

ODBORNÝ ČASOPIS PRO VÝROBU NÁPOJŮ A BIOCHEMICKÉ TECHNOLOGIE
Vydává VÝZKUMNÝ ÚSTAV PIVOVARSKÝ A SLADAŘSKÝ, Praha, ve spolupráci s BMC, a. s.

Z výzkumu a praxe

MODERNÍ METODY HODNOCENÍ SENZORICKÉ HOŘKOSTI PIVA

Prof. ing. Jan VELÍŠEK, DrSc., ing. Lenka KALINOVÁ, prof. ing. Jan POKORNÝ, DrSc.,
Ústav chemie a analýzy potravin, Vysoká škola chemicko-technologická, 166 28 Praha 6

Klíčová slova: pivo, hořkost, senzorické hodnocení, metody

1. ÚVOD

Hořkost patří k nejvýznamnějším chuťovým charakteristikám piva a přispívá k jeho osvěžujícímu účinku. Hořkost je důležitá zvláště u našich piv, která jsou značně chmelena. Hodnocení hořkosti senzorickou analýzou je však velmi obtížné. Chuťové receptory jsou totiž umístěny až u kořene jazyka a v zadní části ústní dutiny. Tekutina se k nim proto poměrně pomalu dostává, většinou až při polknutí doušku. Potom se hořké látky z chuťových pohárků jen pomalu vymývají slinami, takže hořkost po spolknutí jen zvolna odeznívá. Podle našich zkušeností [1] se dosáhne maxima hořkosti teprve za 10–30 s po spolknutí doušku. Doznívání trvá i několik minut a značně závisí na hodnotiteli. Při hodnocení hořkosti jediným údajem (tzv. skalární hodnocení) je proto výsledek zatížen značnou chybou, i když se stanoví přesně čas, po kterém se intenzita hořkosti zaznamená, i další podmínky degustace.

Byla proto navržena metoda dynamická, která je podstatně přesnější. Při ní se stanoví celý časový průběh intenzity příslušné senzorické charakteristiky v závislosti na době od začátku degustace [2], která platí obecně. Pro stanovení hořkosti piva byl postup snadno adaptován [3]. Hořkost piva roste s rostoucím množstvím požitého nápoje [4] a maximální hořkosti se při trojnásobném ochutnání (což je doporučené minimum) dosáhne

zpravidla za 10–40 s po spolknutí vzorku. Vývoj hořkosti se sleduje po dobu asi 1–3 min v intervalu 10–20 s a stanoví se pak závislost hořkosti na čase.

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1. Materiál

Hodnotili jsme piva Staropramen 10 % a Staropramen 12 % (obojí vyrobena v únoru 1995). Piva byla v obou případech zchlazena na 8,0 °C.

2.2. Metodika

Hodnocení senzorické hořkosti proběhlo ve zkušební místnosti vybavené podle směrnice mezinárodní normy [6]. Pivo hodnotila skupina 13 školených osob, připravených pro tento úkol podle podmínek mezinárodní normy [7]. Hodnotitelé měli po zaškolení nejméně půlroční praxi v senzorickém hodnocení, do kterého bylo pravidelně zařazováno hodnocení piva. Ve shodě s našimi dřívějšími zkušenostmi [4] vypili hodnotitelé během 10 sekund (v intervalech po 5 sekundách) tři doušky piva, z nichž každý obsahoval přibližně 30 ml vzorku.

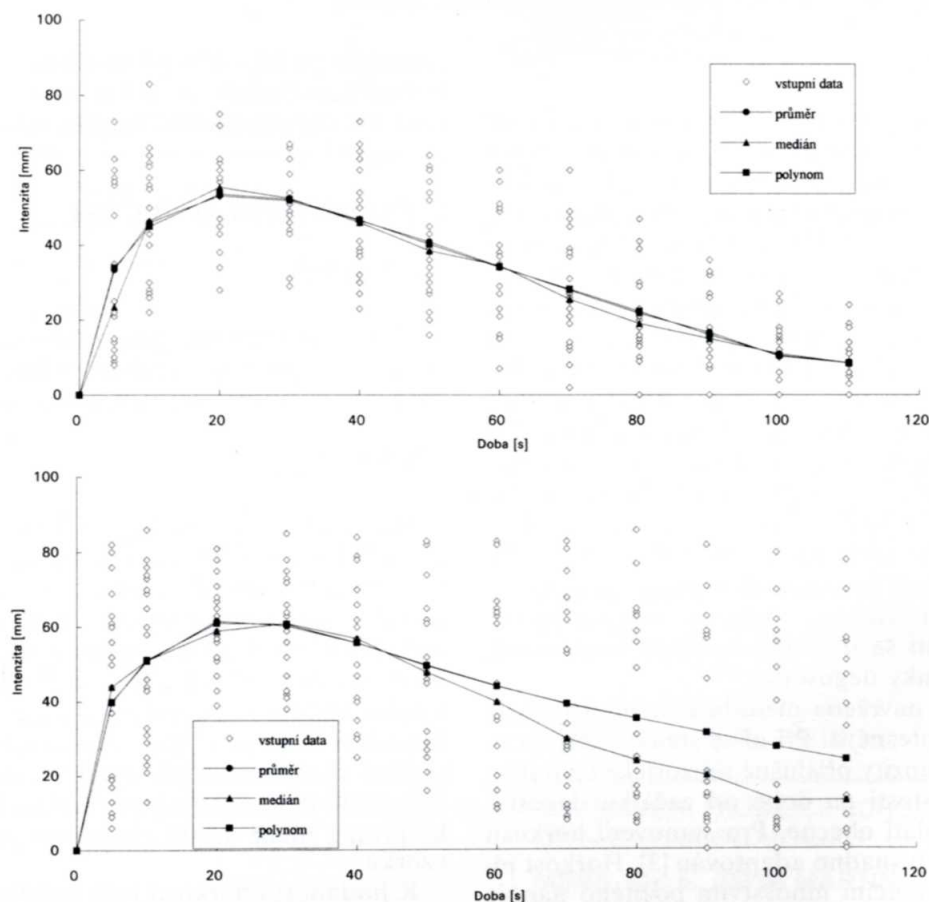
K hodnocení hořkosti byla použita grafická nestrukturovaná stupnice [8], představovaná úsečkou 100 mm dlouhou (0 mm = zcela nehořký vzo-

rek, 100 mm = velmi hořký vzorek). Intenzita hořkosti byla zaznamenána po vypití prvního doušku (před jeho spolknutím), potom při polykání třetího doušku a pak po jeho spolknutí každých 10 sekund až do 110 sekund.

Křivka závislosti hořkosti na čase byla konstruována po vypočtení průměrů výsledků jednotlivých hodnotitelů, mediánu jejich stanovení, nebo byla výsledky proložena křivka, odpovídající polynomu 5. stupně. Dále byly výsledky zpracovány metodou analýzy hlavních komponent (PCA) a křivka závislosti hořkosti na čase byla konstruována jako časová závislost skóre v příslušných hlavních komponentách. Jednotliví hodnotitelé byli zařazeni do skupin podle hodnot saturací v osách první a druhé hlavní komponenty.

Metoda analýzy hlavních komponent (obvykle označovaná zkratkou PCA) je používána ke zprůhlednění vztahů mezi sledovanými proměnnými nebo mezi vzorky a konečně také vztahů mezi analytickými proměnnými a jednotlivými vzorky navzájem. Matematické řešení vychází z předpokladu, že mnohé proměnné ze změřeného souboru proměnných spolu souvisejí (korelují). Jinak řečeno, v každé z nich se projevuje veličina nebo několik veličin, které nelze přímo měřit. Tyto veličiny, které nazýváme hlavními komponentami, lze odhalit

analýzou měřených proměnných (tedy výpočtem). Postup jejich získání (extrakce z naměřených dat) nazýváme analýzou hlavních komponent. Zásadní otázkou je, kolik těchto hlavních komponent je zapotřebí k tomu, aby se vztahy mezi původními proměnnými (tj. rozptýlenými vstupními daty) vysvětlily co možná nejpřesněji. Bude-li hlavních komponent méně než výchozích proměnných, bude možné původní proměnné nahradit menším počtem hlavních komponent a tak bude možné redukovat velké soubory dat, získané jako výsledky analýz. Budou-li např. hlavní komponenty pouze dvě, můžeme tato data znázornit v rovině při zachování dostatečného množství informací ukrytých ve vícerozměrných vstupních datech. Každá z hlavních komponent souvisí s původními proměnnými číselným údajem zvaným saturace. S analyzovanými vzorky pak souvisí číselným údajem zvaným skóre. Vynesením saturací proměnných v osách příslušných hlavních komponent zjistíme závislosti mezi původními proměnnými. Vynesením skóre vzorků v osách příslušných hlavních komponent lze studovat závislosti mezi vzorky. Jelikož metoda PCA nabývá velkou důležitost, např. právě při vyhodnocování výsledků senzorické analýzy, odkazujeme na příslušnou speciální literaturu, kde je možno získat podrobnější informace [9].



Obr. 1. Proložení průběhu časového vývoje hořkosti různými metodami

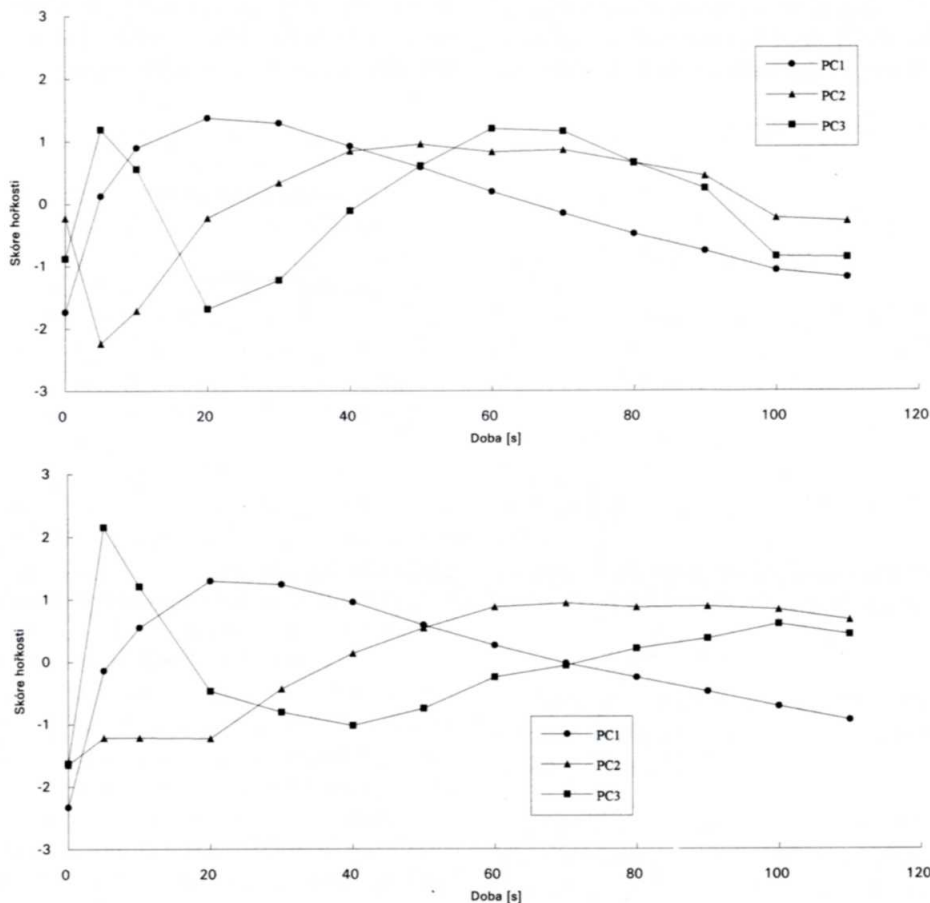
Horní část — 10% pivo, dolní část — 12% pivo, intenzita hořkosti vyjádřena v mm stupnice, doba v sekundách

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

Celkem bylo od každého vzorku získáno po 20 hodnoceních. Výsledky jednotlivých hodnotitelů vykazovaly značný rozptyl (*obr. 1*), a to hlavně u hořčího 12% piva. Při první metodě statistického zpracování jsme vypočetli průměrné hodnoty těchto 20 výsledků po každé době hodnocení

Druhou možností je vyjádřit průběh jako polynom. Jestliže jsme však vyjádřili časový průběh jako polynom 5. stupně (*obr. 1* a *tab. 2*), získali jsme ještě poněkud horší výsledky.

Při velkém rozptylu výsledků se často osvědčuje hodnota mediánu lépe než hodnota průměru sledovaného souboru. Vypočetli jsme proto mediány



Obr. 2. Časový průběh vyjádřený metodou PCA

Horní část — 10% pivo, dolní část — 12% pivo, intenzita je vyjádřena jako vypočtená hodnota skóre, doba v sekundách, PC1, PC2, PC3 — jednotlivé hlavní komponenty

a získali jsme tak časovou závislost (*obr. 1*), která však u 10% piva vysvětlovala jen něco přes polovinu a u 12% piva dokonce pouze necelou čtvrtinu veškeré proměnlivosti údajů, variability experimentálních dat (*tab. 1*).

Tabulka 1. Množství vysvětleného rozptylu vstupních dat v %

Pivo	Průměr	Medián	Polynom
10%	54,82	52,21	54,29
12%	23,17	17,18	22,28

výsledků při jednotlivých dobách a také časovou závislost takto získaných hodnot. Výsledky však byly překvapivě ještě horší než při předešlých dvou metodách.

Průběhy křivek jsou u všech výše uvedených způsobů hodnocení podobné (*obr. 1*). Ve všech případech se hořkost postupně vyvíjela během ochutnávání a po spolknutí třetího doušku. Maximální hořkosti se ve všech případech dosáhlo kolem 20 sekund od začátku ochutnávání, tedy za 10 sekund po spolknutí třetího doušku. Potom vjem hořkosti postupně klesal, ovšem u různých hodno-

Tabulka 2. Konstanty a regresní koeficienty rovnic pro aproximaci vstupních dat polynomem

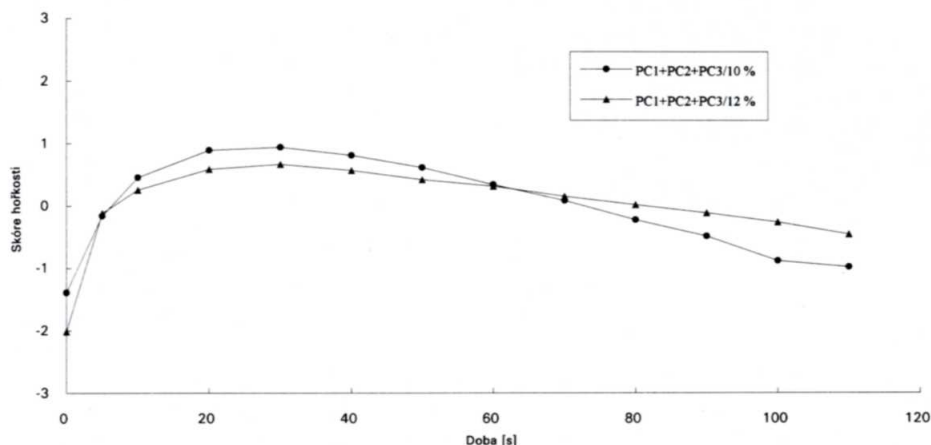
Pivo	b0	b1	b2	b3	b4	b5
10%	16,54396	4,247532	0,16571	0,002706	2,1E-05	6,46E-08
12%	22,50273	4,165067	0,15065	0,002247	1,6E-05	4,2E-08

titelů různou rychlostí. Po celou dobu se pivo 12% jevílo podle očekávání jako mírně hořčejší než pivo 10%.

Celkový charakter všech tří křivek se podobal křivkám získaným u hořkých likérů obsahujících hořčiny santalového dřeva [10] a dosti se podobal také hodnotám uvedeným v literatuře pro zahraniční piva [11]. I když křivky nevystihovaly přesně rozptyl výsledků, přece má časová křivka řadu výhod proti skalárnímu (jednorázovému) hodnocení

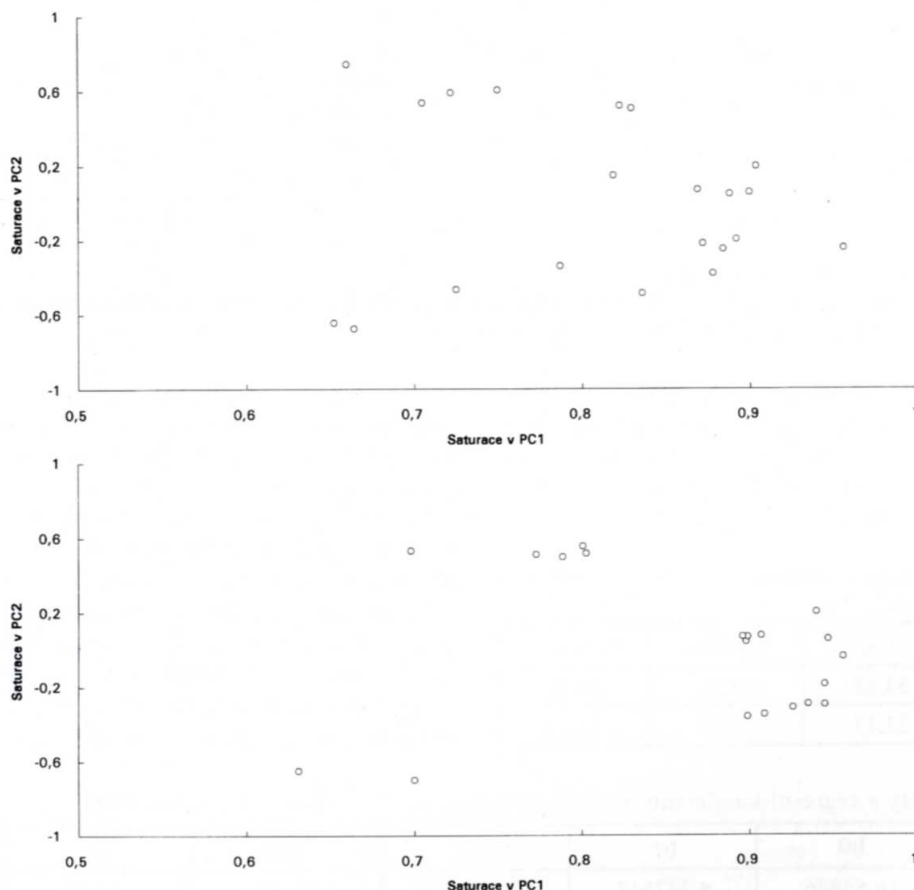
hořkosti. Je totiž možné z ní odečíst začátek reakce chuťových receptorů s hořkými látkami, dále dobu potřebnou k dosažení maximální hořkosti, maximální hořkost, dobu poklesu na poloviční hodnotu maxima a konečně dobu potřebnou k vymizení počítka hořkosti [12].

Vzhledem k tomu, že průměrné hodnoty neposkytly uspokojivou časovou závislost, zkoušeli jsme další možnosti. Jako nejvhodnější se nám jevila metoda analýzy hlavních komponent (PCA), při



Obr. 3. Časový průběh vyjádřený metodou PCA s použitím tří hlavních komponent

Kroužky — 10% pivo, trojúhelníčky — 12% pivo, intenzita je vyjádřena jako skóre vypočtené metodou PCA, doba je v sekundách



Obr. 4. Vliv času na průběh hořkosti piva vyjádřený v hodnotách saturace
Horní část — 10% pivo, dolní část — 12% pivo

níž se berou v úvahu komplexně časové křivky jednotlivých hodnotitelů. Tato metoda se nám osvědčila u hořkého likéru [13] a byla v zahraničí navržena i pro hodnocení hořkosti piva [3].

Tabulka 3. Množství vysvětleného rozptylu v % pro vyjádření hořkosti metodou PCA

Pivo	Hlavní komponenta			
	první	druhá	třetí	celkem
10 %	74,9	14,6	6,3	95,8
12 %	66,5	18,8	9,5	94,8

Již použitím jediné hlavní komponenty se výrazně zlepšilo vysvětlení proměnlivosti hodnocení hořkosti (obr. 2 a tab. 3) ve srovnání s uvedenou časovou závislostí průměrů. Další zlepšení přineslo zavedení druhé hlavní komponenty a užití třetí hlavní komponenty již vysvětlilo kolem 95 % veškeré proměnlivosti výsledků. Průběh křivek byl podobný, jaký zjistil Van Buuren [3]. Celkový průběh časové závislosti zahrnující všechny tři hlavní komponenty (obr. 3) optimálně vystihoval vývoj hořkosti při ochutnávání piva. Jelikož jde o výsledky PCA, je zde intenzita vyjádřena jako skóre (viz výše), nikoli v mm stupnice, jak je vyjádřena intenzita při původním měření.

Zavedení metody PCA bylo nutné proto, že odezvy jednotlivých hodnotitelů na podnět hořkých látek piva byly neobyčejně rozdílné. U některých hodnotitelů se hořkost při ochutnávání vyvíjela rychleji a po dosažení maxima rychleji klesala, kdežto u jiných se vyvíjela pomaleji a po posledním spolknutí také pomaleji odeznívala. Různé se projevovala hořkost také při pohybu doušku v ústech před spolknutím, proto průběh křivek znázorňujících závislost jednotlivých hlavních komponent na čase je v tomto období ochutnávání velmi rozdílný. Různost reaktivity je patrná z grafického znázornění na obr. 4. Zde vyjadřujeme rozdíly mezi hodnotiteli v hodnotách saturace, protože jde opět o výsledky PCA. Kdyby se všichni hodnotitelé chovali shodně, ležela by jejich odezva na stejném místě grafu. Ve skutečnosti jsou však jejich odezvy rozloženy na podkově ve volně navazujících shlucích. Variabilita není tedy způsobena jedním nebo dvěma anomálně hodnotícími jedinci, ale je celkem rovnoměrně rozložena a zřejmě je tedy vyvolána přirozenými rozdíly mezi hodnotícími osobami.

LITERATURA

- [1] ČEPIČKA, J., STREJČEK, F., POKORNÝ, J.: Monatsschr. Brauwissensch., **45**, 1992, s. 329
- [2] CLIFF, M., HEYMANN, H.: Food Res. Int., **26**, 1993, s. 375
- [3] BUUREN, S. van: Food Technol. (2), 1992, s. 101

- [4] POKORNÝ, J., KALINOVÁ, L., ČEPIČKA, J.: Nahrung, **38**, 1994, s. 339
- [5] STREJČEK, F., et al.: Potravn. vědy, **10**, 1992, s. 1
- [6] ISO 8589-1988: Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms, ISO, Ženeva
- [7] ISO 8586-1989: Sensory analysis — General guidance for the selection, training and monitoring of assessors — selected assessors, ISO, Ženeva
- [8] ISO 4121-1978: Sensory analysis — Grading of food products by methods using scale categories, ISO, Ženeva
- [9] HEBÁK, P., HUSTOPECKÝ, J.: Vícerozměrné statistické metody s aplikacemi. SNTL/ALFA, Praha, 1987.
- [10] POKORNÝ, J., KALINOVÁ, L., VELÍŠEK, J.: Potravn. vědy, **13**, 1995, č. 4
- [11] MacFIE, H. J. H., LIU, Y. H.: Food Technol., (11), 1992, s. 92
- [12] LAWLESS, H. T., CLARK, C. C.: Food Technol., (11), 1992, s. 81
- [13] BUUREN, S. van: Leiden Psychol. Rep., **2**, 1991, s. 1

Lektoroval doc. ing. J. Čepička, CSc.
Do redakce došlo 25. 6. 1995

Velíšek, J.—Kalinová, L.—Pokorný, J.: Moderní metody hodnocení senzorické hořkosti piva. Kvas. prům., **41**, 1995, č. 8, s. 223—238

Jednorázové (skalární) hodnocení hořkosti piva není dostatečně spolehlivé a mělo by se nahradit dynamickým hodnocením, tedy stanovením celé časové posloupnosti vývoje hořkosti při ochutnání. Stanovení časových průběhů průměrných hodnot hořkosti, mediánů nebo vyjádření pomocí polynomu špatně vystihuje variabilitu výsledků od jednotlivých hodnotitelů. Lépe se proto osvědčilo hodnocení výsledků metodou analýzy hlavních komponent (PCA), kde při zahrnutí příslušných skóre prvních tří hlavních komponent se vystihl rozptyl výsledků s 95 % přesností. Velký rozptyl výsledků lze vysvětlit přirozenou růzností odezvy na hořkost piva u jednotlivých hodnotitelů.

Velíšek, J.—Kalinová, L.—Pokorný, J.: Modern Methods used for Sensorial Beer Bitterness Evaluation. Kvas. prům., **41**, 1995, č. 8, s. 223—238.

One-way (scalar) evaluation of beer bitterness does not give sufficiently reliable results and for this reason should be replaced by a dynamic evaluation, eg. entire time sequence of bitterness development during testing. By time course of bitterness average values determination, medians or by means of polynom expression does not give satis-

factory results with respect to results variability gained from individual panellists. Better results gave therefore results evaluation by main components analysis method (PCA), where by corresponding scores of the first main components involvement, a dispersion of results was attained with 95% accuracy. The great extent of results dispersion can be explained owing to beer bitterness response by individual panellists.

Velíšek, J.—Kalinová, L.—Pokorný, J.: *Moderne Methoden zur Bewertung der sensorischen Bitterkeit des Bieres.* Kvas. prům., 41, 1995, Nr. 8, S. 223—238.

Die einschlägige (skalare) Bewertung der Bitterkeit des Bieres ist nicht genügend verlässlich und sollte durch eine dynamische Bewertung ersetzt werden, also durch die Bestimmung der ganzen Zeitsukzession der Entwicklung der Bitterkeit bei der Verkostung. Die Bestimmung der Zeitverläufe der durchschnittlichen Bitterkeitswerte, der Mediane sowie auch die Darstellung mittels Polynom bietet keine zutreffende Charakteristik der Variabilität der Ergebnisse von den einzelnen Verkostern. Bessere Ergebnisse lieferte deshalb die Bewertung der Ergebnisse durch die Methode der Analyse der Hauptkomponenten (PCA), wo bei der Eingliederung der betreffenden Skore der ersten drei Hauptkomponenten die Streuung der Ergebnisse mit einer 95% Genauigkeit erfasst wurde. Die grosse Streuung der Ergebnisse kann durch die natürliche Verschiedenheit der Reaktion auf die Bittere des Bieres bei den einzelnen Verkostern erklärt werden.

Велишек, Я.—Калинова, Л.—Покорны, Я.: *Современные методы оценки сенсорической горькости пива.* Квас. прум., 41, 1995, № 8, стр. 223—238.

Однократная (скалярная) оценка горькости пива не достаточно надежна, и следовало бы заменить ее динамической оценкой, т. е. определением всей динамической последовательности развития горькости при дегустации. Определение временного протекания средних величин горькости, медиан, или выражение при помощи полинома, плохо передает вариабильность результатов от отдельных оценивающих. Лучше поэтому оправдала себя оценка результатов методом анализа главных компонент, где при включении соответствующих скор первых трех главных компонент постиглось рассеивание результатов с 95 %-ной точностью. Большое рассеивание результатов можно объяснить естественной разницей отзвыва на горькость пива у отдельных оценивающих лиц.

HANNOVER 10. — 12. ŘÍJNA 1995

Z VÝZKUMU DO PRAXE

NOVÉ HORIZONTY BIOTECHNOLOGIE

Na vedoucím odborném veletrhu biotechnologií předvede na 450 vystavovatelů z celého světa nová řešení:

pro chemii, farmaceutický průmysl, výživu, zemědělství a ochranu životního prostředí.

Jedinečná možnost navštívit veletrh, kongres a doprovodný program.

Vystavovatelský program:

- molekulární biologie
- technika bioprocésů
- zařízení a investiční celky
- laboratorní přístroje a vybavení laboratoří
- biotechnologické produkty
- bioinformatika
- užití biotechnologií
- služby v biotechnologii

Využijte výhodné nabídky zájezdů s cestovní kanceláři.

BIO **BiOTECHNICA**
TECHNICA MEZINÁRODNÍ ODBORNÝ VELETRH PRO BIOTECHNOLOGIE

Další informace: Ing. Eva Václavíková, výhradní zastoupení
DEUTSCHE MESSE AG HANNOVER v ČR a SR, Myslbekova 7,
160 00 Praha 6, tel. a fax: 02/354231(po změně 20510057)

►PŘÍMÉ VYVOLÁNÍ INFORMACÍ FAXEM:

Po stisknutí tlačítka pro příjem zvolte číslo 0049-511-28 88-880
Poté stiskněte tlačítko start.

DEUTSCHE MESSE AG, HANNOVER/GERMANY