

MODERNÍ METODY HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ SENZORICKÉ ANALÝZY

MODERN METHODS FOR EVALUATION OF SENSORIAL ANALYSE RESULTS

PAVEL ČEJKA, VLADIMÍR KELLNER, JIŘÍ ČULÍK, TOMÁŠ HORÁK, MARIE JURKOVÁ,
Pivovarský ústav Praha, VÚPS, a.s., Lípová 15, 120 44 Praha 2

Klíčová slova: senzorická analýza, senzorické testy, pivo, statistické metody

Keywords: sensorial analyse, sensorial tests, beer, statistical methods

1 ÚVOD

Rozhodující vlastností piva, která vedle cenových a dalších obchodních hledisek a trvanlivosti určuje úspěšnost na trhu, je jeho organoleptický charakter. Zatímco však cenová a obchodní hlediska včetně trvanlivosti působí na spotřebitele prostřednictvím racionální úvahy, organoleptický charakter ovlivňuje spotřebitele přímým smyslovým požitkem. Všichni výrobci proto věnují organoleptickému charakteru svých produktů mimořádnou pozornost dle zásady, že produkt musí být nejen všestranně kvalitní, ale musí spotřebiteli chutnat.

Organoleptický charakter reprezentuje vlastnost výrobku, diametrálně se lišící od jeho ostatních jakostních parametrů, sledovaných zpravidla nejrůznějšími přístrojovými testy. Organoleptický charakter je ve své podstatě lidským vjemem vznikajícím v mozku na základě podnětů, přicházejících z chuťových, čichových, hmatových a zrakových receptorů. Vztah mezi vlastnostmi piva a jeho organoleptickým charakterem není nikterak jednoduchý a je modifikován vlastnostmi lidských jedinců. Z toho lze vyvodit, že k serióznímu senzorickému posouzení piva musí být respektovány určité zásady. Při praktickém provádění senzorického hodnocení však není situace nijak příznivá. Skutečnost, že smyslové vjemy pocituje každý člověk, svádí ke zjednodušenému nazírání na celý problém, z čehož pramení více či méně spontánní přístup při hodnocení [1].

V pivovarském oboru má smyslové posuzování piva dlouhou tradici a stalo se nedílnou součástí pracovní náplně pivovarských technologů, popřípadě dalších pivovarských pracovníků. Úroveň a věrohodnost získaných výsledků však často neodpovídá vynaloženému úsilí. Proto byla v minulém období na celém světě senzorické analýze věnována co nejširší pozornost a byly propracovány nejrůznější metodiky jejího provádění. S nástupem počítačové techniky do praxe přibyl další rozměr k získání co největší věrohodnosti vypovídací schopnosti senzorické analýzy, a to počítačové zpracování výsledků. Hlavním cílem tohoto příspěvku je ukázat, jak dosáhnout kvalitních výsledků senzorické analýzy a jak z nich vytěžit maximum informací. S využitím jednoduchých sta-

tistických metod je možné posuzovat a porovnávat nejen piva, ale také hodnotit schopnosti a práci degustátorů. Ze získaných výsledků lze rovněž učinit závěry, jak do budoucna zlepšit práci degustační komise.

Článek organicky navazuje na soubor statí publikovaných v loňském roce v Kvasném průmyslu pod názvem *Praktický průvodce senzorickou analýzou v pivovarství* [2].

2 ZAJIŠTĚNÍ VĚROHODNÝCH DAT PRO SENZORICKOU ANALÝZU

Aby byla věrohodnost výsledků senzorické analýzy co nejlépe zajištěna, musí být splněny následující předpoklady.

2.1 Technické podmínky degustace

Technické podmínky degustace, tj. zařízení senzorické laboratoře, vlastní schéma provádění degustací apod., byly podrobně popsány v loňském KP [2].

2.2 Výběr degustátorů

Každý hodnotitel musí splňovat fyzické, psychické a odborné předpoklady [3]. Fyzické předpoklady se zjišťují degustačními zkouškami (viz též [2]). Psychické předpoklady souvisejí s vlastní prací v degustační komisi. Samozřejmým předpokladem jsou dostatečné intelektové schopnosti, a dále jsou vhodné vlastnosti, které lze označit jako kladné: smysl pro spolupráci, pozornost, soustředěnost, praktičnost, uvážlivost,

Tab.1 Přehled cizích chutí a vůní a způsob jejich simulace v pivu

Vůně nebo chuť	Sloučenina/postup úpravy	Koncentrace/čas
Oxid siřičitý	hydrogensířičitan draselný	50 mg/l
Sirovodík, zkažená vejce	H ₂ S z Na ₂ S.9H ₂ O (připraví se čerstvý)	25 µg/l
Merkaptan, sirná	ethylmerkaptan	2 µg/l
Letinková	pivo v průhledné lahvi	4 h na slunci nebo 16 hod. fluorescenční lampa
DMS, vařená zelenina	dimethylsulfid	120 µg/l
Po rozpouštědlech	ethylacetát	30 – 75 mg/l
Acetaldehyd, zelená jablka	acetaldehyd (čerstvě připravený)	20 – 40 mg/l
Esterová, banánová	isoamylacetát	3 mg/l
Esterová, ovocná	směs ethylacetátu, isoamylacetátu, ethylhexanoátu, 2-fenylacetátu a hexanoátu	10, 2, 0,3, 0,3 a 0,2 mg/l
Chmelová	granulovaný chmel chmelová esence (např. EHP Co.)	pouze vůně 100 µg/l
Květinová	2-fenylethanol	225 mg/l
Po koření, hřebíčku	eugenol 4-vinylguajakol	1 mg/l 1 mg/l
Trávná	cis-3-hexen-1-ol	15 mg/l
Obilná, slámová	ječmen	pouze vůně
Sladová	slad	pouze vůně
Mladinová	mladina	15 % do piva
Karamelová	tmavý slad	pouze vůně
Připálená	pražený slad	pouze vůně
Mastné kyseliny, žluklá, po tuku, mýdlová	směs kys. hexanové, oktanové a dekanové	3,3, 14,5 a 1,7 mg/l
Diacetylová	diacetyl	0,3 mg/l
Kvasničná	kvasnice	pouze vůně
Medicínální	2-cholofenol	6 µg/l
Oxidační, stará, papírová, lepenková, po kůži	pivo 38 °C nebo pivo 45 °C, do hrdla vzduch	6 až 12 dní 3 dny
Kyselá	kyselina mléčná	600 mg/l
Alkoholová	pivo 4 – 5 % alk. + vodka	Upravit na 7 % alk.
Plnost, prázdné	sodová voda	20 – 30 %
Sladká	sacharóza	1,5 %
Hořkost	isomerizovaný chmel. extrakt	30 mg/l isohumulonu nebo hořkostní řada se zvyšující se koncentrací o 5 BU
Trpká, adstringentní	tannin	150 mg/l
Kovová	FeSO ₄ .7H ₂ O	3 mg/l

Tab. 2 Protokol pro určení senzorického profilu piva

DEGUSTAČNÍ ARCH – SENZORICKÝ PROFIL				
Jméno:				Datum:
Označení vzorku	1	2	3	4
Říz				
Plnost				
Hořkost				
Doznívání po 20 s				
Trpkost (adstringentní)				
Sladkost				
Kyselost				
Chmelová				
Ovocná/esterová				
Kvasničná				
Karamelová				
Parfémová				
Oxidační/pasterační				
Obilná				
Sirupová				
Mladinová				
DMS				
Po rozpouštění				
Autolyzační				
Sklepní/zatuchlá				
Diacetylová				
Připálená				
Stará				
Sírná/po vaření zelenině				
Kovová				
Fenolová				
Medicínální				
Celkový subjektivní dojem				
Číselná transformace: 0 – žádná, 1 – velmi slabá, 2 – slabá, 3 – střední, 4 – silná, 5 – velmi silná				
Celkový subjektivní dojem: 1 – 9 (1 – nejlepší, 9 – nejhorší)				
Podpis:				

sebedůvěra atd. Naopak nevhodné vlastnosti jsou např.: nerozhodnost, povrchnost, chaotičnost, nedostatek odpovědnosti, sklon ke konfliktnímu jednání, soustředění na sebe, sklon k poučování, hádavost, bojovnost, tvrdohlavost atd. Zcela zakázána by měla být účast v degustační komisi osobám se sklonem k alkoholismu a osobám, které pijí více než dva litry piva denně.

Odborné předpoklady lze zajistit pouze dlouhodobým školením a praxí. Způsoby výběru školení degustátorů jsou uvedeny v Analytice EBC [4]. De-

gustátoři musejí umět rozlišit a pojmenovat základní i některé speciální pivoarské vůně a chutě. To je možné nacvičit pravidelným podáváním vzorků piv s uměle přidanými cizími vůněmi a chutěmi. Přehled asi třiceti základních chutí a vůní a způsob jejich simulace v pivu je uveden v tab. 1. Schopnosti degustátorů se dále ověřují systémem pořadových testů, kdy hodnotitel musí umět správně seřadit řadu vzorků s přidávkou rozdílné koncentrace určité látky [4]. Dále lze hodnotit u jednotlivých degustátorů určení individuální prahové hodnoty pro jednotlivé látky formou řady trojúhelníkových testů, kdy v každém následujícím trojúhelníku je přidána látka oproti předchozímu v dvojnásobné koncentraci [4].

2.3 Rozlišení objektivní a subjektivní senzorické analýzy

Je třeba formálně oddělit tzv. objektivní a subjektivní senzorické hodnocení [5]:

Objektivní senzorická analýza – jedná se o co nejpresnější popis a hodnocení vjemů hodnotitele, čili specifikuje pomocí určité metody organoleptický charakter produktu. Hodnocení mohou provádět pouze školení degustátoři.

Subjektivní senzorická ana-

lýza – informuje o vztahu hodnotitele k posuzovanému výrobku, čili jinými slovy, zda mu hodnocený produkt chutná či nechutná (hodnocení oblíbenosti, hedonické hodnocení). Zde je nutno rozlišit, zda hodnocení provádí skupina specialistů nebo běžní spotřebitelé, kteří výrobek kupují a konzumují.

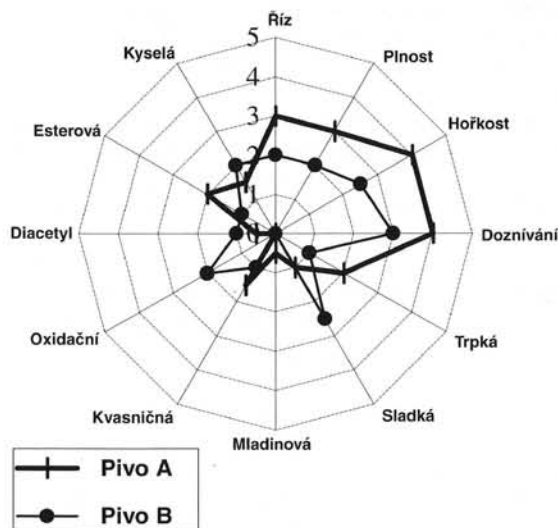
Přehled senzorických objektivních a subjektivních testů je uveden v [2].

2.4 Stanovení senzorického profilu piva

Aby bylo možno co nejobjektivněji posuzovat, hodnotit a porovnávat mezi sebou jednotlivá piva, ukázalo se jako výhodné řešení stanovení tzv. senzorického profilu piva. Jedná se vlastně o jednoduché převedení výsledků senzorického posouzení do matematické formy vhodné k dalšímu zpracování. V tab. 2 je znázorněn degustační protokol, který v levém sloupci obsahuje jednotlivé objektivní senzorické parametry (plnost, říz, hořkost aj.) a jednotlivé cizí vůně a chuti, které se mohou v pivu potenciálně vyskytnout. Po vyplnění tohoto protokolu degustační komisí se spočítají střední hodnoty (např. průměry – viz dále) jednotlivých parametrů, čímž se získají tzv. senzorická skóre (např. hořkost 3,2, ovocná vůně a chuť 1,3, medicínální 0 atd.). Soubor těchto skóre je vlastně senzorickým profilem piva, který můžeme vhodnou formou znázornit graficky, např. ve formě paprskového (pavučinového) grafu – obr. 1. Senzorický profil piva je možno chápat i jako vektor. Pokud by tento vektor měl pouze dvě složky (např. plnost a hořkost), lze si jej představit jako bod v rovině, tři složky (např. říz, plnost a hořkost) jako bod v prostoru. Dalším rozšířením této představy je možné dojít k n -rozměrnému vektoru, kde n je počet jednotlivých vyhodnocených senzorických parametrů. Porovnáváme-li mezi sebou soubor několika piv, je vhodné senzorické profily jednotlivých piv vložit do tabulky ve formě matice, která bývá většinou uspořádána tak, že ve sloupcích jsou uvedeny názvy jednotlivých senzorických parametrů a v řádcích jednotlivá piva.

2.5 Určení střední hodnoty senzorických parametrů

Problém, se kterým se setká každý, kdo vyhodnocuje výsledky senzorické analýzy, je určení střední hodnoty, tj. veličiny, která co nejlépe vyjadřuje hodnotu daného senzorického parametru daného piva, získaného ve formě hodnocení od jednotlivých degustátorů. Může jít o určení střední hodnoty objektivního parametru (hořkosti, určité cizí vůně a chuti) nebo bodového označení subjektivního hodnocení. V praxi se většinou postupuje tak, že se spočítá průměr, a z něho se odvozují příslušné závěry. Použití průměru však předpokládá spl-



Obr. 1 Paprskový (pavučinový) graf senzorického profilu dvou piv

Tab. 3 Hodnocení oblíbenosti devítibodovou stupnicí osmi piv deseti degustátorů

Degustátor	Pivo								Rozpětí	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	y _{min}	y _{max}
A	4	3	2	6	4	4	6	4	2	6
B	5	2	4	7	5	5	7	5	2	7
C	4	3	3	5	5	3	5	4	3	5
D	5	3	2	6	4	5	6	5	2	6
E	6	4	3	6	3	5	5	5	3	6
F	5	3	4	7	5	4	6	4	3	7
G	5	5	3	6	5	3	7	5	3	7
H	4	3	3	4x	6	4	6	5	3	6
I	6	7x	4	8	5	5	8	6	4	8
J	5	4	5	6	4	4	6	5	4	6
x _{min}	4	2	2	4	3	3	5	4		
x _{max}	6	7	5	8	6	5	8	6		
Průměr	4,9	3,7 (3,3)	3,3	6,1 (6,3)	4,6	4,2	6,2	4,8		
Medián	5,0	3,0	3,0	6,0	4,5	4,0	6,0	5,0		
Modus	5,0	3,0	3,0	6,0	5,0	4,0	6,0	5,0		
Uřezaný průměr 20 %	4,9	3,5	3,3	6,1	4,6	4,0	6,1	5,0		
Uřezaný průměr 40 %	5,0	3,5	3,0	6,0	5,0	4,0	6,0	5,0		

x – odlehlá hodnota

hodnota v závorce – po odstranění odlehlé hodnoty

nění následujících požadavků na soubor dat: nesmí obsahovat tzv. odlehlé hodnoty a data musí mít tzv. normální (Gaussovo) rozdělení. To však nebývá v praxi často splněno a výpočet průměru může vést k zavádějícím závěrům.

Postupem výpočtu se v těchto případech zabývá tzv. exploatorní (průzkumová) analýza dat [7]. Není možné zde exaktní způsob výpočtu přesně popisovat, a proto je uveden názorný příklad, na kterém bude postup demonstrován. V tab. 3 jsou uvedeny výsledky hodnocení oblíbenosti (na základě běžně používané devítibodové stupnice) osmi piv deseti degustátorů.

K výpočtu střední hodnoty jsou k dispozici tyto možnosti:

průměr, v praxi se tak nejčastěji postupuje. Ten však může být zatížen odlehlými výsledky, nebo rozdělení není symetrické. Odlehlé výsledky lze vyloučit např. Cochranovým testem [6]. V tomto případě byla jako odlehlá určena hodnocení 7 u piva P2 od degustátora I a 4 u piva P4 od degustátora H. Tyto hodnoty by se měly ze souboru dat vyloučit (v tab. 3 je uveden upravený průměr po jejich vyloučení v závorce);

medián, seřadíme-li výsledky podle velikosti, jedná se o prostřední hodnotu

(popř. o průměr prostředních dvou hodnot u sudého počtu hodnot). Lépe reaguje na nesouměrnost rozdělení a vůbec neuvažuje odlehlé výsledky;

modus, hodnota s nejvyšší četností, na níž se „shodla“ většina degustujících. Může se spíše uplatnit ve spotřebitelských testech, kde je k dispozici velký počet hodnot;

uřezaný průměr, v nejjednodušší podobě se nejvyšší a nejnižší hodnota škrtne (nebo více hodnot) a ze zbývajících se spočítá průměr. Je to jakýsi kompromis mezi průměrem a mediánem, neboť odlehlé hodnoty jsou vyloučeny a do výpočtu se zahrnou hodnoty blíže středu. Exaktně se většinou počítá 20% nebo 40% uřezaný průměr, kde procenta znamenají podíl odstraněných krajních hodnot ze souboru (tyto hodnoty spočítá počítač). Pro praxi ho lze doporučit jako nejjednodušší variantu (většinou se škrtá pouze minimální a maximální hodnota), neboť jeho výpočet je jednoduchý a výsledek je mnohem spolehlivější než průměr.

Dále je vhodné posoudit tzv. **rozpětí**, tj. rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou (x_{min} a x_{max}). Je zřejmé, že čím větší rozpětí je u jednotlivých piv zaznamenáno, tím menší shoda v hodnocení určitého vzorku mezi degustátory existuje.

Z tab. 3 však můžeme vyčíst i způsob hodnocení piv jednotlivými degustátory. Je rovněž vhodné stanovit rozpětí hodnocení piv jednotlivými degustátory (v tabulce označené jako y_{min} a y_{max}). Je patrné, že např. degustátor I hodnotí přísněji než degustátor J, nebo že degustátor J používá stupnici pouze v úzkém rozmezí 4 – 6, zatímco např. D v rozpětí 2 – 7.

Pro vyhodnocení dat v tab. 3 je však mnohem výhodnější

použít výpočetní techniku. Na obr. 2 jsou znázorněny tzv. krabíkové grafy (Box and Whisker plot), na kterých je přehledně patrné hodnocení jednotlivých piv. Krabíkový graf vypadá jako krabíčka, jejíž vodorovné hrany odpovídají dolnímu a hornímu kvartilu (25% a 75% kvantilu). Znamená to tedy, že nahoře od horní hrany krabíčky leží 25 % hodnot, uvnitř 50 % hodnot a dole od dolní svislé hrany 25 % hodnot. Křížek značí průměr. Nahoře i dolů z obdélníku vycházejí vodorovné paprsky („vousy“), jejichž konce označují minimální a maximální hodnotu. To ale jen v případě, že neexistují žádné odlehlé hodnoty. „Vousy“ jsou totiž maximálně 1,5krát delší než „krabíčka“, vzdálenější hodnoty jsou vyznačeny jako individuální body (zde čtverečkem). Již letmým pohledem na obrázek lze zjistit, že piva je možno rozdělit do tří skupin: do nejlepší patří piva P2 a P3, do prostřední P1, P5, P6 a P8 a do nejhorší piva P4 a P7. Rovněž odlehlé body (u piv P2 a P4) jsou na první pohled patrné a do celkového hodnocení se nezapočítávají.

Ještě sofistikovanější je hodnocení výsledků z tab. 3 dvoufaktorovou analýzou rozptylu [6]. Jejím výsledkem je zjištění, zda mezi pivy existují statisticky významné rozdíly. Touto metodou lze rovněž vyhodnotit způsob hodnocení jednotlivých degustátorů. Výsledky lze vyjádřit následujícím způsobem:

P3 P2 P6 P5 P8 P1 P4 P7

Jednotlivá piva jsou srovnána podle stoupajícího aritmetického průměru celkového subjektivního dojmu, přičemž platí, že mezi pivy podtrženými jednou čarou neexistuje statisticky významný rozdíl, zatímco mezi pivy nepodtrženými jednou čarou tento rozdíl existuje.

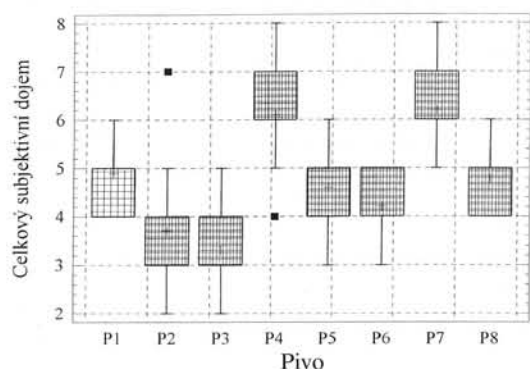
Podobně lze hodnotit i „přísnost“ hodnocení degustátorů:

C A H D E F G J B I

Je patrné, že např. hodnotitel B posuzuje piva přísněji než hodnotitelé C a A, do degustační komise však hlavně „nezapadá“ degustátor I, jehož hodnocení je extrémně přísné.

3 VYUŽITÍ STATISTICKÝCH METOD V SENZORICKÉ ANALÝZE PIVA – ROZDÍLOVÉ TESTY

V řadě případů použití popisných metod není vhodné a je správné použití tzv. diferenčních metod. Otázka zní např. takto: Projeví se určitý technologický zásah (změna skladby surovin, modifikace varního postupu, změny ve způsobu kvašení apod.) i senzoričky? Existuje



Obr. 2 Krabíkový graf výsledků celkového subjektivního dojmu osmi piv

rozdíl mezi pivem vyrobeným zavedeným postupem a pivem vyrobeným modifikovaným postupem? Pokud se použije k zodpovězení těchto otázek pouze popisných metod, často dojde k určitému zkreslení. Pozorovatelé hledají, nebo naopak nehledají mezi pivy rozdíly podle předem utvořeného názoru (zvláště, když vědí, o jaký problém se jedná, nebo je dokonce známo, co který vzorek představuje). Takto získané informace mají jen malou vypovídací hodnotu, což může vést k chybným praktickým závěrům.

V těchto případech se volí postupy, které umožňují rozlišit vzorky mezi sebou nebo vzorky mezi sebou porovnat (tzv. rozlišovací nebo preferenční zkoušky).

Přitom se využívá tzv. induktivní statistiky (statistické analýzy). Tato metoda řeší problém, jak z určitého výběru (výběrového vzorku) usuzovat na vlastnosti celého souboru (základního souboru).

Obecný postup při aplikaci těchto testů spočívá:

- ve výběru vhodného testu
- ve formulaci nulové hypotézy
- ve volbě hladiny významnosti
- v aplikaci testovacího kritéria
- v interpretaci výsledků.

3.1 Výběr vhodného testu

Prakticky se používají následující testy: párový test, trojúhelníkový test, duo-trio test, tetrádový test a pořadový test. Výběr záleží na zkušenosti posuzovatelů (pro laiky je vhodný párový a trojúhelníkový test, pro profesionály trojúhelníkový, duo-trio, tetrádový a pořadový). Výhodou všech těchto testů je, že při jejich aplikaci není třeba dělat žádné výpočty, výsledky se zjišťují podle tabulky, pouze u pořadového testu je třeba obyčejné kalkulačky.

3.2 Formulace nulové hypotézy

Testujeme tzv. hypotézu, což je určité tvrzení, o kterém nevíme, je-li pravdivé (např. je vzorek 1 více hořký než vzorek 2, je vzorek A lepší než vzorek B?). Z praktického hlediska se osvědčilo formulovat tzv. nulovou hypotézu, což znamená teoretický předpoklad, že mezi zkoumanými vzorky není žádný rozdíl, že ani jeden vzorek není lepší než druhý atd.

Praktický postup je následující. Otázka: Je vzorek 1 více hořký než vzorek 2? (nulová hypotéza: není více hořký). Je vzorek A lepší než vzorek B? (nulová hypotéza: není lepší).

Tuto nulovou hypotézu potom prověříme některým z výše uvedených testů.

Existuje ještě další pojem, tzv. alternativní hypotéza. Ta platí, pokud neplatí nulová hypotéza. Otázka: Je vzorek A lepší než vzorek B? Nulová hypotéza: není lepší, dodatečný požadavek: musí se projevit jako „významně“ lepší. Pokud

nulová hypotéza neplatí, čili např. vzorek B je „významně“ lepší než vzorek A, platí alternativní hypotéza: vzorek B je lepší než vzorek A.

Pokud nulovou hypotézu podrobíme testu významnosti, na základě jeho výsledku ji buď zamítneme a tvrdíme, že rozdíl je statisticky významný, nebo nezamítneme a tvrdíme, že rozdíl není statisticky významný.

Zde je třeba upozornit na skutečnost, ve které se často chybí. Zjištění, že rozdíl není statisticky významný, neznamená, že nulová hypotéza je správná. Správná interpretace je taková, že studovaná data pouze poskytují informaci, která nepřesvědčuje o tom, že je nulová hypotéza nesprávná (někdy se chybně tvrdí, že hypotézu přijímáme). Hypotézu je možno maximálně považovat za nesprávnou, ne ji však dokazovat.

Při analýze výsledků těchto testů se na první pohled zdá, že existují dvě možnosti interpretace výsledků: rozdíl mezi vzorky byl nalezen nebo nebyl nalezen.

Ve skutečnosti se při svém rozhodování můžeme dopustit dvou chyb. Stane-li se, že hypotézu zamítneme, ačkoli je správná (např. rozdíl v hořkosti není, ale my jsme ho našli), dopustíme se tzv. *chyby prvního druhu*. Jestliže hypotézu nezamítneme, ačkoli není správná (rozdíl v hořkostech existuje, ale my jsme ho neobjevili), uděláme tzv. *chybu druhého druhu*. Při plánování pokusu je tedy třeba postupovat tak, abychom riziko obou chyb snížili na minimum.

3.3 Volba hladiny významnosti

Princip statistického uvažování lze osvětlit takto: v běžném životě se nedá jednat tak, aby každý člověk bral v úvahu všechny možnosti, které mohou nastat. Při svém počínání ignoruje ty, které mají velice malou pravděpodobnost. Jaká je teoretická podstata takového jednání? Má-li nějaký jev v určitém pokuse velice malou pravděpodobnost, chováme se tak, jako kdyby tento jev vůbec nemohl nastat. Pravděpodobnost jevu, který ignorujeme, závisí na důsledcích, které jev má. Jsou-li tyto důsledky závažné, požadujeme pravděpodobnost mnohem menší než v případě, že jsou pro nás málo závažné.

Proč tedy zavádíme hladinu pravděpodobnosti? Statistickými metodami nelze z určitého výběru přesně zjistit, jak základní soubor vypadá. Lze to učinit pouze s určitou pravděpodobností (pravděpodobností jistoty), která vymezuje v základním souboru tzv. interval spolehlivosti, ve kterém se zjištěná hodnota nebo znak nalézá. Tuto pravděpodobnost jistoty je třeba zvolit, a to podle závažnosti řešeného problému. Obvykle se volí 95% nebo – při závažnějších rozhodnutích – 99% hladina významnosti. Tato pravděpodobnost jistoty (někdy se

též říká spolehlivost) tedy říká, že výpověď je z 95 nebo 99 % správná.

Zde ale pozor na nebezpečné nedorozumění: pokud nulovou hypotézu nezamítáme, neznamená to, že je z 95 % nebo dokonce 99 % správná – nulovou hypotézu můžeme pouze s danou pravděpodobností zamítnout.

Při praktickém používání těchto testů tedy vzniká otázka, jaká má být spolehlivost výsledků, s jakou jistotou má být nulová hypotéza vyvrácena. Tento problém úzce souvisí s možností chyby prvního nebo druhého druhu. Zvolí-li se nižší hladina významnosti (např. 95 % nebo dokonce 90 %), snižuje se pravděpodobnost chyby prvního druhu a zároveň se zvyšuje pravděpodobnost chyby druhého druhu. Je-li pravděpodobnost chyby prvního druhu malá, jednáme na základě uvedeného principu tak, jako kdyby k této chybě vůbec nemohlo dojít. Čili zvolíme-li hladinu významnosti 99 % nebo dokonce 99,9 % a hypotézu vyvrátíme (rozdíl najdeme), je jen nepatrná pravděpodobnost (1 nebo 0,1 %), že jsme poznali rozdíl, který neexistuje. Roste však pravděpodobnost chyby druhého druhu (rozdíl existuje, ale my jsme ho nepoznali). Nechceme-li se proto dostat do absurdních situací, nelze volit hladinu významnosti neúměrně vysokou (většinou vystačíme s 95 nebo 99 %, což jsou hodnoty, které se ve většině případů osvědčily jako přísné, ne však přehnaně přísné). Dále je třeba vzít v úvahu, že zatímco chyba prvního druhu je pevně stanovena (předem si ji volíme), chyba druhého druhu se snižuje se zvyšujícím se počtem vzorků. Proto, je-li počet vzorků nízký (např. počet degustátorů je omezený), volíme raději nižší hladinu významnosti, zatímco při dostatečném počtu vzorků si můžeme dovolit zvolit hladinu významnosti vyšší. Při malém počtu degustujících lze s výhodou předkládat vzorky opakovaně.

Při posuzování praktických dopadů lze též uplatnit následující pravidlo: hrozí-li velká ztráta, nepoznáme-li *skutečně existující rozdíl*, zvolí se nižší hladina významnosti (90 nebo 95 %). Hrozí-li velká ztráta, *předpokládá-li se existence rozdílu*, pak se zvolí vyšší hladina významnosti (např. 99 nebo 99,9 %).

Toto tvrzení lze ozřejmit na následujících příkladech:

Pivovar hodlá přejít na levnější způsob chmelení bez zhoršení kvality vyráběného piva (jinak hrozí ztráta trhu). V daném případě je lepší nulovou hypotézu testovat méně přísně, neboť bude-li odmítnuta 95 % (ne však z 99 %), je pivo vyrobené levnějším způsobem přece jen horší a nelze riskovat ztrátu trhu.

Pivovar chce vynaložit značné prostředky do postupu B, o kterém se

(možná mylně) domnívá, že je lepší než postup A. V daném případě je třeba velmi přísně ověřit, zda hypotézu „B není lepší než A“ lze zcela rozhodně odmítnout. Teprve tehdy, dá-li se s 99% nebo vyšší jistotou říci, že nulová hypotéza může být pokládána za vyvrácenou, lze se rozhodnout pro nákladný přechod na B.

3.4 Aplikace testovacího kritéria

Testovací kritérium se volí podle druhu testu, kterého bylo v daném případě použito. Zde počet kladných odpovědí porovnáme s tabulkou kritických hodnot, které se liší podle zvolené hladiny významnosti.

3.5 Interpretace výsledků

Správná interpretace výsledků je základním předpokladem pro jejich využití v praxi. Velký pozor je třeba dát na to, zda příslušný výklad je jednoznačný a zjištěné výsledky není možno interpretovat jiným způsobem. Tak např. při posuzování dvou vzorků, u nichž se má zjistit, zda se liší intenzitou hořkosti, je skutečně rozdíl nalezen. Může se však ukázat, že posuzovatelé rozlišili vzorky ne na základě hořkosti, ale podle cizí vůně, která je v jednom ze vzorků přítomna. Nebo jiný příklad: mezi dvěma vzorky rozdíl nalezen není, to však ještě nemusí znamenat, že neexistuje (chyba druhého druhu). Pokud by byl zvýšen počet posuzovatelů, rozdíl bude zjištěn (viz dříve, chyba druhého druhu se snižuje se zvýšeným počtem pokusů).

Někdy můžeme stát před opačným problémem. Rozdíl je nalezen, ale je podstatný? Pozná jej i laik?

Proti obecným zásadám vyžadovaným při provádění degustací je ještě více třeba dbát na to, aby degustující nebyli rozptylováni vedlejšími faktory. Zejména je třeba zajistit, aby vzorky měly stejnou teplotu a v degustačních nádobkách bylo pokud možno stejně vzorku. Aby degustující nemohli rozlišit vzorky podle barvy, zákalu nebo pěny, dává se v těchto případech přednost neprůhlednému nádobí.

Základní podmínkou je striktně individuální posuzování. Jednotliví hodnotitelé se nesmějí mezi sebou nijak dorozumívat ani své pocity nebo postřehy slovně komentovat (např. zda vzorky mohou nebo nemohou rozlišit). Ideálním způsobem je provádění těchto zkoušek v oddělených boxech.

Jak již bylo uvedeno výše, na spolehlivost výsledku má vliv počet posouzení. Při nižším počtu posuzovatelů je možno zvýšit počet odpovědí tím, že vzorky předložíme opakovaně (podstatně snížíme chybu druhého druhu). Na druhé straně ale je třeba počítat se senzorickou únavou posuzovatelů a podle ní vhodně uzpůsobit počet podávaných vzorků.

4 VYHODNOCENÍ TESTŮ PROVÁDĚNÝCH LAIKY

I když odborníci na senzorickou analýzu poskytují přesné a kvalitní výsledky, mohou zastávat některé názory odlišné od názorů běžných konzumentů. Proto je vhodné profesionální testy doplnit o zjištění představ běžných konzumentů bez jakéhokoli školení. O konzumentské zkoušky má zájem především marketing a obchodní sféra. Vyjde-li pivovar na trh s novým výrobkem, měli by být k jeho ochutnávce přizváni i laici. Laické testy se v zásadě dělí na dva typy: dotazníkový test, kdy spolu s novým výrobkem se konzumentovi předloží dotazník, nebo preferenční testy, kdy konzument vybírá ze dvou nebo více vzorků pro něho nejvhodnější.

Pokud konzument vybírá ze dvou vzorků, hodnotí se výsledky párovým testem. Někdy je vhodnější předložit konzumentovi více vzorků a posoudit, kterému nebo kterým by dal přednost. Pro názornost je uveden následující příklad: 60 laikům je předloženo 6 vzorků piva, jedno z nich mají označit jako nejlepší. Výsledek testu je uveden v tab. 4.

Tab. 4 Výsledek konzumentského testu, kdy 60 laiků vybíralo nejlepší pivo ze šesti vzorků

Vzorek piva č.	Byl vybrán jako nejlepší
1	7x
2	9x
3	10x
4	6x
5	18x
6	10x

Na první pohled se zdá, že největší přednost dávají konzumenti vzorku č. 5. Jednoduchý matematicko-statistický výpočet však ukáže, že tomu tak není. Vypočítá se tzv. χ^2 (chi-kvadrát) test podle vzorečku:

$$\chi^2 = \sum (B - E)^2 / E,$$

kde B je nalezená četnost a E je očekávaná četnost. Tato hodnota se porovná s tabelovanou kritickou hodnotou v tab. 5; pokud ji překročí, lze tvrdit, že spotřebitelé dávají statisticky významně přednost danému vzorku.

Tab. 5 Kritické hodnoty χ^2 – rozdělení:

Počet piv	95 %	99 %
3	6,0	9,2
4	7,8	11,3
5	9,5	13,3
6	11,1	15,1
7	12,6	16,8
8	14,1	18,5
9	15,5	20,1
10	16,9	21,7

Příklad výpočtu: očekávaná četnost je v našem případě 10 (60 konzumentů chutná 6 piv). Tedy:

$$(7 - 10)^2 + (9 - 10)^2 + (10 - 10)^2 + (6 - 10)^2 + (18 - 10)^2 + (10 - 10)^2 = 9 + 1 + 0 + 16 + 64 + 0 = 90, \text{ děleno } 10 = 9.$$

Kritická hodnota pro 6 piv a 95% hladinu pravděpodobnosti je 11,1 (viz tab. 4), čili výsledek testu lze považovat pouze za náhodný.

5 VYUŽITÍ STATISTICKÝCH METOD V SENZORICKÉ ANALÝZE PIVA – VÍCEROZMĚRNÉ METODY

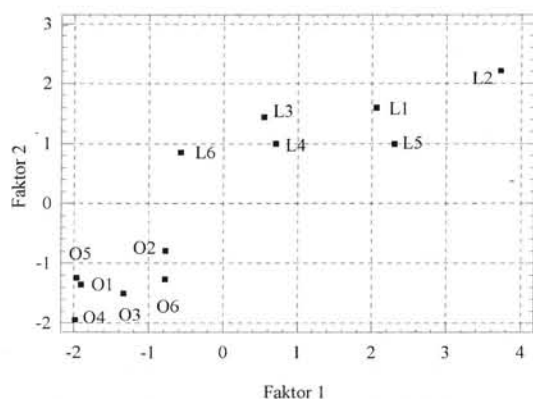
Často se v senzorické analýze setkáváme s problémem, jak na základě senzorických parametrů posuzovat podobnost nebo rozdíly, a to jak mezi vzorky, tak mezi těmito parametry. S rozvojem výpočetní techniky se začaly při vyhodnocování výsledků senzorické analýzy v hojné míře používat tzv. vícerozměrné statistické metody [8], kdy se u více objektů sleduje více proměnných. Jejich hlavním cílem je nalézt skryté vztahy jak mezi proměnnými, tak mezi jednotlivými objekty. Mezi tyto metody patří faktorová analýza, shluková analýza a diskriminační analýza. Při výpočtu se vychází z jednotného základu, a to senzorických profilů piv, jak bylo uvedeno v kap. 2.4.

5.1 Faktorová analýza

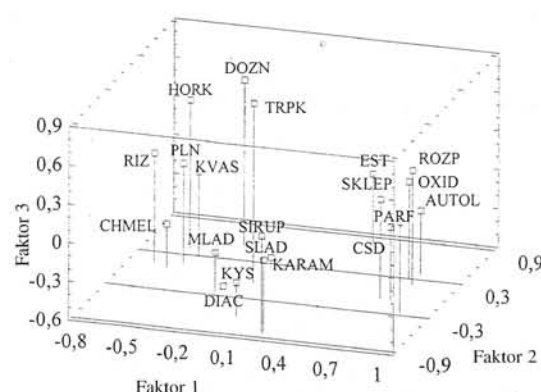
Faktorová analýza se snaží nalézt skryté (neměřitelné, latentní) faktory, vysvětlující variabilitu a závislost proměnných. Zjednodušeně řečeno, konstruuje se při ní lineární kombinace původních proměnných, které odčerpávají co nejvíce jejich celkové variability. Ukazuje se, že i při velkém počtu proměnných lze zredukovat chování jednotlivých proměnných na n faktorů, kde n bývá velmi nízké (často 2 nebo 3). Výsledkem je graf (většinou dvojrozměrný), z kterého, i za cenu ztráty určité části informace, lze vyčíst podobnost mezi proměnnými nebo objekty. Typickým příkladem je použití faktorové analýzy k určení odlišnosti originálních vzorků piva od licenční výroby (obr. 3). Byly stanoveny senzorické profily dvacíti vzorků piv, z nichž šest bylo vyrobeno v původním závodě a šest licenčně v jiném pivovaru na jiném místě. Z obrázku je patrné, že se piva rozdělila do dvou shluků, na kompaktnější originální piva a méně kompaktní piva licenční. Jako další příklad je uveden obr. 4, na kterém je znázorněna souvislost mezi senzorickými parametry zjištěnými na souboru přibližně 70 piv degustovaných asi desetičlennou degustační komisí. Je zřejmé, že některé senzorické parametry jsou si podobné (říkají v podstatě totéž): nepříjemné cizí vůně se nacházejí vpravo (podobné si jsou např. esterová, po rozpouštědlech a parfémová), dole vpředu se nacházejí cizí vůně a chutě se sladkou složkou (mladinová, sirupová, sladinová, karamelová) a vlevo vzadu nahoře jsou blízko sebe hořkost, doznívání a trpkost.

5.2 Shluková analýza

Shluková analýza patří mezi metody, zabývající se zkoumáním podobnosti ví-



Obr. 3 Faktorová analýza sensorických profilů originálních a lícenčních piv



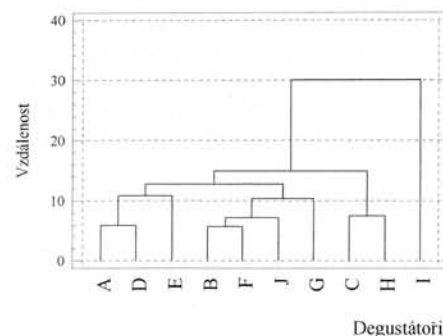
Obr. 4 Faktorová analýza vybraných sensorických parametrů piva

cerozměrných objektů (objektů, u nichž je změřeno větší množství proměnných) a jejich tříděním do shluků (skupin). Principem metody je hierarchické seskupování

založené na postupném spojování objektů a jejich shluků do dalších, větších shluků. Celý postup se opakuje tak dlouho, dokud všechny objekty netvoří jeden velký shluk nebo dokud nezůstane určitý předem daný počet shluků. Nejpřehlednějším výstupem shlukové analýzy je tzv. dendrogram (stromový diagram), z něhož je dobře patrna hierarchická struktura objektů ve shlucích. Náhornou ukázkou shlukové analýzy je obr. 5, kdy byla touto metodou zpracována data z příkladu uvedeného v kap. 2.5, na kterém je možno studovat přístup jednotlivých degustátorů. Opět se potvrdilo, že degustátor I je jakoby „nejvzdálenějším“ objektem od ostatních.

5.3 Diskriminační analýza

Další metodou vhodnou k posouzení rozdílů mezi vzorky nebo parametry je diskriminační analýza, která umožňuje klasifikovat jednotlivé objekty do předem zvolených skupin na základě vybraných parametrů. Nejdříve se na vybraných vzorcích provede určitý počet měření a na základě diskriminačních rovníc je možné klasifikovat objekty do daných skupin. Pokud se zadají parametry nového vzorku, je pak tento vzorek zařazen do správné skupiny.



Obr. 5 Shluková analýza způsobu hodnocení osmu degustátorů

Literatura

- [1] CUŘÍN, J., ČEJKA, P.: Sensorická analýza piva. Závěrečná zpráva, VÚPS Praha, 1992
- [2] HRABÁK, M., ČEJKA, P., HRDLIČKOVÁ, D.: Kvas. Prum. 47, 2001, s. 38
- [3] POKORNÝ, J., VALENTOVÁ, H., PANOVSÁ, Z.: Sensorická analýza potravin, VŠCHT Praha, 1998
- [4] Analytica EBC, European Brewery Convention, 5. vydání, Verlag Hans Carl, Getränke-Fachverlag; Nürnberg, 1998
- [5] CUŘÍN, J.: Objektivizace sensorického hodnocení jakosti piva. Výzkumná zpráva VÚPS Praha, 1973
- [6] ANDĚL, J.: Matematická statistika, SNTL Praha, 1985.
- [7] MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. PLUS Praha, 1994
- [8] HEBÁK, P., HUSTOPECKÝ, J.: Vícerozměrné statistické metody s aplikacemi. SNTL/ALFA Praha, 1987

Zpracováno podle přednášky na 3. mezinárodní pivovarnické a sladařské konferenci 10.–12. dubna 2002 v Bratislavě

Čejka, P. – Kellner, V. – Čulík, J. – Horák, T. – Jurková, M.: Moderní metody hodnocení výsledků sensorické analýzy. Kvasny Prum. 48, 2002, č. 5, s. 114–119.

Jednou z nejdůležitějších vlastností kvality piva je jeho organoleptický charakter. Ten se většinou posuzuje formou ochutnání piva degustační komisí. Ukazuje se však, že běžný způsob hodnocení výsledků sensorické analýzy, jak se prakticky provádí, je nedostatečný. Zavedení osobních počítačů do praxe umožňuje v současné době zpracovávat výsledky moderními metodami s cílem vytěžit z nich maximum informací. Cílem přednášky je ukázat, jak odhalit tajemství ukryté ve výsledcích dat sensorické analýzy. S využitím jednoduchých statistických metod je možné posuzovat a porovnávat nejen piva, ale také hodnotit schopnosti a práci degustátorů. Ze získaných výsledků lze rovněž učinit závěry, jak do budoucna zlepšit práci degustační komise.

Čejka, P. – Kellner, V. – Čulík, J. – Horák, T. – Jurková, M.: Modern Methods for Evaluation of Sensorial Analyse Results. Kvasny Prum. 48, 2002, No. 5, p. 114–119.

One of the most important features of beer quality is its organoleptic character. Generally, this character is evaluated through tasting of beer by sensory panel. It has been proved, however, that the common way of evaluation of the sensorial analyse results, as

practically performed, is deficient. Using of personal computers has now enabled to use modern methods for processing the results in order to obtain maximum information of them. The aim of the lecture is to show how to disclose the secret concealed in the results of the sensoric analyse data. By using of simple statistic methods, it is possible not only to consider and compare types of beer but even to evaluate the capacity and effort of panelists. The obtained results enable to make conclusions of how to improve the operation of sensory panel in future.

Čejka, P. – Kellner, V. – Čulík, J. – Horák, T. – Jurková, M.: Moderne Methoden der Bewertung der Ergebnisse sensorischer Analysen. Kvasny Prum. 48, 2002, Nr. 5, S. 114–119.

Zu den wichtigsten Eigenschaften der Qualität des Bieres gehört sein organoleptischer Charakter. Meist wird er in der Form der Verkostung des Bieres durch eine Degustationskommission beurteilt. Es zeigt sich jedoch, dass das geläufige Verfahren der Auswertung der Ergebnisse organoleptischer Analysen, so wie es praktisch ausgeführt wird, nicht ausreichend ist. Die Einführung der PC (Personal Computer) in die Praxis ermöglicht gegenwärtig die Verarbeitung der Ergebnisse mittels moderner Methoden mit dem Ziel, das Maximum von Informationen zu gewinnen. In dem Vortrag wird aufgezeigt,

wie das in den Ergebnissen der sensorischen Analysen enthaltene Geheimnis entdeckt werden kann. Mit Anwendung einfacher statistischer Methoden können nicht nur Biere, sondern auch die Fähigkeiten und Arbeitsergebnisse der Degustatoren beurteilt und untereinander verglichen werden. Aus den erzielten Ergebnissen können weiter auch Schlussfolgerungen für die Verbesserung der Arbeit der Degustationskommissionen in der Zukunft deduziert werden.

Чейка, П. – Келлер, В. – Горак, Т. – Юркова М.: Современные методы оценки результатов сенсорического анализа. Kvasny Prum. 48, 2002, No. 5, стр. 114–119.

Одним из важнейших свойств качества пива является его органолептический характер. Это свойство обыкновенно обсуждают жюри дегустаторов. Однако видимо, что обыкновенный способ оценки результатов сенсорического анализа, как он проводится на практике, является недостаточным. Введение РС на практику позволило в настоящее время обработать результаты современными методами с целью получить максимум данных. Авторы доклада стремились показать, каким образом открыть тайну результатов содержащихся в сенсорическом анализе. С использованием простых статистических методов можно оценивать и сравнивать не только пива, но также работу дегустаторов. Из полученных результатов можно выводить, как работу дегустаторов в будущем улучшить.