

## **Využitie multivariačnej analýzy pri hodnotení mliečne fermentovaných zeleninových štiav**

JOLANA KAROVIČOVÁ - GABRIEL GREIF -  
ZLATICA KOHAJDOVÁ - EVA HYBENOVÁ

**SÚHRN.** V práci sú metódou analýzy hlavných komponentov - PCA vyhodnotené deskriptory chuti, vône a celkového vzhľadu. Hodnotili sa mliečne fermentované kapustové šťavy. PC1 vysvetľuje 60,5 % a PC2 16,8 % z celkovej premenlivosti údajov pre deskriptory chuti.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** mliečna fermentácia; kapustová šťava; senzorické hodnotenie; chemické analýzy; PCA

O viacrozmerných štatistických metódach sa hovorí vtedy, ak sa meria viac vlastností alebo znakov, atribútov či premenných na viacerých objektoch alebo vzorkách a všetky tieto veličiny sa súčasne pozorujú a spoločne hodnotia, identifikujú sa trendy v súboroch získaných dát a študujú sa vzájomné vzťahy a súvislosti príslušných veličín, t. j. premenných a vzoriek. Z matematicko-štatistického pohľadu možno považovať každý výsledok analýzy, to znamená každú premennú charakterizujúcu danú vzorku alebo každú vzorku charakterizujúcu danú premennú, za rozmer, dimenziu. V analýze potravín spravidla ide o väčší počet vzoriek, ktorý býva charakterizovaný viacerými premennými. Takéto výsledky možno preto priradiť do kategórie viacrozmerných, multivariačných dát, ktoré je nutné hodnotiť viacrozmernými štatistickými metódami [1].

Metódy viacrozmernej analýzy je možné klasifikovať podľa mnohých rôznych hľadísk. Jedno z hľadísk členenia viacrozmerných metód je podľa závislosti premenných. O tento prípad ide vtedy, ak je skúmaná závislosť jednej či viacerých premenných, pričom je už dopredu známe, ktoré premenné sú

---

Doc. Ing. Jolana KAROVIČOVÁ, PhD., Ing. Gabriel GREIF, Ing. Zlatica KOHAJDOVÁ, Ing. Eva HYBENOVÁ, PhD., Katedra sacharidov a konzervácie potravín, Chemickotechnologická fakulta STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

závislé a ktoré nezávislé. Najjednoduchším príkladom takého postupu je pomerne často používaná regresná analýza. Ďalšími štatistickými metódami sú tie, v ktorých sa pozorujú vzťahy a súvislosti medzi premennými (vzorkami) bez toho, aby boli niektoré z nich označené za závislé a niektoré za nezávislé. Medzi tieto metódy patrí, okrem mnohých ďalších, zhluková analýza, korelačná analýza a metóda hlavných komponentov. Korelačná analýza umožňuje iba vyjadrenie tesnosti vzťahu medzi premennými. Ďalšie z viacrozmerných metód, ako napr. zhluková analýza, umožňujú klasifikáciu vzoriek alebo premených na skupiny vzájomne spolu súvisiace. Iné metódy, ako je analýza hlavných komponentov, navyše umožňujú zviditeľnenie výsledkov (premenných alebo vzoriek), v priestore s menším počtom dimenzií a tým umožňujú jednoduché hodnotenie nasledujúcich súvislostí a vzťahov: premenná - premenná, premenná - vzorka a vzorka - vzorka. Existujú aj mnohé ďalšie členenia viacrozmerných štatistických metód [2,3].

Metóda analýzy hlavných komponentov (PCA) sa využíva prakticky vo všetkých vedných odboroch. Výhodne sa používa aj pri vyhodnocovaní v analýze potravín. V ostatnom čase bola navrhnutá niekoľkými autormi [4-7]. Výroba mliečne fermentovaných výrobkov na báze rastlinných surovín má u nás dlhú tradíciu. Stále väčšiu obľubu u spotrebiteľov získavajú aj mliečne fermentované zeleninové šťavy, ktoré sa vyrábajú najmä z bielej hlávkovej kapusty, cvikly, mrkvy, zeleru, paradajok. Na dodržanie rýchleho a kontrolovaného kvasenia zeleninových polotovarov na výrobu mliečne fermentovaných zeleninových štiav sa k východnému materiálu pridáva čistá kultúra mikroorganizmov vyvolávajúca mliečne kvasenie. Výberu kmeňov baktérií mliečneho kvasenia, vhodných na výrobu mliečne fermentovaných štiav, sa venuje niekoľko prác [8,9]. Študujú sa kmene z rodu *Lactobacillus*, ktoré zosilňujú a zušľachťujú arómu štiav, umožňujú rýchly pokles pH, produkujú v prevažnej miere kyselinu mliečnu, spôsobujú utilizáciu dusičnanov a dusitanov a produkujú menej biogénnych amínov.

## **Materiál a metódy**

### *Použité vzorky*

Na senzorické hodnotenie boli použité mliečne fermentované kapustové šťavy, ktoré boli pripravené z bielej hlávkovej kapusty. Šťavy boli prefiltrované a bolo pridané 0,5 hm. % NaCl. Takto upravené šťavy boli nadávkované po 120 cm<sup>3</sup> do Erlenmayerových baniek. Šťava bola naočkovaná kultúrou mliečnych baktérií *Lactobacillus plantarum* 92H v koncentráciách 2,2.10<sup>4</sup>; 2,2.10<sup>6</sup>; 2,2.10<sup>8</sup> KTJ.ml<sup>-1</sup> šťavy. Banky boli zazátkované sterilnými gumovými

zátkami na zabezpečenie anaeróbných podmienok. Šťavy boli fermentované v termostate pri teplote 28 °C počas 120 hodín. V priebehu fermentácie sa v nami stanovených časových intervaloch odoberali vzorky na analytické stanovenie a súčasne na senzorické hodnotenie.

*Označenie vzoriek:*

- s koncentráciou  $2,2 \cdot 10^4$  KTJ.ml<sup>-1</sup> - A0, A24, ... A120,
- s koncentráciou  $2,2 \cdot 10^6$  KTJ.ml<sup>-1</sup> - B0, B24, ... B120,
- s koncentráciou  $2,2 \cdot 10^8$  KTJ.ml<sup>-1</sup> - C0, C24, ... C120.

Vzorky boli odoberané počas 120 hodín (0, 24, 48, 72, 96 a 120 h).

Pri každom odbere boli vzorky analyticky hodnotené (NaNO<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, pH, titračná kyslosť, organické kyseliny), šťavy po odberoch sa zmrazili a po skončení fermentačného procesu sa všetky naraz rozmrazili a senzorycky hodnotili (vzhľad, vôňa, chuť). Na senzorické hodnotenie boli podávané všetky vzorky pri rovnakej teplote.

*Kultivácia mikroorganizmov*

Lyofilizovaná kultúra kmeňa *Lactobacillus plantarum* 92H bola rozmnožená v LS-bujóne (IMUNA, Šarišské Michaľany). Pôda bola sterilizovaná 15 minút pri teplote 121 °C. Kultúra bola rozmnožená v LS-bujóne pri teplote 37 °C počas 12 hodín. Na kultiváciu bol použitý kmeň uchovávaný na LS-agare pri teplote  $5 \pm 1$  °C.

*Chemické analýzy*

**Stanovenie pH**

Meranie na prístroji Präzisionis-Labor-pH-Messegerät MV88 (VE Kombinat Pracitronic Dresden), UI

**Stanovenie titračnej kyslosti [12]**

Odmerným roztokom NaOH bol na indikátor fenolftaleín stanovený celkový obsah titrovateľných kyselín a vyjadrený ako kyselina mliečna.

**Stanovenie dusičnanov 3,4-xylenolom [13]**

Dusičnany v kyslom prostredí nitrujú 3,4-xylenol, ktorý sa z reakčnej zmesi izoluje vodnou parou a zachytáva do tlmivého roztoku. Žltá až oranžovo sfarbená 2-nitro-3,4-xylenol je priamo úmerný množstvu dusičnanov vo vzorke, jeho absorbancia sa meria pri vlnovej dĺžke 430 nm.

**Stanovenie dusitanov s N-(1-naftyl)etyléndiamínom [13]**

Dusitany diazotujú sulfonylamid v silne kyslom prostredí a vzniknutá diazóniová soľ sa kopuluje s N-(1-naftyl)etyléndiamínom za vzniku červeno-fialového azofarbiva, ktorého absorbancia sa meria pri  $\lambda = 430$  nm.

#### Stanovenie amoniaku mikrodifúziou [14]

Amoniak sa z extraktu vzorky vytlačí uhličitanom draselným v Conwayovej nádobke a absorbuje kyselinou boritou. Zo spotreby odmerného roztoku kyseliny sírovej sa vypočíta obsah amoniaku.

#### Stanovenie organických kyselín izotachoforézou

Na meranie sa použil izotachoforetický analyzátor ZKI 01 Villa, Labeco Spišská N. Ves s vodivostným detektorom. Na identifikáciu a stanovenie bol aplikovaný elektrolytický systém nasledujúceho zloženia: vodiaci elektrolyt  $1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  HCl, protión 6-aminokaprónová kyselina, pH 4,25, aditívum 0,1 % metylhydroxyetylcelulóza. Zakončujúcim elektrolytom bola  $5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  kyselina kaprónová. Vzorky boli analyzované s prúdom 200 mA v predseparačnej kolóne. Kvantitatívna analýza bola realizovaná pomocou metódy kalibračnej čiary.

#### Charakteristika súboru hodnotiteľov

Senzorické hodnotenie vybraných mliečne fermentovaných štiav vykonával súbor 10 až 14 hodnotiteľov. Vybraní hodnotitelia boli vopred preskúšaní zo základných senzorických testov podľa Příbelu [10] a mohli byť zaradení do skupiny - posudzovatelia.

#### Výber senzorických metód

Na senzorické hodnotenie štiav bola vybraná metóda senzorického profilu. Celkový vnem bol rozložený na jednoduché pocity (deskripty), ktoré hodnotitelia podľa príslušnej intenzity naznačili od minima po maximum (hodnotenie vône a chuti). Pri hodnotení vzhľadu bola zvolená intenzitná profilová stupnica, podrobne uvedená v práci Karovičovej a kol. [11]. Za deskripty vône mliečne fermentovanej kapustovej šťavy boli zvolené deskripty: sladká, kyslá, sladkokyslá, kapustová, ostrá a zapáchajúca. V lineárnom grafe sa na os x nanášajú postrehnuteľné intenzity deskriptorov. Os x je neštruktúrovaná grafická úsečka. Z dôvodu lepšej orientácie sme pre rýchle zatriedenie uviedli aj rozdelenie neštruktúrovanej úsečky x na jednotlivé úseky, ktoré boli charakterizované znakmi od veľmi slabo vnímateľnej až po veľmi silno vnímateľnú, napr. vôňu. Jednotlivé vzdialenosti boli odmerané na osi x, vypočítané aritmetické priemery a uvedené v tabuľkovej forme.

Deskripty chuti boli: sladká, slaná, sladkokyslá, kyslá, kapustová, trpká, horká a harmonická. Pri hodnotení vône a chuti hodnotitelia priradili ku každému zo skúmaných deskriptorov príslušnú intenzitu do lineárneho grafu, čím bol získaný senzorický profil vzorky.

### *Výber matematicko-štatistickej metódy*

Na vyhodnotenie a znázornenie výsledkov bola vybraná jedna z viacrozmerných štatistických metód - metóda analýzy hlavných komponentov (PCA - Principal Component Analysis). Metóda bola zvolená s predpokladom efektívneho využitia výsledkov senzorického hodnotenia mliečne fermentovaných kapustových štiav.

### *Vyhodnotenie výsledkov*

Dátové matice boli analyzované metódou PCA s využitím programu SGWIN (Statgraphics Plus) pre Windows, Verzia 1.4.s.

## **Výsledky a diskusia**

Na senzorické hodnotenie mliečne fermentovaných kapustových štiav sme zvolili metódu senzorického profilu, ktorá sa uplatňuje pri charakterizácii kvality alkoholických a nealkoholických nápojov, ovocných a zeleninových štiav a pod. [15].

Metódu senzorického profilu sme aplikovali na opísanie vzhľadu, vône a chuti vopred určenými, postupne vnímateľnými deskriptormi. Senzorické posúdenie kvality kapustových štiav robil súbor 10 až 14 hodnotiteľov, ktorý určil intenzitu každého deskriptora na zvolenej neštruktúrovanej grafickej úsečke, resp. podľa 5 až 7 bodovej intenzitnej stupnice.

Vyhodnotenie senzorických a analytických výsledkov: 18 vzoriek mliečne fermentovaných kapustových štiav sa získalo počas fermentácie pri teplote 28 °C pri každom odbere v priebehu 120 hodín.

### *Hodnotenie vzhľadu vzoriek*

Pri hodnotení vzhľadu mliečne fermentovaných kapustových štiav boli dôležitými ukazovateľmi: farba šťavy, zákal, sediment a celkový vzhľad. Všetky hodnotené vzorky mali rovnaký sediment. Viditeľné rozdiely boli v zafarbení štiav a v zafarbení. Rozdiely sa sledovali po usadení sedimentu štiav. Pre vzorky mliečne fermentovaných kapustových štiav sú popisy farby a zákalu uvedené v tab. 1. Z výsledkov uvedených v tab. 1 vyplýva, že najvhodnejšiu farbu a zákal mali fermentované kapustové šťavy pri dĺžke fermentácie 72 až 96 hodín (vzorky A a B), čomu zodpovedala farba svetlooranžová, svetlooranžovohnedá. Zákal vzoriek bol mierny. Pri ďalšom pokuse (vzorky C) bol vhodný čas fermentácie medzi 24. až 48. hodinou a obdobne ako pri predchádzajúcich pokusoch určili farbu oranžovohnedú a svetlooranžovohnedú. Po týchto hodinách fermentácie sa farba a zákal vzoriek

TAB. 1. Popis farby a zákalu mliečne fermentovaných kapustových štiav.  
 TAB. 1. Colour and turbidity description of the lactic acid fermented cabbage juices.

Vzorka <sup>1</sup>	Farba <sup>2</sup>	Zákal <sup>3</sup>
A0	svetložltá so zeleným odtieňom	mierne zakalená
A24	svetložltá so zeleným odtieňom	slabo zakalená
A48	svetložltá so zelenohnedým odtieňom	mierne zakalená
A72	svetložltá so zelenohnedým odtieňom	mierne zakalená
A96	svetložltá so zelenohnedým odtieňom	mierne zakalená
A120	svetložltá so zelenohnedým odtieňom	silne zakalená
B0	svetložltá so zeleným odtieňom	mierne zakalená
B24	svetložltá so zelenohnedým odtieňom	mierne zakalená
B48	svetložltá so zelenohnedým odtieňom	mierne zakalená
B72	svetložltá so zelenohnedým odtieňom	mierne zakalená
B96	svetložltá so zelenohnedým odtieňom	silne zakalená
B120	svetložltá so zelenohnedým odtieňom	mierne zakalená
C0	svetložltá so zeleným odtieňom	mierne zakalená
C24	svetložltá so zeleným odtieňom	mierne zakalená
C48	svetložltá so zeleným odtieňom	mierne zakalená
C72	svetložltá so zeleným odtieňom	mierne zakalená
C96	svetložltá so zeleným odtieňom	silne zakalená
C120	svetložltá so zeleným odtieňom	silne zakalená

1 - sample, 2 - colour, 3 - turbidity.

výrazne zhoršili. Úlohou hodnotiteľov bolo posúdiť vhodnosť farby a zákalu a tým určiť celkový vzhľad vzoriek. V uvedených časových intervaloch fermentácie mali analyzované vzorky primeraný až dobrý vzhľad (označený intenzitou od 4 do 5). Po týchto hodinách fermentácie sa celkový vzhľad výrazne zhoršil.

#### *Hodnotenie vôní vzoriek*

Vo vzorkách mliečne fermentovaných kapustových štiav hodnotil súbor hodnotiteľov intenzitu vybraných deskriptorov vône: sladkú, kyslú, sladko-kyslú, kapustovú, ostrú a zapáchajúcu, ktorú označili do lineárneho grafu senzorického profilu. Hodnoty intenzít vybraných vôní uvedených v tab. 2 sú priemerné hodnoty, pričom hodnoty výrazne sa odlišujúce od hodnôt väčšiny hodnotiteľov boli vylúčené.

Zo získaných výsledkov vyplýva, že v počiatočných hodinách fermentácie prevládali vo vzorkách všetkých pokusov deskriptory vône: sladká a kapustová. Sladká vôňa v priebehu celého fermentačného procesu klesala až po hodnotu 3,0 a kapustová vôňa klesala po hodnotu 4,39. Naopak kyslá vôňa počas celého času fermentácie stúpala až na hodnotu 5,75 (vzorky C),

TAB. 2. Hodnotenie vôní vzoriek mliečne fermentovaných kapustových štiav.

TAB. 2. Flavour evaluation of the lactic acid fermented cabbage juices.

Vzorka <sup>1</sup>	Deskriptory vône <sup>2</sup>					
	Sladká <sup>3</sup>	Kyslá <sup>4</sup>	Sladkokyslá <sup>5</sup>	Kapustová <sup>6</sup>	Ostrá <sup>7</sup>	Zapáchajúca <sup>8</sup>
A0	4,86	1,64	2,96	8,12	1,01	0,84
A24	4,85	3,66	3,96	6,28	1,50	1,96
A48	4,30	3,77	4,30	5,89	1,42	0,78
A72	3,86	3,86	4,07	5,39	1,01	0,47
A96	3,38	4,69	4,05	5,67	1,90	0,98
A120	3,67	4,80	4,48	5,61	1,90	0,57
B0	4,86	1,64	2,96	8,12	1,01	0,84
B24	4,05	1,91	2,45	5,56	0,44	1,04
B48	3,56	4,24	3,43	5,52	1,50	0,72
B72	3,49	4,76	3,67	5,47	1,15	0,54
B96	3,34	4,96	3,98	4,95	1,34	1,09
B120	3,00	5,04	4,12	4,96	1,60	1,19
C0	4,86	1,64	2,96	8,12	1,01	0,84
C24	4,68	2,44	3,07	5,70	0,85	1,93
C48	4,65	4,10	3,66	4,72	1,37	1,15
C72	3,66	5,35	4,30	5,23	1,50	1,34
C96	3,15	5,52	4,64	4,97	2,13	1,58
C120	3,06	5,75	4,47	4,39	1,92	1,85

1 - sample, 2 - flavour descriptors, 3 - sweet, 4 - acid, 5 - sweetacid, 6 - cabbage-like, 7 - sharp, 8 - off-odour (smell).

bola stredne silno vnímateľná. Sladkokyslá vôňa sa zosilňovala, v dôsledku prekrytia kyslej vône nad sladkou až po hodnotu 4,48, bola stredne silno vnímateľná. V priebehu fermentácie sa zosilňovali aj deskriptory vône ostrá a zapáchajúca. Ich hodnoty neboli vysoké, čo boli veľmi slabo vnímateľné intenzity a nepôsobili rušivo počas celej fermentácie, najvyššie hodnoty boli dosiahnuté od 96 do 120 hodiny fermentácie, hodnotitelia určili intenzitu od 1,90 do 2,13.

Podľa výsledkov hodnotiteľov mali mliečne fermentované šťavy najharmonickjšie zladenú vôňu medzi 48. až 72. hodinou fermentácie (vzorky A a B) a pri pokuse so vzorkami označenými C medzi 48. až 96. hodinou. Tieto časové intervaly sú teda z hľadiska intenzity vône mliečne fermentovaných kapustových štiav optimálne.

### *Hodnotenie chutí vzoriek*

Na hodnotenie chutí mliečne fermentovaných štiav boli zvolené tieto deskriptory chuti: slaná, trpká, horká, sladká, kyslá, sladkokyslá, kapustová

a harmonická. Úlohou hodnotiteľov bolo zaznamenať intenzitu každej chuti na lineárnom grafe senzorického profilu. Pri každej chuti bola daná vzdialenosť odmeraná a potom z číselných údajov bol vypočítaný aritmetický priemer. Priemerné hodnoty intenzít chuti sú uvedené v tab. 3.

Z výsledkov uvedených v tab. 3 vyplýva, že počas fermentácie sa slaná chuť výrazne nemenila a po celý čas mala hodnoty 2,49 až 3,96 s intenzitou veľmi slabo vnímateľnou až vnímateľnou. Deskriptory trpkkej a horkej chuti taktiež nenadobúdali významné rozdiely hodnôt. V prvých hodinách fermentácie vo vzorkách prevládala veľmi intenzívne sladká chuť. Jej intenzitu označovali hodnotitelia najčastejšie intenzitou až 6,88, čo je intenzita stredne silno vnímateľná až silno vnímateľná. Vo všetkých vzorkách sa od začiatku hodnotenia dali rozoznať chute: kyslá a sladkokyslá, ktorých intenzita sa stupňovala s pribúdajúcim časom fermentácie, najmä kyslá chuť sa stávala veľmi výraznou. Na konci fermentácie sa jej intenzita pohybovala medzi 7,03 až 7,72, intenzita kyslej chuti bola stredne silno vnímateľná až silno

TAB. 3. Hodnotenie chutí vzoriek mliečne fermentovaných kapustových štiav.

TAB. 3. Taste evaluation of the lactic acid fermented cabbage juices.

Vzorka <sup>1</sup>	Deskriptory chuti <sup>2</sup>							
	Sladká <sup>3</sup>	Slaná <sup>4</sup>	Kyslá <sup>5</sup>	Sladkokyslá <sup>6</sup>	Kapustová <sup>7</sup>	Trpká <sup>8</sup>	Horká <sup>9</sup>	Harmonická <sup>10</sup>
A0	6,88	2,49	1,38	1,95	8,01	1,14	0,97	2,18
A24	6,62	2,50	1,43	3,27	6,97	1,80	1,57	2,10
A48	2,65	2,80	6,23	3,77	6,14	1,90	1,96	3,02
A72	2,57	3,45	7,19	3,92	6,10	2,17	1,54	3,21
A96	2,47	3,05	7,28	4,02	6,05	2,14	1,54	3,80
A120	2,37	3,15	7,72	4,11	6,11	2,27	1,29	3,36
B0	6,88	2,49	1,38	1,95	8,01	1,14	0,97	2,18
B24	6,38	2,00	1,54	2,20	6,87	1,21	1,50	1,31
B48	4,00	3,48	5,65	4,09	6,40	1,28	1,10	2,52
B72	3,16	3,96	6,87	4,42	6,06	1,45	1,84	2,80
B96	2,48	3,61	6,59	4,51	6,35	1,50	1,04	4,07
B120	2,29	2,89	7,07	4,72	5,82	2,26	1,15	2,63
C0	6,88	2,49	1,38	1,95	8,01	1,14	0,97	2,01
C24	6,13	2,02	2,86	2,49	4,78	1,63	1,63	1,90
C48	4,08	3,08	5,62	2,83	6,60	1,42	1,50	3,64
C72	2,68	3,09	6,02	3,84	5,51	2,36	2,50	2,23
C96	2,17	3,35	6,56	3,99	5,66	2,14	2,30	2,59
C120	1,17	2,45	7,03	5,01	3,55	1,15	1,14	3,05

1 - sample, 2 - taste descriptors, 3 - sweet, 4 - salty, 5 - acid, 6 - sweetacid, 7 - cabbage-like, 8 - astringent, 9 - bitter, 10 - harmonic.



vnímateľná. V posledných hodinách fermentácie sladká chuť nadobúdala nízku intenzitu, slabo vnímateľnú, čo môžeme vysvetliť tým, že počas fermentácie s kultúrou mliečnych baktérií sa postupne odbúraval glukóza a vznikali organické kyseliny vo vyššej koncentrácii, čím sa vysvetľuje aj nárast intenzity kyslej chuti. Intenzita kapustovej chuti na začiatku fermentácie bola silno vnímateľná, počas fermentácie intenzita kapustovej chuti klesala až po intenzitu vnímateľnú. Sladkokapustová chuť počas fermentácie nadobúdala na intenzite a jej intenzita bola hodnotená ako stredne silno vnímateľná. Z celkového hodnotenia môžeme uviesť, že najharmonickjšiu chuť dosiahli mliečne fermentované šťavy medzi 72. až 96. hodinou fermentácie.

V tab. 4 sú uvedené výsledky chemickej analýzy vzoriek mliečne fermentovaných kapustových štiav. Počas fermentácie boli stanovované: pH hodnota, titračná kyslosť, obsah dusičnanov a dusitanov, obsah amoniaku a organických kyselín. V priebehu mliečnej fermentácie kapustovej šťavy naočko-

TAB. 4. Výsledky chemickej analýzy vzoriek mliečne fermentovaných kapustových štiav.

TAB. 4. Results of the chemical analysis of lactic acid fermented cabbage juices.

Vzorka <sup>1</sup>	NaNO <sub>2</sub> [mg.dm <sup>-3</sup> ]	NaNO <sub>3</sub> [mg.dm <sup>-3</sup> ]	NH <sub>3</sub> [mg.dm <sup>-3</sup> ]	TK [g/100 g]	pH	OK [g.dm <sup>-3</sup> ]
A0	2,86	270,19	26,50	0,09	6,05	3,311
A24	2,95	174,68	29,90	0,11	5,87	3,625
A48	3,42	153,62	32,80	0,83	3,87	8,702
A72	3,33	126,11	33,10	1,03	3,75	8,908
A96	3,33	75,92	29,70	1,07	3,72	9,181
A120	2,19	28,97	29,00	1,08	3,71	9,421
B0	2,86	270,20	33,30	0,09	6,05	3,311
B24	3,21	150,39	42,20	0,12	5,87	3,373
B48	3,46	145,54	40,60	0,89	3,90	6,892
B72	3,43	103,44	34,50	1,03	3,76	7,709
B96	3,30	79,16	25,60	1,05	3,73	8,313
B120	1,46	40,31	27,40	1,09	3,72	8,441
C0	2,86	270,20	39,20	0,09	6,05	3,311
C24	3,04	150,07	59,80	0,27	4,88	4,555
C48	3,99	98,59	82,90	0,92	3,65	8,534
C72	4,25	62,97	87,10	1,33	3,45	12,287
C96	2,96	53,26	67,30	1,34	3,39	14,468
C120	1,07	27,36	47,10	1,34	3,31	14,470

TK - titračná kyslosť; OK - organické kyseliny.

TK - total acidity, OK - organic acids. 1 - sample.

vanej kmeňom *Lactobacillus plantarum* 92H došlo k poklesu pH hodnoty a zároveň nárastu titrovateľných kyselín vyjadrených v percentách kyseliny mliečnej. Vo všetkých pokusoch klesala pH hodnota pod 4,0, čo zabezpečovalo zmenu charakteru vzoriek - kyslé potraviny.

Vo všetkých skúmaných vzorkách bol zaznamenaný pokles koncentrácie dusičnanov. Vo fermentovanej šťave naočkovanej  $2,2 \cdot 10^8$  KTJ.ml<sup>-1</sup> bol nameraný pokles dusičnanov z počiatočnej hodnoty 270,2 mg.dm<sup>-3</sup> na 27,36 mg.dm<sup>-3</sup> po 120. hodine fermentácie, čo predstavuje 89,87 %.

S poklesom koncentrácie dusičnanov súvisel nárast koncentrácie dusitanov. V týchto pokusoch bol najväčší nárast koncentrácie dusitanov až po 48, resp. 72 hodinách fermentácie a v ďalšom priebehu klesal.

Obsah amoniaku vo vzorkách počas mliečnej fermentácie sa výrazne nemenil až na vzorku C. Obsah organických kyselín vo všetkých vzorkách vzrastal z 3,31 g.dm<sup>-3</sup> až na 14,47 g.dm<sup>-3</sup>.

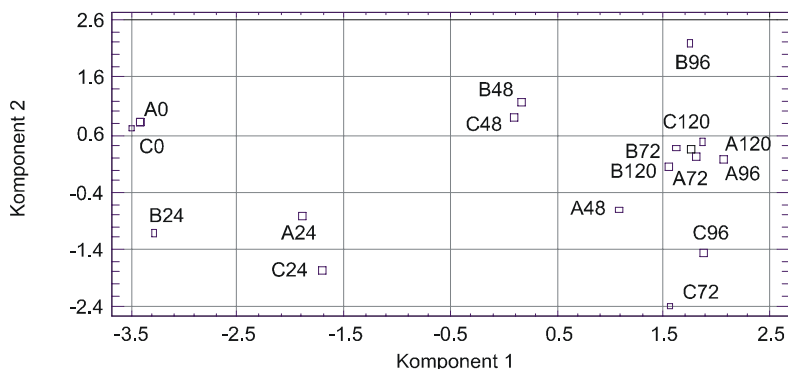
#### *Vyhodnotenie výsledkov získaných pri senzorickom hodnotení a výsledkov chemickej analýzy mliečne fermentovaných kapustových štiav*

Údaje uvedené v tab. 1 až 4 sme usporiadali do niekoľkých dátových matíc, ktoré sme analyzovali metódou hlavných komponentov programom SGWIN. Na charakterizáciu mliečne fermentovaných kapustových štiav boli zvolené senzorické a chemické ukazovatele.

Osemnásť vzoriek mliečne fermentovaných kapustových štiav bolo získaných počas fermentácie pri teplote 28 °C pri každom odbere v priebehu 120 hodín, pričom sa pri každej šťave sledovalo 23 premenných, z toho tieto senzorické (vôňa: kyslá - acid, sladká - sweet, sladkokyslá - sweetacid, kapustová - cabbage, ostrá - sharp, zápachajúca - smell, chuť: slaná - salty, sladká - sweet, sladkokyslá - sweetacid, kapustová - cabbage, trpká - sour, horká - bitter, harmonická - harmonic, vzhľad: zákal - fog, farba - colour, celkový vzhľad - general look) a chemické (NaNO<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, titračná kyslosť TK, pH a organické kyseliny (OK) - organic acid). V tejto práci uvádzame vyhodnotenie výsledkov senzorického hodnotenia (matice 18 x 8, matice 18 x 15) uvedené na obr. 1 a 2.

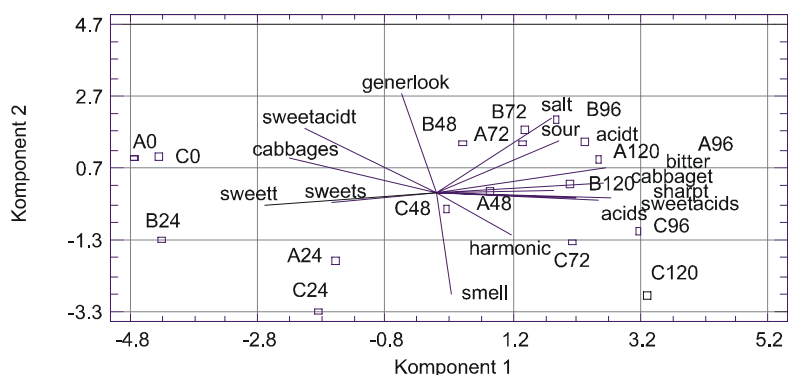
Získané výsledky sme vizualizovali pomocou projekcie v súradniciach hlavných komponentov (PC) vo všetkých prípadoch v najvýznamnejších kombináciách PC1-PC2.

Vyhodnotenie dát získaných senzorickou analýzou pri pokusoch (A, B a C sady vzoriek). Na obr. 1 sú znázornené objekty (vzorky štiav) v súradniciach PC1 a PC2. Prvý hlavný komponent nám vysvetľuje 60,5 % celkovej premenlivosti údajov a druhý 16,8 %. Vzorka C0 sa prekrývala so vzorkou B0, z toho dôvodu sme túto vzorku do obrázku nenaznačovali. Na obrázku



OBR. 1. PCA závislosť medzi prvým a druhým hlavným komponentom pre 18 vzoriek štiav a 8 premenných (deskriptory chuti).

FIG. 1. PCA dependence between the first and second principal components for 18 juice samples and 8 variables (taste descriptors).



OBR. 2. PCA závislosť medzi prvým a druhým hlavným komponentom pre 18 vzoriek štiav a 15 premenných.

FIG. 2. PCA dependence between the first and second principal components for 18 juice samples and 15 variables.

je možné vidieť priebeh fermentácie. Vzorky sú podľa dĺžky fermentácie situované v smere od zápornej po kladnú časť prvého hlavného komponentu. Prvý hlavný komponent najlepšie vysvetľuje vzorky A0, B0 a vzorky A120, B120 a C120. Druhý hlavný komponent vysvetľuje najlepšie vzorky C24, B48 a B72. Na obr. 1 vidíme zhluky vzoriek s rovnako dlhým časom fermentácie, líšiace sa len množstvom inokula vo vzorke. Pomocou tohto grafu by sme mohli identifikovať neznámu fermentovanú vzorku, t. j. určiť jej dĺžku fermentácie a koncentráciu inokula.

Na obr. 2 sú v súradniciach PC1 a PC2 znázornené skóre objektov (vzorky štiav) a saturácie premenných (deskriptory vône - označené príponou s, smell - vôňa, deskriptory chuti s príponou t, taste - chuť a deskriptory celkového vzhľadu). Záporná časť prvého hlavného komponentu nám vysvetľuje deskriptory vône a chuti, kapustovú a sladkú, ktoré boli charakteristické pre vzorky fermentované v čase od 0 do 24 hodín, zároveň vysvetľuje aj celkový vzhľad vzoriek. Kladná časť prvého hlavného komponentu vysvetľuje zvyšné deskriptory chuti, vône a vzhľadu. Ako je vidieť na obr. 2, najharmonickejšie boli vzorky v čase od 72. do 96. hodiny fermentácie. Zároveň vzorky fermentované 96 hodín boli označené ako sladkokyslé, kyslé a slané. Vzorky fermentované 120 hodín boli označené ako ostré (deskriptor vône), horké, trpké, kyslé (deskriptor chuti), s najintenzívnejšou farbou a zákalom. Žiadna hodnotená vzorka nebola označená ako zapáchajúca.

Metóda analýzy hlavných komponentov nám umožnila v tomto prípade vizuálnu reprezentáciu dát v nových súradniciach - súradniciach hlavných komponentov (PC), v ktorých sa vyniesli skóre vzoriek, ako aj saturácie pôvodných premenných. Z týchto grafických znázornení sme pri každom prípade zistili ako spolu súvisia vzorky odoberané v jednotlivých hodinách fermentácie, ako aj koreláciu meraných premenných, t. j. ktoré pôvodné premenné vzájomne pozitívne alebo negatívne korelujú a vzájomnú súvislosť vzoriek a premenných navzájom.

Práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantu VEGA 1/6227/99: „Biokonzervácia rastlinných a živočíšnych surovín s použitím probiotických baktérií ako promótorov ľudského zdravia, za účelom zníženia cudzorodých látok a zvýšenia výživovej hodnoty“.

## Literatúra

1. VELÍŠEK, J.: Hodnocení vícerozměrných dat v analýze potravin. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. 87 s.
2. HEBÁK, P. - HUSTOPECKÝ, J.: Vícerozměrné statistické metody s aplikacemi. Praha : SNTL/Alfa, 1987. 456 s.
3. LAMOŠ, F. - POTOCKÝ, R.: Pravdepodobnosť a matematická štatistika - Štatistické analýzy. Bratislava : Alfa, 1989. 344 s.
4. POKORNÝ, J. - KALINOVÁ, L. - VELÍŠEK, J.: Time intensity bitterness evaluation of bitter liqueurs. Potravinářské vědy, 13, 1995, č. 6, s. 409-417.
5. VELÍŠEK, J. - MIKULCOVÁ, R. - MÍKOVÁ, K. - KASSAHUN, B. W. - LINK, J. - DAVIDEK, J.: Chemometric investigation of mustard seed. Potravinářské vědy, 13, 1995, č. 1, s. 1-12.
6. FRAU, M. - SIMAL, S. - FEMENIA, A. - SANJUAN, E. - ROSSELLO, C.: Use of principal component analysis to evaluate the physical properties of Mahon cheese. European Food Research and Technology, 210, 1999, č. 1, s. 73-76.

7. PEŤKA, J. - MOCÁK, J. - FARKAŠ, P. - SÁDECKÁ, J. - KOVÁČ, M.: Využitie multivariačných štatistických metód pri autentifikácii odrodových vín. In: Zborník prednášok z XII. medzinárodnej konferencie o analytických metódach v potravinárstve Laboralim '99, Bratislava : Chemickotechnologická fakulta STU, 1999, s. 195-201.
8. DRDÁK, M. - KAROVIČOVÁ, J. - GREIF, G. - RAJNIAKOVÁ, A.: Výber kmeňov *Lactobacillus* species na mliečnu fermentáciu zeleniny. Bulletin potravinárskeho výskumu, 13, 1994, č. 3-4, s. 195-203.
9. KYZLINK, V.: Základy konzervace potravin. 2. vyd. Praha : SNTL, 1980. 516 s.
10. PRÍBELA, A.: Analýza potravín. 2. vyd. Bratislava : Edičné stredisko STU, 1996. 225 s.
11. KAROVIČOVÁ, J. - RAJNIAKOVÁ, A. - GREIF, G. - ŠIMÚTH, T.: Senzorické hodnotenie mliečne fermentovaných zeleninových štiav. In: Zborník prednášok z XI. medzinárodnej konferencie o analytických metódach v potravinárstve „Progresívne metódy v kontrole potravín“ Laboralim '97, Bratislava : Vydavateľstvo STU, 1997, s. 37-44.
12. DAVÍDEK, J.: Laboratorní příručka analýzy potravin. 2. vyd. Praha : SNTL/ALFA, 1981. 718 s.
13. DUBRAVICKÝ, J. - SMIRNOV, V. - ŠIMKO, P.: Laboratórium odboru II. Technológia živočíšnych neúdržných potravín. Bratislava : Edičné stredisko SVŠT, 1989. 324 s.
14. PRÍBELA, A.: Analýza potravín - cvičenia. 2. vyd. Bratislava : Slovenská technická univerzita, 1991. 394s.
15. HYBENOVÁ, E. - DRDÁK, M.: Mliečne fermentované zeleninové šťavy. In: 50. rokov Katedry sacharidov a konzervácie potravín, september 1994. Bratislava : Vydavateľstvo STU, 1994, s. 92-94.

Do redakcie došlo 19.12.2000.

#### **Multivariate analysis applied to the evaluation of lactic acid fermented vegetable juices**

KAROVIČOVÁ, J. - GREIF, G. - KOHAJDOVÁ, Z. - HYBENOVÁ, E.:

Bull. potrav. Výsk., 40, 2001, p. 119-131.

SUMMARY. In this work, the taste, flavour and general look descriptors were evaluated by the principal component analysis - PCA method. Lactic acid fermented cabbage juices were evaluated. The PC1 explained 60,5 % and PC2 16,8 % from the total variability of data for taste descriptors.

KEYWORDS: lactic fermentation; cabbage juice; sensory analysis; chemical analysis; PCA