esteru		ethylkaprylát								
Původní konc.	mg/l	0,21			0,22			0,09		
Přidané množství	mg/l	1,0	2,0	4,0	1,0	2,0	4,0	0,5	1,0	2,0
Celková konc.	mg/l	1,21	2,21	4,21	1,22	2,22	4,22	0,59	1,09	2,09
Průkaznost	95 %	—	+	+	+	+	+	—	—	—
	99 %	—	—	+	—	+	+	—	—	—
Prahová konc.	mg/l	2,2			1,2			> 2,1		
Označení esteru		ethylkapronát								
Původní konc.	mg/l	0,22			0,23			0,20		
Přidané množství	mg/l	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,4
Celková konc.	mg/l	0,32	0,42	0,62	0,33	0,43	0,63	0,30	0,40	0,60
Průkaznost	95 %	—	+	+	—	+	+	—	+	+
	99 %	—	—	+	—	+	+	—	—	+
Prahová konc.	mg/l	0,4			0,4			0,4		

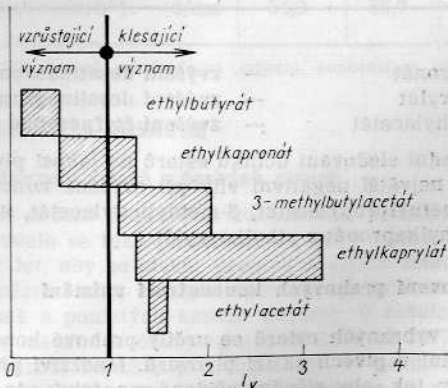
vůni. Z této hodnoty však není zřejmé, do jaké míry se uplatní tato koncentrace vzhledem ke skutečnému obsahu v pivě. Význam mají ty látky, jejichž prahová koncentrace vnímání se blíží obsahu v pivě, popřípadě je nižší. Jako měřítko sensorické důležitosti se proto zavádí tzv. index významnosti  $I_v$  definovaný poměrem prahové koncentrace vnímání a skutečné koncentrace v pivě.

$$I_v = \frac{\text{prahová koncentrace vnímání}}{\text{koncentrace látky v pivě}}$$

Z definice vyplývá, že význam látky je tím větší, čím menší je  $I_v$  než 1 a naopak význam látky klesá s rostoucím  $I_v$  nad hodnotu 1. Ze sensorického hlediska lze pak podle indexu významnosti rozdělit látky na:

- velmi významné  $I_v < 0,5$
- významné  $0,5 < I_v < 1,5$
- méně významné  $I_v > 1,5$
- bezvýznamné  $I_v > 10$

V tabulce 7 jsou uvedeny zjištěné prahové koncentrace a současně koncentrace těchto látek nalezených ve 12% pivech v průběhu několika let. Index významnosti



Obr. 2

je vypočten jednak z maximální koncentrace, jednak z průměrné koncentrace příslušného esteru z tabulky 3.

Na obr. 2 jsou tyto indexy významnosti vyznačeny graficky. Šířka vyšrafované plochy udává rozsah  $I_v$  mezi hodnotou vypočtenou z maximální koncentrace v pivě



Tabulka 7. Prahové koncentrace vnímání a indexy významnosti  $I_v$  vybraných esterů

Označení esterů	Koncentrace v pivu (12%)		Prahová koncentrace $K_p$ mg/l	Indexy významnosti podle	
	maximální mg/l	průměrná		maxima	průměru
Ethylbutyrát	2,6	0,49	0,25	0,10	0,50
Ethylkapronát	0,79	0,31	0,4	0,5	1,3
3-Methylbutylacetát	3,5	1,9	4,0	1,1	2,1
Ethylkaprylát	0,94	0,37	1,2	1,3	3,2
Ethylacetát	17,8	15,6	25	1,4	1,6

(nižší hodnota) a z průměrné koncentrace uvedeného esteru. Estery jsou na obr. 2 seřazeny podle své senzorické významnosti.

Značný význam má ethylbutyrát, jehož koncentrace v pivě se pohybuje prakticky v rozsahu prahových koncentrací vnímání, a proto již i nepatrný obsah může negativně ovlivnit senzorický charakter piva.

Významný je také ethylkapronát, jehož obsah v pivě může rovněž snadno překročit prahovou koncentraci vnímání. Další tři estery, 3-methylbutylacetát, ethylkaprylát a ethylacetát lze ještě pokládat za významné, avšak koncentrace v pivě, která by dosahovala hodnot prahových koncentrací vnímání, je zjištělná spíše u piv narušených ať již z důvodů technologických nebo prošíše garanční lhůty.

#### Literatura

- [1] ARKIMA, V., JOUNELA-ERIKSSON, P.: Proc. EBC 1979, s. 43
- [2] ROSCULET, G.: Brewers Digest 45, 1970, No. 4, s. 64
- [3] ENGAN, S.: Inst. Brew. 78, 1972, s. 33
- [4] HARRISON, G. A. F.: Proc. EBC 1963, s. 247
- [5] HARRISON, G. A. F., COLLINS, E.: Proc. ASBC 1968, s. 83
- [6] HARRISON, G. A. F.: J. Inst. Brew. 76, 1970, s. 483
- [7] MEILGAARD, M. C.: Technical Quarterly 12, 1975, No. 2, s. 107, No. 3, s. 151
- [8] MEILGAARD, M. C., ELIZONDO, A., MACKINNEY, A.: Wallerstein Lab. Comm. 34, 1971, s. 95
- [9] WHITE, F. H.: Brewers Digest 54, 1979, No. 10, s. 26
- [10] NORDSTRÖM, K.: J. Inst. Brew. 70, 1964, s. 42, 328
- [11] NORDSTRÖM, K.: Brewers Digest 40, 1965, No. 11, s. 60
- [12] NORDSTRÖM, K.: J. Inst. Brew. 72, 1966, s. 38
- [13] ANDERSON, R. G., KIRSOP, B. H.: J. Inst. Brew. 80, 1974, s. 49
- [14] LIE, S., HAUKELI, A. D.: Proc. EBC 1973, s. 285
- [15] HAUKELI, A. D., LIE, S.: J. Inst. Brew. 82, 1976, s. 161
- [16] ÄYRÄPÄÄ, T., LINDSTÖM, J.: Proc. EBC 1973, s. 271
- [17] KAHLER, M., HOSPODKA, J., ČASLAVSKÝ, Z.: Proc. ASBC 1965, s. 112
- [18] PIENDL, A., GEIGER, E.: Brewers Digest 55, 1980, No. 5, s. 26
- [19] TILGNER, J. D.: Organoleptická analýza potravin, SNTL Bratislava 1961, SNTL Praha 1961
- [20] KLOPPER, W. J.: Brauwelt 109, 1969, s. 753
- [21] Kolektiv: Pivovarsko-sladařská analytika, SNTL Praha 1968
- [22] DECLERK, J., DeDYCKER, G.: Brauwelt 97, 1957, s. 70
- [23] KAHLER, M., ČEPIČKA, J., MOŠTEK, J., ŠAMAL, F.: Kvasný prům. 24, 1978, s. 73

**Voborský, J. - Kahler, M.: Prahové koncentrace esterů mastných kyselin v pivech.** Kvas. prům., 27, 1981, č. 7, s. 145—149.

Obsah esterů v pivě významně ovlivňuje jeho senzorické vlastnosti a jejich zvýšený obsah, popřípadě jen některého z nich, může narušit senzorickou rovnováhu piva. Autoři sledovali několik let obsah esterů v českých pivech a pro zjištění prahových koncentrací vnímání  $K_p$  zvolili pět důležitých esterů. Podle indexů významnosti  $I_v$  vypočtených z nalezených maximálních a průměrných koncentrací v 12% pivě a z určených pra-

hových koncentrací  $K_p$  lze zkoumané estery podle jejich důležitosti uvést v tomto pořadí: ethylbutyrát ( $I_v = 0,10$  až  $0,50$ ,  $K_p = 0,25$  mg/l), ethylkapronát ( $I_v = 0,5$  až  $1,3$ ,  $K_p = 0,4$  mg/l), 3-methylbutylacetát ( $I_v = 1,3$  až  $3,2$ ,  $K_p = 1,2$  mg/l), ethylacetát ( $I_v = 1,4$  až  $1,6$ ,  $K_p = 25$  mg/l).

**Воборски, Я., Калер, М.: Пороговые концентрации сложных эфиров жирных кислот в пивах.** Квас. прум. 27, 1981, № 7, стр. 145—149.

Содержание сложных эфиров в пиве оказывает значительное влияние на его органолептические свойства, и их повышенное содержание, или некоторого из них, может нарушить органолептическое равновесие пива. Авторы исследовали в течении нескольких лет содержание сложных эфиров в чешских пивах и для определения пороговых концентраций восприятия  $K_p$  избрали пять важных эфиров. По показателю значимости  $I_v$ , вычисленному из установленных пороговых концентрации  $K_p$  можно привести сложные эфиры в следующем порядке по их важности:

Этилбутират  $I_v = 0,10—0,50$ ,  $K_p = 0,25$  мг/л,  
этилкапронат  $I_v = 0,5—1,3$ ,  $K_p = 0,4$  мг/л,  
3-метилбутилацетат  $I_v = 1,3—3,2$ ,  $K_p = 1,2$  мг/л,  
этилацетат  $I_v = 1,4—1,6$ ,  $K_p = 25$  мг/л.

**Voborský, J. - Kahler, M.: Threshold Concentrations of Fatty Acid Esters in Beer.** Kvas. prům. 27, 1981, č. 7, s. 145—149.

Content of esters significantly influences organoleptic properties of beer; the organoleptic equilibrium of beer can be disturbed by their higher content or by higher content of one of them. The authors have studied for several years the content of esters in the Bohemian beers; to establish the threshold perception concentrations  $K_p$  they chose five important esters. According to the significance indices  $I_v$  calculated from observed maximal and average concentration in 12 % beer and from the determined threshold concentrations  $K_p$  it is possible to list the esters under study by their importance as follows: ethyl-butyrate ( $I_v = 0,10$  to  $0,50$ ,  $K_p = 0,25$  mg/l), ethyl-caproate ( $I_v = 0,5$  to  $1,3$ ,  $K_p = 0,4$  mg/l), 4-methyl-butyl-acetate ( $I_v = 1,3$  to  $3,2$ ,  $K_p = 1,2$  mg/l), ethyl-acetate ( $I_v = 1,4$  to  $1,6$ ,  $K_p = 25$  mg/l).

**Voborský, J. - Kahler, M.: Die Schwellenkonzentrationen der Ester der Fettsäuren im Bier.** Kvas. prům. 27, 1981, No. 7, S. 145—149.

Der Gehalt der Ester beeinflusst bedeutend die sensorischen Eigenschaften des Bieres und ihr erhöhter Gehalt, bzw. der erhöhte Gehalt eines einzigen von ihnen, kann das sensorische Gleichgewicht des Bieres beeinträchtigen. Im Rahmen einer mehrjährigen Forschungsarbeit verfolgten die Autoren den Gehalt der Ester in böhmischen Bieren und bestimmten für fünf wichtige Ester ihre Schwellen- Wahrnehmungskonzentrationen  $K_p$ . Nach den Wichtigkeitsindexen  $I_v$ , die aus den ermittelten maximalen und durchschnittlichen Konzentrationen im 12% Bier und den bestimmten Schwellenkonzentrationen  $K_p$  errechnet wurden, können die verfolgten Ester in der folgenden Reihenfolge je nach ihrer Bedeutung eingeführt werden. Äthylbutyrat ( $I_v = 0,10$  bis  $0,50$ ,  $K_p = 0,25$  bg/l), Äthylkapronat ( $I_v = 0,5$  bis  $1,3$ ,  $K_p = 0,4$  mg/l), 3-Methylbutylazetat ( $I_v = 1,4$  bis  $1,6$ ,  $K_p = 25$  mg/l).