

# CHARAKTERIZACE PIVA ČESKÉHO TYPU

## CHARACTERIZING A CZECH-TYPE BEER

PAVEL ČEJKA, VLADIMÍR KELLNER, JIŘÍ ČULÍK, TOMÁŠ HORÁK, MARIE JURKOVÁ, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Pivovarský ústav Praha, Lípová 15, 120 44 Praha 2/Research Institute of Brewing and Malting, Plc, Brewing Institute Prague, Lípová 15, 120 44 Praha 2

**Klíčová slova:** pivo českého typu, chemická analýza, senzorická analýza, faktorová analýza, shluková analýza, fuzzy shlukování, regresní stromy

**Keywords:** czech type of beer, chemical analysis, sensory analysis, factor analysis, cluster analysis, fuzzy clustering, regression trees

### 1 ÚVOD

V letech 1999 až 2002 byl za finanční podpory Českého svazu pivovarů a sladoven řešen ve VÚPS výzkumný úkol, jehož cílem bylo exaktně charakterizovat tzv. pivo českého typu a určit technologické faktory, které mají na tento typ piva největší vliv.

Práce byla rozdělena do několika etap. Záměrem první etapy bylo přesně popsat pomocí nejmodernějších analytických, senzorických a statistických metod hlavní představitele českých piv. Dále byly hledány rozdíly mezi českými pivy uvažovanými jako celek a pivы zahraničními (typu ležák nebo Pils). Vybraná tuzemská a zahraniční piva byla podrobena komplexnímu analytickému rozboru a senzorickému posouzení. Byl zdokonalen a doplněn analyticko-statistický model umožňující důkladněji charakterizovat vzájemnou podobnost nebo naopak rozdílnost různých piv. Výsledky byly zpracovány pomocí matematicko-statistických metod (analýza rozptylu, faktorová analýza, shluková analýza, klasifikační stromy aj.) [1-4].

Další etapy byly zaměřeny na posouzení vlivu některých technologických parametrů, které nejvíce přispívají k charakteru obou skupin piv. Byl studován vliv použitého sladu, varního postupu a způsobu kvašení na analytické a senzorické vlastnosti piva.

### 2 CHARAKTERIZACE ROZDÍLŮ MEZI TUZEMSKÝMI A ZAHRANIČNÍMI PIVY

#### 2.1 Analytické parametry

##### 2.1.1 Metodický postup

V první etapě v roce 1999 bylo k výzkumu použito celkem 66 piv, z toho 32 českých a 34 zahraničních (z nich byla dvě piva slovenská). Ze zahraničních piv byla vybírána pouze spodně kvašená piva. Do výběru zahraničních piv byla zahrnuta pouze piva typu lager nebo Pils známých značek, která se vyrábějí ve velkých objemech a exportují se do zahraničí. Některé významné značky byly zastoupeny vícekrát, aby bylo možno posoudit kolísání senzorického profilu v rámci jedné značky. Dbalo se na to, aby piva stejných značek byla dodávána v určitém časovém posunu týdnů až měsíců. Snažili jsme se zachovat pravidlo analyzovat i senzoricky posuzovat piva co možná nejdříve po stočení, což však v případě některých zahraničních piv nebylo možné stoprocentně dodržet.

V roce 2002 bylo celé studium zopakováno na novém, ale menším souboru piv (od každé značky byl k dispozici pouze jeden vzorek) s cílem posoudit, zda nedošlo ke změnám, které by ovlivnily hodnocení z roku 1999.

Přehled použitých piv je uveden v *tab. 1 a 2*.

Nejprve bylo posouzeno analytické složení piv tuzemského původu ve vztahu k zahraničním pivům. Za tímto účelem byly vytvořeny dvě skupiny piv: do první byla zařazena tuzemská piva a do druhé piva zahraniční. Zahrnutí zahraničních piv do jedné skupiny lze považovat za oprávněné, neboť i když se jedná o piva různých značek různé provenience, vyráběná z různých surovin na rozdílném technologickém zařízení, všechna tato piva mají jedno společné: jsou vyráběna v podstatě uniformním intenzifikovaným technologickým postupem (někdy jsou tato piva označována jako tzv. „europiva“). Jednotlivé analytické parametry obou skupin piv byly porovnány Studentovým t-testem, na jehož základě lze usuzovat, zda existují statisticky významné rozdíly v analytických parametrech mezi zkoumanými pivy.

Pivovarsky důležité parametry, ve kterých byly zjištěny statisticky významné rozdíly v roce 1999 i v roce 2002, jsou uvedeny v *tab. 3*. V českých pivech byl také zjištěn statisticky vyšší obsah některých mastných kyselin (máslé, dekanové, laurové a palmitové) [4].

Názorně jsou zobrazeny rozdíly v jednotlivých analytických parametrech na tzv. krabicových grafech (Box and Whisker plot) na *obr. 1-5* (na souboru piv z roku 2002). Krabicový graf vypadá jako krabice, kde nalevo od levé svislé hrany krabice leží 25 % hodnot, uv-

### 1 INTRODUCTION

During 1999–2002 the RIBM conducted a research project directed to characterizing the co-called Czech-type beer and determining the technological factors that have the greatest influence on this type of beer. The project was supported by the Czech Beer and Malt Association.

The work itself was divided into several phases. The aim of the first phase was to describe the main Czech brands of beer using the most advanced analytical, sensory and statistical methods. We also searched for difference between Czech beers as a whole and foreign beers (lager or Pils type). Selected Czech and foreign beers were put through a complex analysis and sensory assessment. The analytical-statistical model, which helps in a thorough characterization of similarities and differences between various beers, was improved and extended. The results were processed using mathematical-statistical methods (dispersion analysis, factor analysis, cluster analysis, classification trees, etc.) [1-4].

Subsequent phases of the project aimed at evaluating some technological parameters which mostly contribute to the character of both groups of beers. We studied the influence of malt, the brewing process and fermentation methods on the analytical and sensory characteristics of the beer.

### 2 CHARACTERIZING DIFFERENCES BETWEEN CZECH AND FOREIGN BEERS

#### 2.1 Analytical parameters

##### 2.1.1 Procedures

The research performed in the first phase, i.e. in 1999, included a total of 66 beers, out of which 32 were Czech and 34 were foreign (two of the foreign beers were from Slovakia). The foreign beers were exclusively bottom-fermented ones. When selecting the foreign beers we saw to it that only lager- or Pils-type beers from well-known breweries, produced in large volumes and exported into foreign lands, were involved in this selection. Some of the important brands were put through the test more times than just once, so that we could assess the variation of the sensory profile within one brand. When acquiring more samples of one brand, care was taken to ensure that the beers were delivered successively with a delay of several weeks or months. At all times, effort was made to analyse and evaluate, in terms of sensory properties, the beers as soon as possible after bottling. However, this was not always possible with some of the foreign beers.

The whole study was performed once more in 2002 with a smaller set of samples (one for each beer brand) in order to assess any changes that could influence the 1999 evaluation.

The list of used beer is mentioned in the *Tables 1 and 2*.

The first parameter that we evaluated was the analytical composition of Czech beers compared to the foreign beers. For the purpose, the beers were divided into two groups. The first group consisted of Czech beers and the other of foreign ones. Even though the foreign beers are of different brands, come from various countries and are produced by different technologies, all of them have something in common. They are produced with the use of a uniform intensified technological process (they are sometimes called „Eurobeers“). This should justify the fact that they were placed into a single group. Individual analytical parameters of both beer groups were compared using the Student's t-test. Using the data from this test, we can determine whether there are any statistically important differences between the analytical parameters of the two groups.

Brewery parameters which showed statistically important differences in 1999 as well in 2002 are listed in *Table 3*. Czech beers also showed statistically higher amounts of several fatty acids (butyric, decanoic, lauric and palmitic acid) [4].

The differences in individual analytical parameters are shown in *Fig. 1-5* in so-called box graphs (Box and Whisker plot) (data from

Tab. 1/Table 1 Přehled studovaných piv v roce 1999/Beers studied in 1999

Značka ležáku nebo Pils/ Lager or Pils brand	Země původu/ Land of origin	Počet vzorků/ Number of samples	Značka ležáku nebo Pils/ Lager or Pils brand	Země původu/ Land of origin	Počet vzorků/ Number of samples
Samson, JČP	ČR/CR	1	Kirin Beer	Japonsko/ Japan	1
Krystal, JČP	ČR/CR	1	Kirin Ichiban	Japonsko/ Japan	1
Staropramen, PP	ČR/CR	3	Amstel Beer	Nizozemsko/ Netherlands	1
Radegast	ČR/CR	3	Heineken	Nizozemsko/ Netherlands	3
Starobrno	ČR/CR	2	Tuborg	Dánsko/ Denmark	1
Krušovice	ČR/CR	3	Tuborg Der durstige Mann	Dánsko/ Denmark	1
Velkopopovický kozel	ČR/CR	2	Tuborg De luxe Beer	Dánsko/ Denmark	1
Hostan, Znojmo	ČR/CR	2	Carlsberg	Dánsko/ Denmark	4
Pilsner Urquell	ČR/CR	4	Carlsberg Elephant Beer	Dánsko/ Denmark	1
Gambrinus	ČR/CR	4	Paulaner	Německo/ Germany	1
Budvar	ČR/CR	4	Radeberger	Německo/ Germany	1
Bernard	ČR/CR	1	Oktoberfest Bier (Paulaner)	Německo/ Germany	1
Břežňák, Vyškov	ČR/CR	1	Bitburger	Německo/ Germany	2
Kumburák, Nová Paka	ČR/CR	1	Jever	Německo/ Germany	2
Stein	Slovensko/ Slovakia	1	Binding	Německo/ Germany	1
Golden Pheasant	Slovensko/ Slovakia	1	Warsteiner	Německo/ Germany	1
Kronenbourg	Francie/ France	1	Warsteiner Premium	Německo/ Germany	1
Kronenbourg 1664	Francie/ France	1	Löwenbräu	Německo/ Germany	1
Stella Artois	Belgie/ Belgium	1	Veltins	Německo/ Germany	1
Budweiser	USA	2	Zipfer	Rakousko/ Austria	1

nitř 50 % hodnot a vpravo od pravé svislé hrany 25 % hodnot. Svislá čára uvnitř obdélníku označuje medián, křížek značí průměr. Nalevo i napravo z obdélníku vycházejí vodorovné paprsky (vousy), jejichž konce označují minimální a maximální hodnotu. To ale jen v případě, že neexistují žádné extrémní hodnoty. Pokud se v souboru vyskytují, jsou vyznačeny jako individuální body.

### 2.1.2 Použité statistické metody a jejich diskuse

Aby bylo možno zhodnotit analytický profil jednotlivých piv vcelku, byly získané výsledky zpracovány pomocí statistických metod. Jejich hlavním cílem bylo nalézt skryté vztahy jak mezi proměnnými, tak mezi jednotlivými objekty.

Velmi dobře rozdíl mezi oběma skupinami piv charakterizují vícerozměrné statistické metody faktorová a shluková analýza [5, 8]. **Faktorová analýza** redukuje vyšší počet proměnných na nižší (dva až tři) a lze tak vyčistit podobnost mezi objekty. Z obr. 6, který mapuje situaci v r. 1999, vyplývá, že pomocí faktorové analýzy se piva rozřadila do dvou skupin. Piva jsou označena kódy, T značí tuzemská piva, Z zahraniční (S jsou slovenská piva). Piva jedné značky obsahují ve svém kódu ještě další písmeno. V první skupině se nalézá většina tuzemských piv a ve druhé skupině většina zahraničních piv (zajímavé je, že jedno slovenské pivo se zařadilo mezi tu-

the 2002 beer set). The box graph looks like a box, where 25% of the values lie on the left side of the left vertical edge of the box, 50 % of the values lie inside the box and the other 25 % lie on the right side of the right vertical edge. The vertical line inside the rectangle represents the median the cross represents the average value. There are also horizontal „rays“ coming out of the rectangle on both sides. The ends of these rays represent the minimal and maximal values, but only when there are no extreme values. If such values occur, they are plotted as individual points.

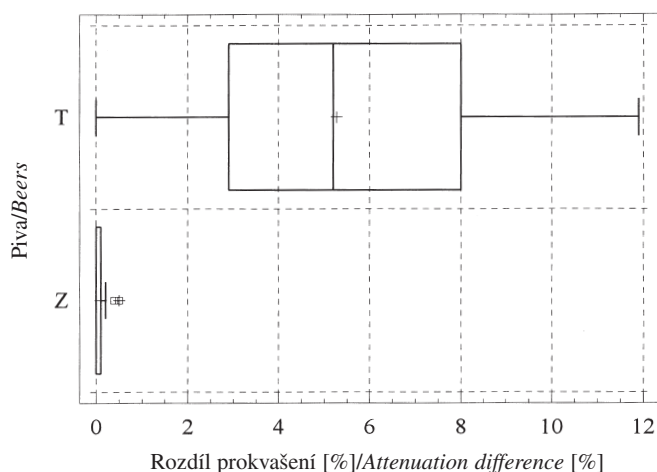
### 2.1.2 Statistical methods and their discussion

We processed the test data by statistical methods in order to evaluate the statistical profiles of each beer as a whole. The main objective was to find possible hidden relations between the variables as well as between individual objects.

Multidimensional statistical methods (factor analysis and cluster analysis) [5, 8] can very well characterize the differences between the two beer groups. **Factor analysis** reduces the large number of variables to merely two or three so that similarities between the objects can be recognized. Fig. 6, which maps the situation in 1999, shows that factor analysis divided the beers into two groups. The beers are marked T for Czech beers, Z for foreign (S for Slovak beers).

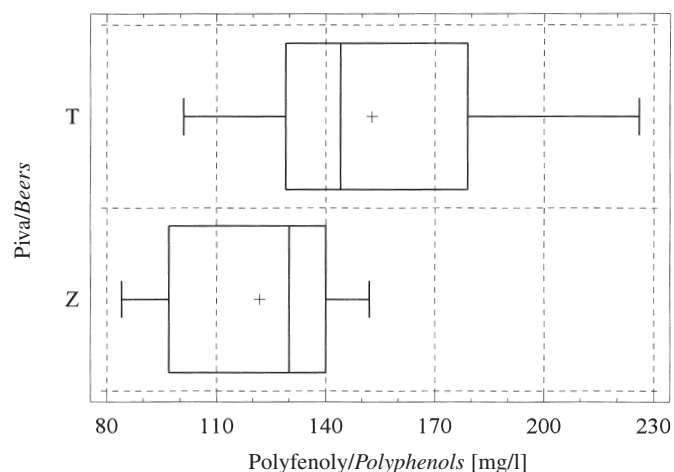
Tab. 2/Table 2 Přehled studovaných piv v roce 2002/Beers studied in 2002

Označení piva/ Beer brand	Země původu/ Land of origin	Označení piva/ Beer brand	Země původu/ Land of origin	Označení piva/ Beer brand	Země původu/ Land of origin
Bernard 4,7%	ČR/CR	Hostan Premium	ČR/CR	Paulaner Premium Pils	Německo/ Germany
Bernard 4,5%	ČR/CR	Zubr Premium	ČR/CR	Veltins	Německo/ Germany
Ostravar Premium	ČR/CR	Litovel Premium	ČR/CR	Warsteiner Premium Verum	Německo/ Germany
Herold	ČR/CR	Staropramen Ležák	ČR/CR	Lowenbrau Premium Pils	Německo/ Germany
Pilsner Urquell	ČR/CR	Krušovice Imperiál	ČR/CR	Stella Artois	Belgie/ Belgium
Gambrinus	ČR/CR	Budvar	ČR/CR	Heineken	Nizozemsko/ Netherlands
Regent premium	ČR/CR	Radegast Premium	ČR/CR	Amstel	Nizozemsko/ Netherlands
Břežňák	ČR/CR	Chodovar Prezident	ČR/CR	Kronenbourg 1664 Premium	Francie/ France
Budweiser Burgerbrau	ČR/CR	Starobrno	ČR/CR	Tuborg Premium	Dánsko/ Denmark
Samson	ČR/CR	Bitburger Premium Pils	Německo/ Germany	Budweiser	USA
Platan Jedenáct	ČR/CR	Zipfer Premium	Rakousko/ Austria	Kirin Lager	Japonsko/ Japan
Platan Premium	ČR/CR	Radeberger Pilsner	Německo/ Germany	Kirin Ichiban	Japonsko/ Japan



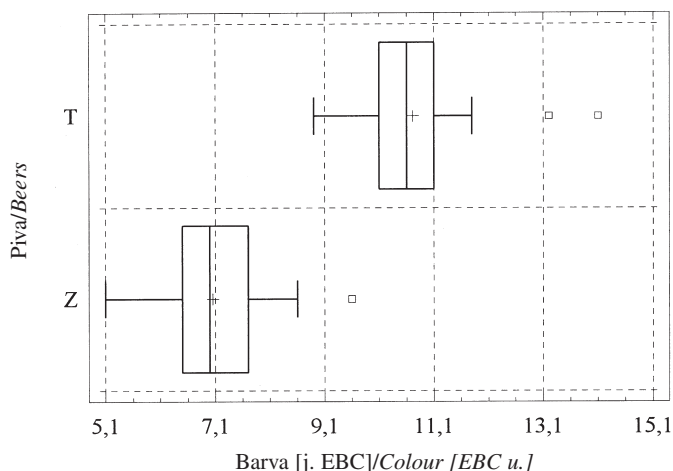
T – tuzemská/inland  
Z – zahraniční/foreign

Obr. 1/Fig. 1 Krabicový graf rozdílu mezi dosažitelným a zdánlivým prokvašením (%) v tuzemských a zahraničních pivech (rok 2002)/Box chart of the difference between the apparent and final attenuation (%) in Czech and foreign beers (2002)



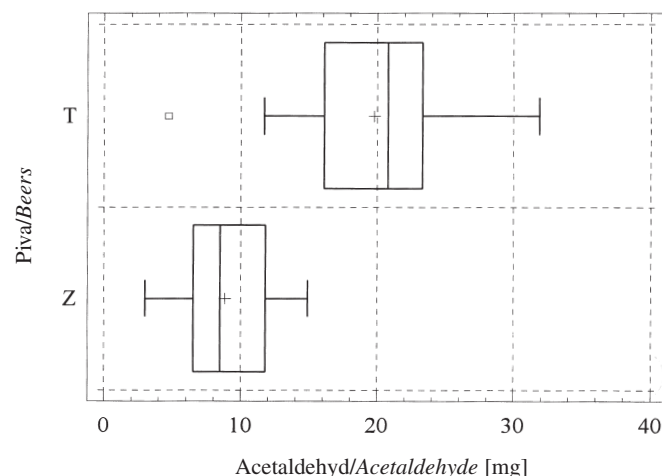
T – tuzemská/inland  
Z – zahraniční/foreign

Obr. 4/Fig. 4 Krabicový graf obsahu polyfenolů v tuzemských a zahraničních pivech (rok 2002)/Box chart of polyphenol content in Czech and foreign beers (2002)



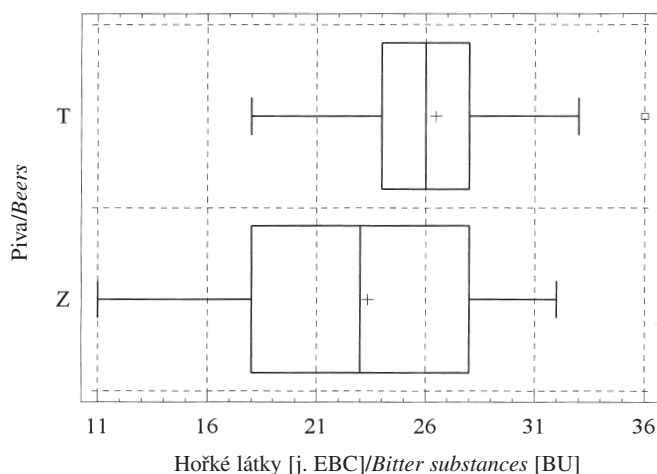
T – tuzemská/inland  
Z – zahraniční/foreign

Obr. 2/Fig. 2 Krabicový graf hodnoty barvy tuzemských a zahraničních piv (rok 2002)/Box chart of colour values of Czech and foreign beers (2002)



T – tuzemská/inland  
Z – zahraniční/foreign

Obr. 5/Fig. 5 Krabicový graf obsahu acetaldehydu v tuzemských a zahraničních pivech (rok 2002)/Box chart of acetaldehyde content in Czech and foreign beers (2002)



T – tuzemská/inland  
Z – zahraniční/foreign

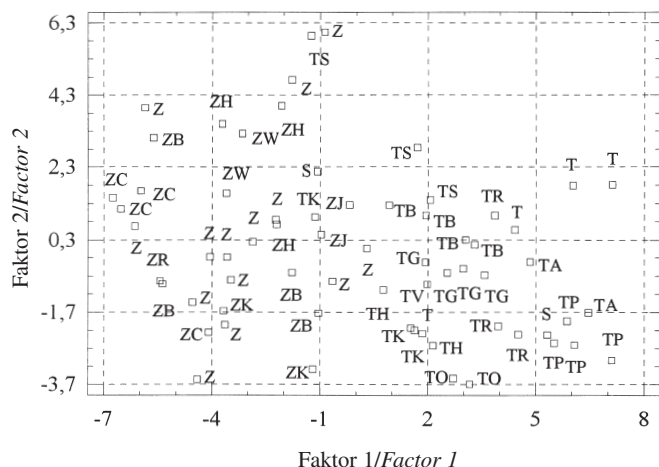
Obr. 3/Fig. 3 Krabicový graf obsahu hořkých látek v tuzemských a zahraničních pivech (rok 2002)/Box chart of the content of bitter substances in Czech and foreign beers (2002)

Tab. 3/ Table 3 Parametry se statisticky rozdílným obsahem v tuzemských a zahraničních pivech/ Parameters with statistically different contents in Czech and foreign beers

Analytické parametry/Analytical parameters		
Rozdíl prokvašení (T)/Attenuation difference (T)	Hořké látky (T)/Bitter substances (T)	Acetaldehyd (T)/Acetaldehyde (T)
Barva (T)/Colour (T)	Celkové polyfenoly (T)/Total polyphenols (T)	Pentandion (T)/Pentanedione (T)
pH (T)/pH (T)		Propanol (Z)/Propanol (Z)

Pozn./Note: V závorce je uvedena skupina piv, kde je obsah statisticky vyšší/The letter in the brackets denotes the group that showed statistically higher contents.

(T) – tuzemská piva/Czech beers  
(Z) – zahraniční piva/Foreign beers



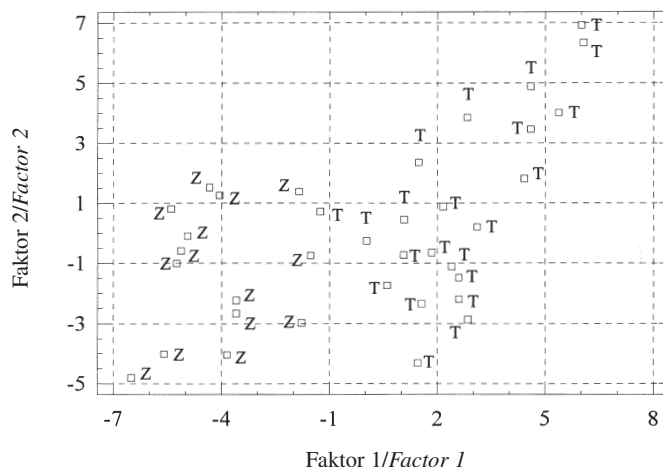
Obr. 6/ Fig. 6 Faktorová analýza – bodový graf analytických parametrov piv (rok 1999)/Factor analysis – scatterplot of analytical beer parameters (1999)

zemská piva, zatímco druhé mezi zahraniční). Z *obr. 6* je dále patrné, že piva jedné značky (i když byla odebírána v různých časových intervalech) se většinou nalézají blízko sebe. Stejný postup byl aplikován na data z roku 2002 (*obr. 7*), zde však bylo k dispozici od jedné značky pouze jedno pivo, a proto kódy obsahují jen písmena T nebo Z.

Další vícerozměrná metoda, **shluková analýza**, se zabývá zkoumáním podobnosti vícerozměrných objektů (objektů, u nichž je změřeno větší množství proměnných) a jejich tříděním do shluků (skupin). Nejvíce přehledným výstupem shlukové analýzy je tzv. dendrogram (stromový diagram), z něhož je dobře patrna hierarchická struktura objektů ve shlucích. Výsledek shlukové analýzy je znázorněn na *obr. 8 a 9*. Je zřejmé, že pomocí této metody lze zřetelně od sebe oddělit jednotlivé značky a že rozptýl uvnitř těchto značek je většinou nižší než mezi značkami. Výsledky shlukové analýzy v podstatě potvrzují výsledky faktorové analýzy v tom, že existuje podobnost mezi českými pivy na jedné straně a zahraničními na straně druhé.

Mezi významné vícerozměrné statistické metody patří ještě **diskriminační analýza**, která umožňuje klasifikovat jednotlivé objekty do předem zvolených skupin na základě vybraných parametrů. Pro jednoduchost bylo zvoleno pouze pět parametrů, a to rozdílné prokvašení, barva, pH, obsah hořkých látek a obsah polyfenolů. Předem zvolené skupiny piv byly dvě, naše a zahraniční. Zpětné hodnocení ukázalo, že tato metoda byla z 97 % úspěšná, čili máme-li k dispozici neznámé pivo a provedeme u něho těchto pouhých pět analýz, s 97% pravděpodobností správně určíme, do které skupiny patří. Náhornou ukázkou klasifikace pomocí diskriminační analýzy je *obr. 10*. Jedná se o pseudotrojrozměrný obrázek, kde byly vybrány tři faktory z pěti a je dobře patrné, jak jsou obě skupiny piv od sebe odděleny.

K rozlišení skupiny tuzemských a zahraničních piv lze využít úspěšně ještě dalších metod. Jednou z nich je tzv. **fuzzy shlukování**. Tato metoda zobecňuje všechny shlukovací metody tím, že umožňuje shlukování jednoho objektu do více než jednoho shluku, zatímco v běžném shlukování je každý objekt členem pouze jednoho shluku. Je určena pravděpodobnost, s jakou se objekt zařazuje do toho či onoho shluku, čili jinými slovy, přítomnost objektu je rozdělena do všech shluků. Celý proces se nazývá „fuzzifikací shlukové konfigurace“. Ze souboru dat z roku 2002 bylo vybráno 5 základních parametrů, které jsou prioritní pro rozlišení tuzemského a zahraničního piva (rozdílí prokvašení, barva, pH, hořké látky a polyfenoly) a soubor piv byl klasifikován do dvou shluků (každé pivo je zařazeno částečně do obou shluků [4]). Míru rozlišení znázorňuje *obr. 11*, tzv. diagram siluety. Na obrázku



Obr. 7/ Fig. 7 Faktorová analýza – bodový graf analytických parametrov piv (rok 2002)/Factor analysis – scatterplot of analytical beer parameters (2002)

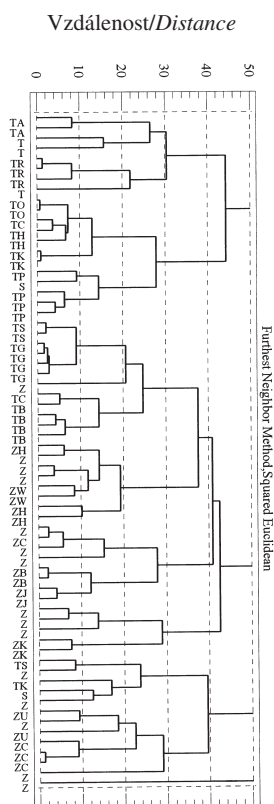
Beers of the same brand have an additional letter in their code. The first group contains most of the Czech beers the other group contains most of the foreign ones. (It is interesting that one of the Slovak beers classed among the Czech beers, whereas the other was placed into the foreign beer group.) Furthermore, *Fig. 6* shows that beers of the same brand (even though they were delivered at different time points) usually end quite close to each other. The data from 2002 (*Fig. 7*) were put through the same process, but there was only one beer per brand in this set, so the codes are only T or Z.

The other multidimensional method, the **cluster analysis**, deals with similarities of multidimensional objects (objects with higher numbers of variables) and divides them into clusters (groups). The best understandable output of the cluster analysis is the so-called dendrogram (tree chart), which nicely illustrates the hierarchical structure of the objects in the clusters. *Figs. 8 and 9* contain the output of the cluster ana-

lysis. It is obvious that this method can clearly separate the brands from each other and that the scatter inside the brands is usually lower than the inter-brand scatter. Actually, the results of cluster analysis confirm the results of factor analysis in that, on the one hand, there is a similarity among the Czech beers and on the other a similarity among the foreign beer brands.

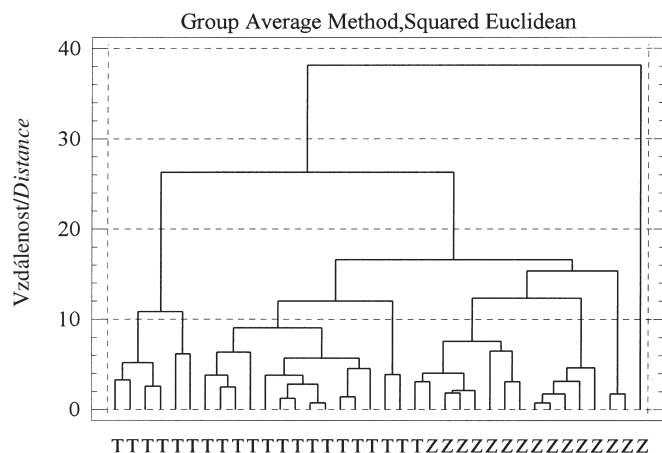
Another important multidimensional statistical method, **discrimination analysis**, can divide individual objects into preselected groups according to selected parameters. We selected five parameters – attenuation difference, colour, pH, content of bitter substances and content of polyphenols – in two beer preselected groups, Czech and foreign. Back evaluation of success of the discrimination showed that the method was 97 % successful, in other words, if we perform these five tests with an unknown beer, there is a 97% probability of putting it into the correct group. *Fig. 10* is a good example of classification using the discrimination analysis. It is a pseudo-three-dimensional picture with three selected factors (out of the five) and it is clear how the two groups are separated from each other.

There are also other methods that can be successfully used to distinguish the Czech beer group from the foreign. One of them is the so-called **fuzzy-clustering**. This method generalizes all the clustering methods, because it permits the placing of a single object into more clusters, whereas in the other methods one object can be a member of only one cluster. Actually, the method merely defines the probability with which the object can be placed into each cluster. In other words, the presence of the object is divided among all clusters. The whole process is called the „fuzzification of cluster configuration“. Five basic parameters, which are crucial for telling a Czech beer from a foreign one (attenuation difference, colour, pH, bitter substances and polyphenols), were selected from the 2002 data. The beer set was classi-



*Obr. 8/ Fig. 8 Shluková analýza – dendrogram piv roztríděných podle analytických parametrů (rok 1999)/ Cluster analysis – dendrogram of beers sorted by their analytical parameters (1999)*



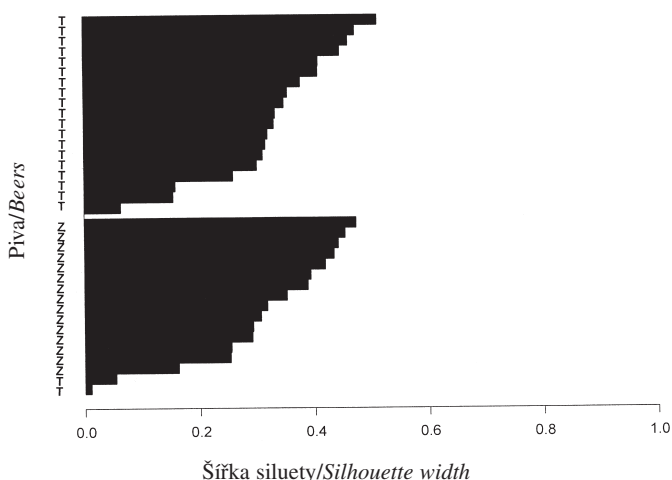


T – tuzemská piva/inland beers  
Z – zahraniční piva/foreign beers

Obr. 9/Fig. 9 Shluková analýza – dendrogram piv rozříděných podle analytických parametrů (rok 2002)/Cluster analysis – dendrogram of beers sorted by their analytical parameters (2002)

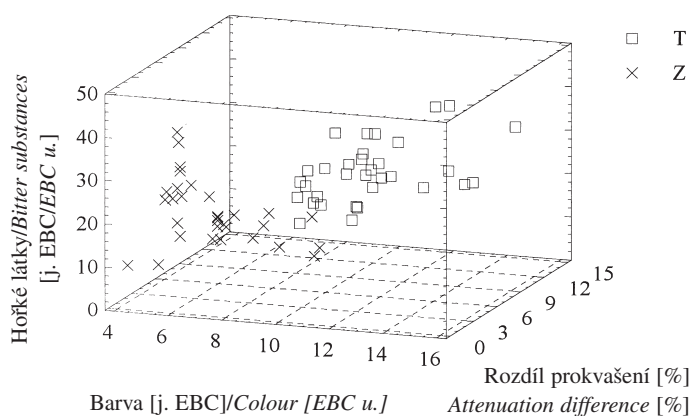
jsou vidět dvě siluety, v první jsou všechna česká piva, ve druhé všechna zahraniční včetně dvou českých piv. Obr. 12 (tzv. „clusplot“ – shlukový graf) rovněž potvrzuje dobré rozlišení obou skupin. Tato metoda, aplikovaná na výsledky z roku 1999, rovněž rozdělila piva na dva shluky, v prvním jsou pouze česká piva a jedno zahraniční a ve druhém pouze zahraniční (chyba činila 1/66, tj. méně než 2 %) [4].

Další statistickou metodou, jejíž praktické využití se zejména v poslední době velmi rozšířilo, jsou **regresní** nebo **klasifikační stromy** [4]. Pokud tuto metodu použijeme pro data z roku 1999 a budeme opět vycházet ze základních pěti parametrů, dostaneme následující regresní strom (obr. 13), který lze interpretovat takto: pokud je rozdíl prokvašení větší než 1,35 %, jedná se o tuzemské pivo; je-li nižší a barva je vyšší než 10,25, jde opět o tuzemské pivo, je-li barva nižší než 10,25, jedná se o pivo zahraniční. Rozhodujícím parametrem je rozdíl prokvašení, druhým barva (pH, izosloučeniny a polyfenoly byly ignorovány). Je zřejmé, že k rozlišení tuzemského a zahraničního piva postačily dva parametry, k chybě došlo pouze při zařazení 3 objektů ze 66, tj. 4,5 %. Aplikace metody na data z roku 2002 znázorňuje obr. 14. Tentokrát se stala rozhodujícím parametrem barva, druhý a postačující je rozdíl prokvašení (chyba je 1/36, tj. asi 3 %). Vzhledem k tomu, že rozdíl prokvašení je časově náročnější analýza a ze základních parametrů ji vyřadíme, potom jako hlavní parametr zůstává barva a na druhém místě se objevil obsah hořkých látek (izosloučenin) (obr. 15). Chyba klasifikace zůstává stejná, a to 3 %.



T – tuzemská/inland  
Z – zahraniční/foreign

Obr. 11/Fig. 11 Fuzzy shlukování – diagram siluety/Fuzzy clustering – contour diagram

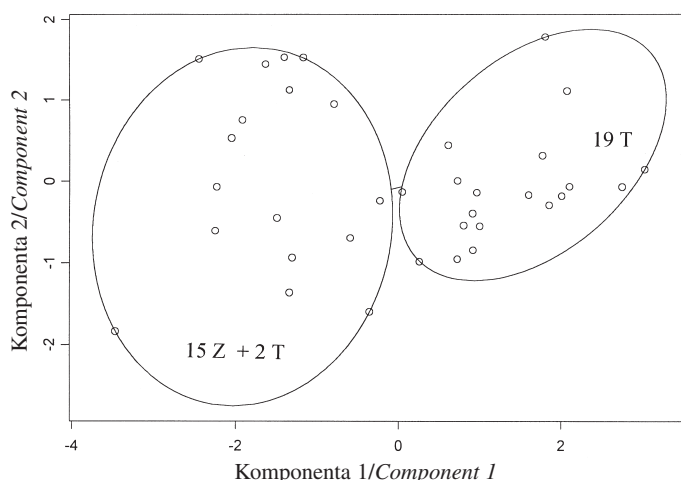


T – tuzemská piva/inland beers  
Z – zahraniční piva/foreign beers

Obr. 10/Fig. 10 Diskriminační analýza souboru tuzemských a zahraničních piv – bodový graf tří vybraných parametrů/Discrimination analysis of a set of Czech and foreign beers – scatterplot of three selected parameters

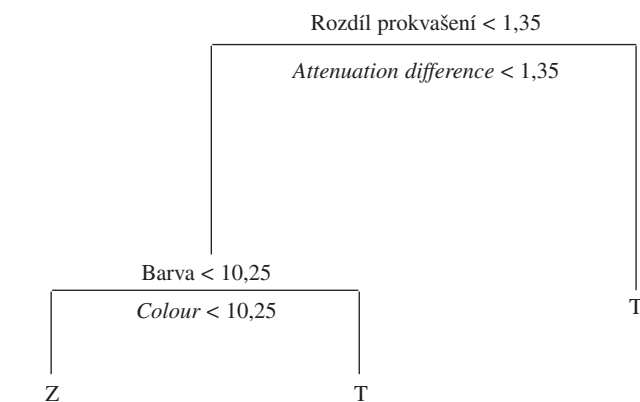
fied into two clusters (each beer is a partial member of both groups [4]). The degree of separation is shown in Fig. 11 on a so-called contour diagram. There are two contours in the diagram one contains all the Czech beers, the other contains all the foreign beers including two Czech ones. Fig. 12 (so-called „clusplot“ – cluster diagram) also confirms the separation of the two groups. Applied to the results from 1999, this method also divided the beers into two groups. The first group contained all Czech beers and one foreign, the other contained only foreign beers (the error was 1/66, i.e. less than 2 %) [4].

Another statistical method, which has lately been widely used, is the **regression** or **classification trees** [4]. If we apply this method on the 1999 data and keep our five basic parameters, we obtain a regression tree (Fig. 13) which can be interpreted as follows: if the attenuation difference is higher than 1,35 %, the beer is a Czech-type if it is lower than 1,35 % and the colour is higher than 10,25, the beer is again a Czech-type if the colour is lower than 10,25, it is a foreign beer. The most important parameter was the attenuation difference, colour was on the second place (pH, iso-compounds and polyphenols were ignored). It is obvious that two parameters were sufficient to tell a Czech beer from a foreign one. An error occurred in only three objects out of 66, i.e. 4,5 %. The method was also applied to 2002 data (Fig. 14). This time, colour was the decisive parameter, attenuation difference being the second and sufficient one (the error was 1/36, i.e. 3 %). In view of the fact that the attenuation difference analysis is a more time-consuming and can be discarded from the basic parameters, colour remained the main parameter, the content of bit-



T – tuzemská piva/inland beers  
Z – zahraniční piva/foreign beers

Obr. 12/Fig. 12 Fuzzy shlukování – shlukový graf (clusplot)/Fuzzy clustering – cluster diagram (clusplot)



T – tuzemská piva/inland beers  
Z – zahraniční piva/foreign beers

Obr. 13/Fig. 13 Klasifikační strom souboru piv (rok 1999)/Beer set classification tree (1999)

## 2.2 Senzorická analýza

Výsledky senzorické analýzy byly podrobeny stejným procedurám jako analytické výsledky. Při jejich hodnocení je třeba si uvědomit, že bývají zatíženy mnohem větším rozptylem, než je tomu u výsledků chemické analýzy. Přesto je možné pomocí statistických metod vytvářet různé skryté vztahy mezi jednotlivými objekty, tedy pivy.

Celkově lze říci, že tuzemská piva mají vyšší plnost, hořkost a doznívání hořkosti. V zahraničních pivech byl naopak zaznamenán vyšší výskyt kyselé a sladké chuti. Ve většině zahraničních piv však byla zjištěna přítomnost některých pro česká piva méně přijatelných chutí a vůní.

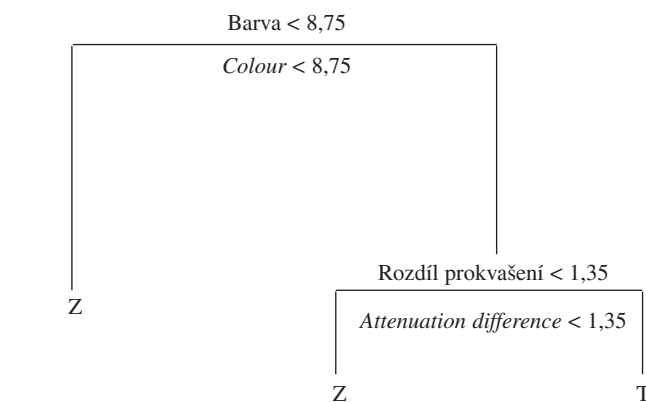
V tomto místě je třeba upozornit na skutečnost, že senzorické hodnocení bylo prováděno českou degustační komisí, a je tedy třeba považovat je v určitém smyslu za subjektivní, zejména pokud jde o přítomnost některých cizích chutí a vůní. Jistě se najde dost cizinců, kteří dají přednost pivům prázdnějším a méně výrazným.

Výsledek faktorové analýzy senzorických dat je znázorněn na následujících obrázcích. Na obr. 16 je vidět „senzorická mapa“ piv zařazených do souboru (tzv. bodový graf), zatímco obr. 17 představuje tzv. graf komponentních vah a je z něj patrné umístění jednotlivých senzorických parametrů. Oba grafy si je možné představit na sobě, to znamená, že u piv v té které části grafu převládají senzorické parametry umístěné ve stejné části grafu. Většina českých piv se nalézá v levé a spíše horní polovině grafu, a některé značky lze od sebe relativně dobře odlišit. Směrem k pravé části grafu se umístila piva s vyšším výskytem cizích vůní a chutí, a proto se v této části nalézají zejména zahraniční piva. Některé zahraniční značky byly hodnoceny vcelku příznivě, což se projevilo i jejich umístěním v „senzorické mapě“.

## 2.3 Definování piva českého typu

Chceme-li vyslovit nějakou definici „piva českého typu“, můžeme to provést na základě předchozích výsledků. Pokud jde o chemické složení, lze v prvním přiblížení zřejmě vystačit s rozbořením zahrnujícím základní chemické parametry. Aby bylo možno tyto rozdíly kvantifikovat, bylo třeba najít tzv. mezní hodnoty, tj. hodnoty, které určují, kdy je rozdíl mezi oběma skupinami piv největší. Řešení tohoto problému vychází z následujícího přístupu: jako příklad je uveden obr. 18 pro parametr barva, na kterém je zobrazena hustota pravděpodobnosti výskytu hodnot barvy pro skupinu tuzemských a zahraničních piv. Graf se skládá ze dvou křivek s přibližně normálním rozdělením. Tam, kde se obě křivky protínají, leží zmiňovaný nejlepší odhad mezní hodnoty.

Česká piva v drtivé většině



T – tuzemská piva/inland beers  
Z – zahraniční piva/foreign beers

Obr. 14/Fig. 14 Klasifikační strom souboru piv – a (rok 2002)/Beer set classification tree – a (2002)

ter substances (iso-compounds) appearing in the second position (Fig. 15). The error in classification remained the same – 3 %.

## 2.2 Sensory analysis

The results of the sensory analysis were subjected to the same process as the analytical data. When evaluating these results, one must realize that these results are subject to a much higher scatter than the results of chemical analysis. In spite of this fact it is still possible to infer various hidden relations between individual objects (beers) using statistical methods.

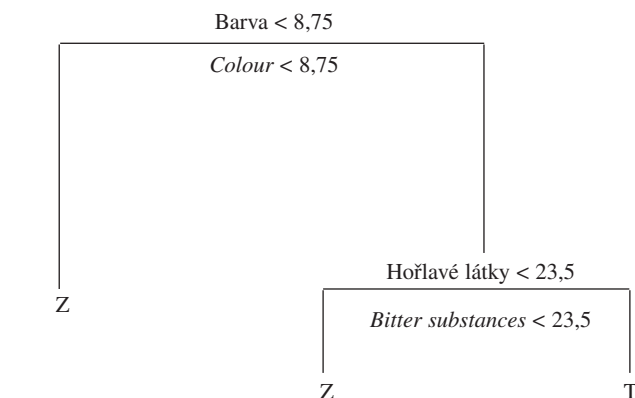
Generally, it can be said that Czech beers are more full and bitter and have longer fading of bitterness. On the other hand, foreign beers showed a higher incidence of sour and sweet taste. Most of the foreign beers showed the presence of various flavours and aromas which are less acceptable in Czech beers.

At this point it should be noted that the sensory evaluation was done by a Czech taste panel and should therefore be considered partially subjective, especially considering the presence of various foreign tastes and smells. Many foreigners would obviously prefer emptier and less flavoury beers.

The results of the factor analysis of the sensory data are shown in the following figures. Fig. 16 shows an „sensory map“ of beers included in the set (the so-called dot chart), whereas Fig. 17 represents the so-called component weight chart and shows the position of the individual sensory parameters. On superimposing these two charts the sensory parameters prevalent in a given part of the graph are predominant in beers placed in the same area of the graph. The majority of Czech beers are located in the left and rather top half of the chart. Some of the brands can be told from each other very well. The beers with a higher incidence of foreign smells and tastes are located towards the right part of the chart. There are mainly foreign beers in this part of the chart. On the other hand, some of the foreign brands were evaluated quite positively, which was reflected in their position in the „sensory map“.

## 2.3 Defining a Czech-type beer

If one wants to make a definition of a „Czech-type beer“, one can use the above data as a basis. Concerning chemical composition, an analysis comprising basic chemical parameters should be sufficient, at least in the beginning. In order to quantify the differences it was necessary to find the so-called limit values, i.e. values which define the largest difference between the groups. The solution to this problem comes from the following approach. Fig. 18, which shows the density of probability of incidence of colour values for both beer groups, making thus use of colour as the parameter. The chart consists of



T – tuzemská piva/inland beers  
Z – zahraniční piva/foreign beers

Obr. 15/Fig. 15 Klasifikační strom souboru piv – b (rok 2002)/Beer set classification tree – b (2002)

Tab. 4/Table 4 Tabulka k určení typu piva (sestavená z analýz piva z roku 2002)/Assignment of beer type (constructed from the 2002 beer analysis)

<b>Analytický parametr/ Analytical parameter</b>	<b>Mezní hodnota/Limit value</b>
Rozdíl prokvašení/Attenuation difference [%]	Z < 1,0 < T
Barva/Colour [j. EBC]	Z < 9,0 < T
Hořké látky/ Bitter substances [j. EBC/EBC units]	Z < 22 < T
pH	Z < 4,45 < T
Polyfenoly/Polyphenols [mg/l]	Z < 135 < T

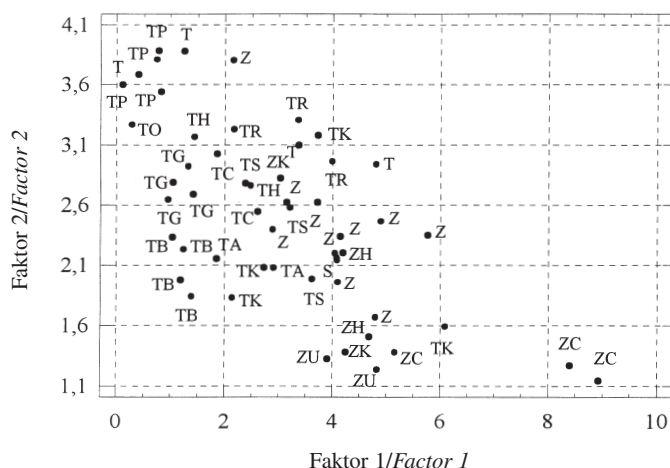
EBC units produced in several countries, e.g. in Germany. These are mostly specialities and not mass-produced beers.)

### 3 VLIV VYBRANÝCH FAKTORŮ NA ROZDÍLY MEZI TUZEMSKÝMI A ZAHRANIČNÍMI PIVY

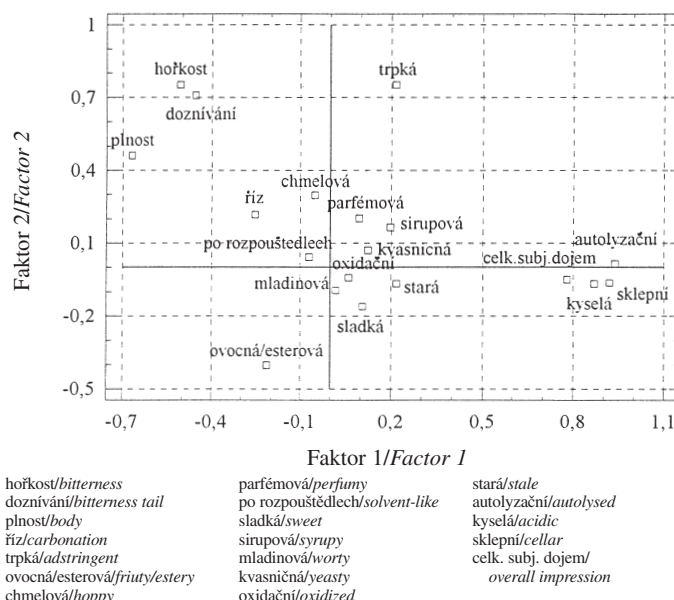
We can state that the differences between Czech and foreign beers can be divided into two groups. The first group consists of parameters, which are set by the producer: higher residual extract and higher bitterness in Czech beers, deeper fermentation and lower bitterness in foreign beers. This is mainly given by tradition, convention and the taste of the consumer.

Parameters which are influenced by the quality and composition of the raw materials and technical and technological conditions belong to the other group. The influence of these factors was studied in semi pilot- and pilot-plant brews. We studied the effect of the following factors: malt (typical Czech malt compared to foreign malts produced by a shortened technological process), effect of the brewing process (infusion, one-, two- and three-mash method) and the fermentation process (classical process, fermentation in cylindrical-conical tanks, difference between the apparent and attainable fermentation of zero per cent and more). We determined the influence of these factors on the analytical and sensory properties of the beer and tried to find out whether they can influence the above differences. This part of the study was performed in plant experiments and pilot-plant brews. The results are dis-

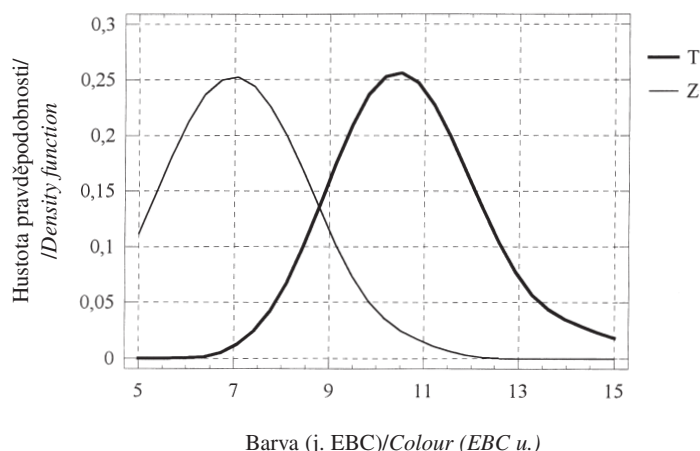
Výsledky jsou podrobně diskutovány v [6, 7, 8]. Vzhledem k ome-



Obr. 16/ Fig. 16 Faktorová analýza – bodový graf senzoričných parametrov piv (rok 1999)/Factor analysis – dot diagram of sensory parameters of the beers (1999)



*Obr. 17/Fig. 17 Faktorová analýza – graf faktorových vah vybraných senzoričných parametrov pivo/Factor analysis – diagram of factor weights of selected sensory beer parameters*



T – tuzemská piva/inland beers  
Z – zahraniční piva/foreign beers

Obr. 18/ Fig. 18 Graf hustoty pravděpodobnosti hodnoty barvy tuzemských a zahraničních piv/The probability density chart of colour values of Czech and foreign beers

zenému rozsahu tohoto sdělení jsou dále uvedeny nejdůležitější výsledky.

### 3.1 Vliv použitého sladu

V provozním měřítku byly připraveny tři slady: slad A vyrobený ze směsi českých odrůd klasickou technologií, slad B vyrobený z české odrůdy intenzifikovanou zahraniční technologií a slad C vyrobený ze zahraniční odrůdy Linus rovněž zkrácenou technologií. Z vyrobených sladů byla v poloprovozním měřítku připravena 3 piva, a to klasickým varným postupem, kvašení probíhalo dvoufázově.

Ze všech piv byly udělány podrobné rozborů včetně obsahu těkavých látek, mastných kyselin a polyfenolů. V základních analýzách (kromě barvy), v obsahu těkavých látek a mastných kyselin se piva lišila jen málo. Rozdíly byly zaznamenány v obsahu celkových polyfenolových látek, anthokyanogenů a flavanolů, nejvyšší obsah byl zaznamenán u piva A a nejnižší u piva C. Po senzorické stránce bylo nejlépe hodnocené pivo A, nejhůře C.

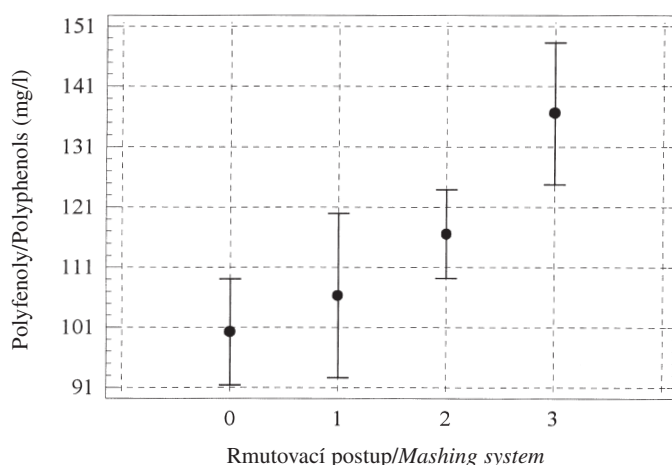
### 3.2 Vliv varního postupu, způsobu kvašení a hloubky prokvašení

Celkem bylo ve čtvrtprovozním měřítku uvařeno 15 várek, kde byly vzájemně kombinovány následující tři faktory:

- varný postup (infuze, jednormutový, dvourmutový a třímutterový postup)
- způsob kvašení (klasický postup, CKT)
- hloubka prokvašení (rozdíl mezi zdánlivým a dosažitelným prokvašením nula a více procent).

Výsledky byly zpracovány třífaktorovou analýzou rozptylu. Lze je shrnout následovně:

- Uvedené tři faktory neměly žádný podstatný vliv na barvu piva. Pravděpodobně se na výsledné barvě piva více podílí kvalita surovin (obsah prekurzorů Maillardových reakcí) a intenzita provzdušnění během varního procesu. U zahraničních piv se zřejmě projevuje snaha co nejvíce omezit přístup kyslíku ve varně.
- Příčinou rozdílných hodnot pH v tuzemských a zahraničních pivech může být použití odlišných surovin, popř. často prováděné umělé okyselování dila v zahraničních pivovarech.
- V případě obsahu celkových polyfenolů se jasně prokázalo, že na jejich obsah v pivu má vliv rmutovací postup. Při použití dalších rmutů stoupá extrakce polyfenolů (viz obr. 19) a jejich oxidace.
- Vyšší obsah acetaldehydu v tuzemských pivech přímo souvisí s nižší hloubkou prokvašení těchto piv. Se zvyšujícím se stupněm prokvašení je acetaldehyd více odbouráván. Je to parametr související s tradiční českou technologií.
- Více oxidu siřičitého obsahovala klasicky kvašená piva. S rostoucí hloubkou prokvašení se jeho obsah mírně snižoval. Na obsah  $\text{SO}_2$  mají však vliv i jiné faktory, největší použitý kmen.



0 – infúzní způsob/infusion method  
1 – jednormutový způsob/one mash method  
2 – dvourmutový způsob/two mash method  
3 – třímutterový způsob/three mash method

Obr. 19/ Fig. 19 Vliv rmutovacího postupu na obsah polyfenolů v pivu/Influence of the mashing process on the polyphenol content in beer

cussed in detail in [6, 7, 8]. In view of the limited size of this paper, only the most important results are mentioned in the following text.

### 3.1 Effect of malt

We prepared three malts on a plant scale: malt A manufactured from a mixture of Czech varieties using by a classical technology, malt B made from a Czech variety using an intensified foreign technology and malt C, produced from the foreign variety Linus also using the intensified technology. Three beers were made from the prepared malts in a pilot-plant classical brewing process. The fermentation took place in two phases.

All the beers were thoroughly analysed, including the analysis for the content of volatile compounds, fatty acids and polyphenols. Apart from colour, the basic tests as well as the content of volatile compounds and fatty acids showed only minor differences. The major differences were found in the content of total polyphenol compounds, anthocyanogens and flavanols beer; A had the highest values, beer C the lowest. In regard of sensory parameters, beer A was evaluated as the best, beer C was the lowest quality.

### 3.2 Influence of the brewing process, fermentation process, and depth of fermentation

A total of 15 brews were performed in a semi pilot-plant process, in which the following factors were combined:

- brewing process (infusion, one-, two- and three-mash process)
- fermentation process (classical process, cylindrical-conical tanks)
- attenuation difference (difference between the apparent and final attenuation zero and more per cent)

The results were processed using a three-factor ANOVA. The sum of the results:

- The three above factors did not influence the colour of the beer to any significant extent. The colour of the beer is likely to depend more on the quality of the raw materials (the content of Maillard reaction precursors) and the intensity of aeration during the brewing process. The foreign beers apparently reflex the effort to reduce the access of oxygen in the brewhouse.
- The differences in the pH value between Czech and foreign beers may be due to the use of different raw materials or artificial acidification of the product, which is often done in foreign breweries.
- The content of total polyphenols was found to be clearly affected by the mashing process, the polyphenol extraction and their oxidation rising with additional mashes (Fig. 19).
- The higher acetaldehyde content in Czech beers is related to the lower fermentation depth of these beers. Acetaldehyde degradation is stronger with rising fermentation degree. This parameter is related to the traditional Czech technology.
- The classically fermented beers contained more sulphur dioxide, its content decreasing slightly with increasing depth of fermentation. There are also other factors that influence the  $\text{SO}_2$  content, in particular the strain used.



6) Podle očekávání klasicky kvašená piva obsahovala méně vicinálních diketonů (diacetylů i pentandionu) než piva z CKT, je však třeba přihlídnout k optimalizaci kvasného postupu.

V případě dopadu jednotlivých vlivů na senzorické vlastnosti modelových piv byly zjištěny tyto skutečnosti:

7) Pokud jde o vliv rmutovacího postupu, relativně nejhůře byla hodnocena piva vařená infuzním způsobem, avšak nejednalo se o vybočení z piv „českého typu“. Celkově se projevila mírná tendence hodnotit lépe piva s určitým zbytkovým extraktem; tato piva měla také poněkud vyšší plnost. Je ovšem třeba poznamenat, že tato korelace nemusí mít příčinný vztah a může být souhrou dalších faktorů. Na druhé straně ani piva s vysokým zbytkovým extraktem (rozdíl prokvašení přes 10 %) nejevila nějaké známky výraznějšího chutového poškození.

#### 4 ZÁVĚR

Pivo českého typu se vyznačuje na rozdíl od běžných zahraničních ležáků přítomností neprokvašeného extraktu, vyšší hořkostí a barvou, vyšším obsahem polyfenolů a hodnotami pH. Po senzorické stránce je charakterizováno vyšší plností, hořkostí, delším dozríváním hořkosti a nižším výskytem cizích chutí a vůní. Po technologické stránce má dominantní vliv složení sypaní a míra chmelení a jejich sladění s výběrem kvasničného kmene a použitým způsobem kvašení, to vše v jednom celku zajištěném tradicí a lidským faktorem. Výsledky rovněž naznačují, že neuvážená intenzifikace by mohla s sebou přinést změnu charakteru českého piva, které by se svým složením přiblížilo pivům zahraničním a ztratilo tak svůj výlučný charakter.

**Poděkování:** Autoři děkují ČSPS, který se podílel na finanční podpoře tohoto projektu.

*Lektoroval Doc. Ing. Jan Šavel, CSc.  
Do redakce došlo 15. 9. 2003*

#### Literatura/References

- [1] Anděl, J.: Matematická statistika, SNTL Praha, 1985.
- [2] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. PLUS Praha, 1994.
- [3] Meloun, M., Militký, J.: Kompendium statistického zpracování dat. Academia Praha, 2002.
- [4] Hebák, P., Hustopecský, J.: Vícerozměrné statistické metody s aplikacemi. SNTL/ALFA Praha, 1987.
- [5] Kellner, V. et al.: Charakterizace rozdílů senzorických profilů mezi skupinami tuzemských a zahraničních piv. Výzkumná zpráva VÚ1.1/1999. VÚPS, Praha 2000.

**Čejka, P. – Kellner, V. – Čulík, J. – Horák, T. – Jurková, M.: Charakterizace piva českého typu.** Kvasny Prum. 50, 2004, č. 1, s. 3–11.

Článek podrobně mapuje situaci v českém pivovarství na přelomu tisíciletí a zabývá se charakterizací rozdílů mezi českými pivy a pivy zahraničními typu ležák nebo Pils. Na základě rozsáhlého souboru analytických a senzorických dat bylo definováno tzv. pivo českého typu, které se svou charakteristikou liší od většiny zahraničních piv. Pivo českého typu se vyznačuje přítomností neprokvašeného extraktu, vyšší hořkostí a barvou, vyšším obsahem polyfenolů a hodnotami pH. Po senzorické stránce je charakterizováno vyšší plností, hořkostí, delším dozríváním hořkosti a nižším výskytem cizích chutí a vůní. Po technologické stránce má dominantní vliv složení sypaní a míra chmelení a jejich sladění s výběrem kvasničného kmene a použitým způsobem kvašení.

**Čejka, P. – Kellner, V. – Čulík, J. – Horák, T. – Jurková, M.: Characterizing a Czech-Type Beer.** Kvasny Prum. 50, 2004, No. 1, p. 3–11.

The article maps in detail the situation in Czech brewing industry at the beginning of the new millennium and characterizes the differences between Czech beers and foreign lager- or Pils-type beers. On the basis of an extensive set of analytical and sensory data we defined a so-called „Czech-type“ beer, which differs from the majority of foreign beers in many attributes. The „Czech-type“ beer is specific by the presence of unfermented extract, higher bitterness and colour, higher polyphenol content and higher pH values. Considering the sensory attributes, it is typical by its higher fullness, bitterness, longer bitterness fading and lower presence of foreign flavours and aromas. Technologically, the most important factors are the composition of the grist, extent of hopping and their attuning to the choice of the yeast strain and the fermentation process used.

6) As expected, classically fermented beers contained more vicinal diketones (diacetyl and pentanedione) compared to beers from the cylindrical-conical tanks. However, the optimisation of the fermenting process should be taken into account in this context.

The following facts were found when studying the influence of the individual factors on the sensory properties of model beers:

7) Considering the influence of the mashing process, beers brewed by the infusion process had the relatively lowest rating, but they did not deviate too much from the „Czech type“. There has been a tendency to rate better the beers with some residual extract, which were also rather fuller. However, it should be noted that this correlation need not have to have a causal basis and may be rather a combination of other factors. On the other hand, even beers with high residual extract (attenuation difference over 10%) did not show any signs of a significant taste loss.

#### 4 CONCLUSION

Compared to common foreign lagers, „Czech-type“ beer can be distinguished by the presence of unfermented extract, higher bitterness and colour, higher polyphenol content and higher pH. As to its sensory attributes, it is characterized by higher fullness, bitterness, longer bitterness fading and lower presence of foreign flavours and aromas. Technologically, the most important factors are the composition of the grist and the extent of hopping and their suitability for the chosen yeast strain and the fermentation process used. All these factors and requirements should mesh into a unified whole ensured by tradition and by the human factor. The results also suggest that non-judicious intensification could cause a change in the character of the Czech beer, which would then lose its exclusive character and assume a composition similar to the foreign beers.

**Thanks:** The authors thank the Czech Beer and Malt Association, which participated in the financial support of this project.

- [6] Kellner, V. et al.: Charakterizace rozdílů senzorických profilů mezi skupinami tuzemských a zahraničních piv. Výzkumná zpráva VÚ1.1/2000. VÚPS, Praha 2000.
- [7] Kellner, V. et al.: Charakterizace rozdílů senzorických profilů mezi skupinami tuzemských a zahraničních piv. Výzkumná zpráva VÚ1.1/2001. VÚPS, Praha 2001.
- [8] Kellner, V. et al.: Charakterizace rozdílů senzorických profilů mezi skupinami tuzemských a zahraničních piv. Výzkumná zpráva VÚ1.1/2002. VÚPS, Praha 2002.

**Čejka, P. – Kellner, V. – Čulík, J. – Horák, T. – Jurková, M.: Charakterisierung von Bieren des tschechischen Typs.** Kvasny Prum. 50, 2004, Nr. 1, S. 3–11.

Im diesen Artikel wurde Stand der tschechischen Brauindustrie an der Wende des Jahrhunderts beschrieben. Der Unterschied unter den tschechischen und ausländischen Lager- oder Pilsbieren wurde analysiert. Auf Grund der ausgedehnten Dateien von Analytischen- und Sensorischenwerten wurde in Typ des Bieres vom tschechischen Typ analysiert, das durch seine Charakteristik von vielen ausländischen Bieren sich unterscheidet. Das Bier des tschechischen Typs wird durch einen unvergorenen Extrakt, einige höhere Werten von Bitternis, Farbe, Polyphenols und pH charakterisiert. Weiter kann dieses tschechische Bier durch eine erhöhte Vollmundigkeit, einen längeren Bitternisnachklang und Aroma analysiert werden. Die Schüttung, Hopfendosieren und ihre Harmonisierung mit einem Hefestamm und die Auswahl des Gärungsverfahrens spielt auch eine wichtige Rolle bei der Bierherstellung.

**Чейка, П. – Келлер, В. – Чулик, Й. – Горак, Т. – Юркова, М.: Описание характеристик пива чешского типа.** Kvasny Prum. 50, 2004, No. 1, стр. 3–11.

В статье подробно описываются история пивоварения в Чехии в конце предыдущего тысячелетия и различия между чешскими пивами лагерного типа или пльзеньского типа и зарубежными. На основе базы аналитических и сенсорных данных было определено т. наз. пиво чешского типа, которое отличается по своему характеру от большинства зарубежных пив. Пиво чешского типа отличается наличием несброженного экстракта, более высокой горечью и цветом, имеет более высокое содержание полифенолов и величины pH. Что касается сенсорных свойств пиво чешского типа имеет более высокую вкусовую насыщенность и интенсивность горечи, и более низкое появление чужих привкусов и запахов. С технологической точки зрения имеет главное влияние содержание засыпки и степень охмеления и их соответствие с избранным штаммом дрожжей и использованным способом брожения.