

Hodnotenie zeleninových štiav fermentovaných baktériami mliečneho kysnutia

JOLANA KAROVIČOVÁ - ZLATICA KOHAJDOVÁ - EVA HYBENOVÁ
- GABRIEL GREIF - DRAHOMÍRA LUKÁČOVÁ

SÚHRN. Kapustovo-mrkvové šťavy boli inokulované *Lactobacillus plantarum* 92H a fermentovali sa pri 24 °C počas 150 h. V jednotlivých časových intervaloch boli vzorky chemicky analyzované a senzorycky hodnotené a výsledky boli spracované metódami PCA, CA a FA. Analýza hlavných komponentov (PCA) a faktorová analýza (FA) zredukovali 7 analytických premenných na 1 nezávislý komponent (faktor), ktorý vysvetľoval 96 % z celkovej premenlivosti a 8 senzoryckých premenných (deskriptory chuti) na 2 nezávislé komponenty (faktory), ktoré vysvetľovali 96 % z celkovej premenlivosti dát. Zhluková analýza (CA) umožnila klasifikáciu vzoriek do vzájomne spolu súvisiacich skupín.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: mliečna fermentácia; kapustovo-mrkvová šťava; chemické analýzy; hodnotenie chuti; analýza hlavných komponentov; zhluková analýza; faktorová analýza

Mliečne fermentované zeleninové šťavy predstavujú zmenu v sortimente nápojov okrem iného pre svoju vysokú nutričnú hodnotu, vysoký obsah vitamínov a minerálnych látok. Pri mliečne fermentovaných šťavách z nutričného hľadiska je zaujímavý obsah kyseliny mliečnej. Táto kyselina má dezinfekčné účinky, dané predovšetkým jej kyslosťou [1].

Na zaistenie rýchleho a kontrolovaného kvasenia zeleninových polotovarov sa k východzieho materiálu pridáva čistá kultúra mikroorganizmov vyvolávajúca mliečne kvasenie. 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 znižujú obsah biogénnych aminov [2]. Výrobcovia vyžadujú také kultúry mikroorganizmov, ktoré zosilňujú arómu a umožňujú dosiahnuť rýchly pokles pH štiav [3].

Doc. Ing. Jolana KAROVIČOVÁ, PhD., Ing. Zlatica KOHAJDOVÁ, Ing. Eva HYBENOVÁ, PhD., Ing. Gabriel GREIF, Ing. Drahomíra LUKÁČOVÁ, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Katedra sacharidov a konzervácie potravín, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

DRDÁK, M. a kol. [3] skúmali 16 kmeňov z rodu *Lactobacillus* na upravených vzorkách z bielej hlávkovej kapusty a sterilizovanej zmesi kapustovej a mrkvovej šťavy. Po ukončení fermentácie pri teplote 27 °C, resp. 30 °C po 7 dňoch boli vo vzorkách sledované redukujúce cukry, celková titračná kyslosť, pH hodnota, kyselina mliečna, citrónová a octová, amoniak a biogénne amíny, dusičnany a dusitany. Na základe týchto kritérií a senzorickej prijateľnosti boli vybrané 3 kmene.

KUCHTA, T. a kol. [4] kvasili zeleninu (tekvica, kapusta, zeler) pomocou trvanlivých kultúr baktérií *Lactobacillus plantarum*, *L. pentosus*, *L. brevis*. K prekvaseniu tekvice dochádzalo po 4 dňoch, k prekvaseniu kapusty po 7 dňoch a k prekvaseniu zeleru po 9 dňoch. Kapusta kvasená pomocou štartovacích kultúr mala príjemnú kyslú chuť, pružnú konzistenciu a sviežu svetlú farbu.

Metóda analýzy hlavných komponentov (PCA) sa využíva vo všetkých vedných odboroch. Výhodne sa používa aj pri vyhodnocovaní v analýze potravín [5-7]. Analýza hlavných komponentov sa používa na redukciu východiskového veľkého počtu pôvodných premenných [8].

Podstatnou črtou tejto metódy je hľadanie množiny lineárnych kombinácií pôvodných premenných, ktorá zachová čo najviac informácií obsiahnutých v údajoch a počet jej prvkov bude obvykle menší ako počet pôvodných premenných. Ide o nájdenie lineárnych kombinácií s veľkými disperziami [9].

Faktorová analýza (FA) je viacrozmerná štatistická metóda, ktorej podstatou je rozbor štruktúry vzájomných závislostí premenných na základe predpokladu, že tieto závislosti sú dôsledkom pôsobenia určitého menšieho počtu v pozadí stojacich nemerateľných veličín. Tieto veličiny sú označované ako spoločné faktory. Cieľom faktorovej analýzy je na základe vzájomných závislostí pozorovaných premenných určiť štruktúru spoločných faktorov stojacich za vzájomne korelovanými premennými. Faktorová analýza sa usiluje odvodiť povahu spoločných faktorov tak, aby tieto (hypotetické) veličiny objasňovali pozorované závislosti čo najjednoduchšie a aby počet nájdených faktorov bol čo najmenší [10].

Procedúra faktorovej analýzy vyberá hlavné komponenty pre premenné používajúc pôvodné premenné alebo korelačnú či kovariačnú maticu z týchto premenných. Je podobná hlavným komponentom s výnimkou faktorových váh, ktoré sú rozsahové. Suma štvorcov faktorových váh je rovná vlastnej hodnote a zodpovedá celkovému rozptylu vysvetlenému daným faktorom. Procedúra tiež počíta odhady komunalít pre každú premennú používajúc štvorce viacnásobnej korelácie medzi premennou a všetkými ostatnými premennými. Pred výpočtami sa môžu nahradiť diagonálne prvky korelačnej matice odhadmi komunalít alebo vlastnými odhadmi. Pre vybrané mate-

matické modely komunality hovoria v akých proporciách je variabilita každej premennej s inými premennými v súbore dát [11].

Zhluková analýza (CA) patrí medzi metódy, ktoré sa zaoberajú skúmaním podobností viacrozmerých objektov a ich zatriedením do skupín (zhlukov). Je vhodná tam, kde objekty prejavujú prirodzenú tendenciu zoskupovať sa [8].

Úlohou zhlukovej analýzy je spojiť jednotky súboru do zhlukov (skupín jednotiek) tak, aby ich vnútroskupinová homogenita bola čo najväčšia a rozdiely medzi zhlukmi, jednotlivými skupinami jednotiek boli čo najväčšie. Pri zhľukovaní jednotiek sa vychádza z konkrétnych pozorovaných hodnôt ukazovateľov [12].

DESTEFANIS, G. a kol. [13] použili metódu PCA na štúdium príbuznosti medzi chemickými, fyzikálnymi a senzorickými premennými (18 premenných) meranými na hovädzom mäse z rôznych plemien. Prvé tri komponenty vysvetlili 63 % z celkovej variability výsledkov (PC1 34 %; PC2 20,6 %; PC3 8 %).

SORIA, Y. a kol. [14] využili multivariačnú metódu PCA na hodnotenie jabĺk odrody Granny Smith, ktoré boli po zbere upravené rôznym spôsobom. Hodnotili tiež kvalitatívne znaky jabĺk a produkciu etylénu.

POKORNÝ, J. a kol. [5] sledovali časovú závislosť pri stanovení intenzity horkosti horkého likéru. Výsledky boli spracované tromi metódami: priemerovou, mnohonásobnou regresiou a PCA. Najvhodnejšia sa osvedčila metóda PCA. Prvý hlavný komponent vysvetlil 85,4 % celkovej premenlivosti údajov, druhý ďalších 6,9 % a tretí ďalších 3,7 %.

Materiál a metódy

Príprava vzoriek kapustovo-mrkvovej šťavy

Z kapusty sa odstránili vrchné listy a hlúb, narezala sa na prúžky, ktoré sa potom odšťavili. Mrkva sa rozrezala na menšie kúsky a odšťavila sa. Takto získané šťavy boli filtrované cez gázu a zmiešané pomere: 2:1.

Vzorky šťavy boli potom fortifikované 2 % D-glukózou a 0,5 % NaCl a rozliate do 250 ml sterilných baniek. Každá banka bola potom naočkovaná čistou kultúrou mliečneho kvasenia *Lactobacillus plantarum* 92H s koncentráciou 8.10^6 KTJ.cm⁻³ (kolónia tvoriaca jednotku) a uzavretá sterilnou zátkou. Fermentácia trvala 150 hodín pri teplote 24 °C.

Použité analytické metódy

- Stanovenie pH - LABOR-pH-meter CG-843 SCHOTT, Nemecko.

- Stanovenie titračnej kyslosti [15].
- Stanovenie redukujúcich cukrov podľa Schoorla [15].
- Stanovenie kyseliny L-askorbovej benzénovou modifikáciou [15] - Zeiss Spekol 11 VEB Carl Zeiss Jena, Nemecko.
- Stanovenie organických kyselín a biogénnych amínov.

Všetky izotachoforetické merania boli uskutočnené na izotachoforetickom analyzátoe s technikou spájania kolón ZKI 01, Villa Labeco Spišská Nová Ves vybaveným vodivostným detektorom a dvojliniovým zapisovačom TZ 4200 (výrobca Laboratorní přístroje, k. p. Praha).

Na stanovenie organických kyselín (kyselina mliečna, octová, citrónová) bol použitý elektrolytický systém tohto zloženia: vodiaci elektrolyt - $1 \cdot 10^{-2}$ mol.dm⁻³ HCl, protiión - kyselina 6-aminokaprónová, aditívum - 0,1 % metylhydroxyetylcelulóza (MHEC), pH 4,25, zakončujúci elektrolyt - $5 \cdot 10^{-3}$ mol.dm⁻³ kyselina kaprónová, prúd v predseparačnej kolóne 300 μ A [16].

Na stanovenie biogénnych amínov (putrescín, kadaverín, histamín) bol použitý elektrolytický systém tohto zloženia: vodiaci elektrolyt - 10^{-2} mol.dm⁻³ KOH, protiión - valín, pH 9,9, zakončujúci elektrolyt - $2 \cdot 10^{-2}$ mol.dm⁻³ TRIS, protiión - HCl, pH 8,3, prúd v predseparačnej kolóne 200 μ A [17].

Stanovenie biogénnych amínov metódou HPLC

Amíny boli stanovené po odstredení (9000 g, 10 min) v supernatante vo forme danzylderivátov metódou HPLC [18,19].

Senzorické hodnotenie kapustovo-mrkvovej šťavy

Pri hodnotení vzhľadu vzoriek boli dôležitými ukazovateľmi: farba, zákal, sediment a celkový vzhľad. Zákal (1 - nezakalená vzorka, 5 - silne zakalená vzorka) a farba boli hodnotené 5 bodovou intenzitnou stupnicou. Celkový vzhľad bol hodnotený 5 bodovou stupnicou (1 - nevyhovujúci, 5 - veľmi dobrý). Pri hodnotení chuti a vône vzoriek bol celkový vnem rozložený na jednotlivé pocity (deskripty chuti). Na hodnotenie boli použité 100 mm dlhé grafické neštrukturované úsečky s popisom krajných bodov (maximálna, resp. minimálna intenzita daného deskriptoru). Týmto istým spôsobom boli vyhodnotené aj zložené chute a vône: sladkokyslá, kapustovo-mrkvová a harmonická (optimálne zladenie jednotlivých chuťových premenných - deskripty chuti a zložené chute).

Na vyhodnotenie výsledkov analytických a senzorických analýz boli použité viacrozmerné štatistické metódy: analýza hlavných komponentov

(PCA), zhuková analýzy (CA) a faktorová analýza (FA). Dátové matice analytických a senzorických hodnotení sa analyzovali programom SGWIN (Statgraphics Windows), verzia 1.4.

Výsledky a diskusia

V predchádzajúcej práci [20] sme sa venovali hodnoteniu mliečne fermentovanej kapustovej šťavy naočkovanej kultúrou mliečnych baktérií *Lactobacillus plantarum* 92H v rôznych koncentráciách. Na základe dosiahnutých výsledkov chemických analýz, senzorického hodnotenia a použitia metódy PCA sme pokračovali v riešení nasledujúcej problematiky.

Cieľom práce bolo analyticky a senzoricky hodnotiť rôzne mliečne fermentované zeleninové šťavy (kapustovo-mrkvová 2:1, kapustovo-mrkvová 3:1, kapustovo-mrkvovo-zelerová, kapustovo-zelerová, kapustovo-cviklová) pripravené v rôznych pomeroch s použitím *Lactobacillus plantarum* 92H. V tejto publikácii udávame výsledky z hodnotenia kapustovo-mrkvovej šťavy (2:1), ktorá bola hodnotiteľmi najviac odporúčaná. Na hodnotenie výsledkov chemických (pH, titračná kyslosť, redukujúce cukry, organické kyseliny) a senzorických (chuť) analýz kapustovo-mrkvovej šťavy boli použité aj viac-rozmerné štatistické metódy: analýza hlavných komponentov (PCA), zhuková analýza(CA) a faktorová analýza (FA).

Na fermentáciu nesterilnej kapustovo-mrkvovej šťavy bol vybraný kmeň *Lactobacillus plantarum* 92 H. Počas fermentácie boli sledované tieto analytické parametre: pH, titračná kyslosť, redukujúce cukry, kyselina L-askorbová, mliečna, octová, citrónová a biogénne amíny (histamín, tyramín, kadaverín).

Zmeny pH, titračnej kyslosti redukujúcich cukrov kyseliny L-askorbovej v priebehu mliečnej fermentácie kapustovo-mrkvovej šťavy sú uvedené v tab. 1 a zmeny organických kyselín v tab. 2.

V priebehu fermentácie došlo k poklesu pH z hodnoty 5,87 na hodnotu 3,81. Pokles bol zaznamenaný aj pri stanovení redukujúcich cukrov metódou podľa Schoorla. Množstvo cukrov na začiatku fermentácie bolo 61,59 g.kg⁻¹ po 150 h poklesli na hodnotu 41,67 g.kg⁻¹. Množstvo cukrov bolo prepočítavané na glukózu. Pokles kyseliny askorbovej bol z hodnoty 430,76 mg.kg⁻¹ na hodnotu 362,93 mg.kg⁻¹. Na začiatku fermentácie obsahovala kapustovo-mrkvová šťava len malé množstvo kyseliny mliečnej a octovej (0,124 g.dm⁻³ resp. 0,100 g.dm⁻³), naopak kyselina citrónová bola prítomná v množstve 2,768 g.dm⁻³. Najvýraznejší nárast množstva kyseliny mliečnej

TAB. 1. Zmeny pH, titračnej kyslosti, redukujúcich cukrov a kyseliny L-askorbovej v priebehu mliečnej fermentácie kapustovo-mrkvovej šťavy.

TAB. 1. Changes of pH, total acidity, reducing sugars and L-ascorbic acid during fermentation of the cabbage-carrot juice.

Čas fermentácie ¹ [h]	pH	Titračná kyslosť ² [g.kg ⁻¹]	Redukujúce cukry ³ [g.kg ⁻¹]	Kyselina L-askorbová ⁴ [mg.kg ⁻¹]
0	5,87	1,35	61,59	430,76
24	4,98	3,03	56,55	405,84
48	4,16	6,87	52,25	390,01
72	3,99	8,55	47,82	386,12
96	3,91	9,37	43,82	374,83
102	3,9	9,52	43,82	373,12
120	3,87	9,61	43,58	370,11
126	3,86	9,80	43,23	368,33
144	3,83	10,11	42,87	364,25
150	3,81	10,60	41,67	362,93

1 - fermentation time, 2 - total acidity, 3 - reducing sugars, 4 - L-ascorbic acid.

TAB. 2. Zmeny organických kyselín v priebehu fermentácie kapustovo-mrkvovej šťavy.

TAB. 2. The organic acids changes during fermentation of the cabbage-carrot juice.

Čas fermentácie ¹ [h]	Kyselina mliečna ² [g.dm ⁻³]	Kyselina octová ³ [g.dm ⁻³]	Kyselina citrónová ⁴ [g.dm ⁻³]
0	0,124	0,100	2,768
24	0,912	0,951	1,657
48	3,281	2,602	0,950
72	4,152	3,253	0,748
96	5,146	3,953	0,748
102	5,270	3,908	0,748
120	4,835	3,803	0,748
126	4,773	3,803	0,647
144	4,723	3,953	0,748
150	4,959	4,053	0,647

1 - fermentation time, 2 - lactic acid, 3 - acetic acid, 4 - citric acid.

bol pozorovaný medzi 24. h a 48. h fermentácie (z $0,912 \text{ g.dm}^{-3}$ na $3,281 \text{ g.dm}^{-3}$), čo zodpovedá 3,6-násobnému nárastu. Rovnako pre kyselinu octovú bol najväčší nárast pozorovaný medzi 24. h a 48. h z $0,951 \text{ g.dm}^{-3}$ na hodnotu $2,602 \text{ g.dm}^{-3}$. Najväčší pokles v obsahu kyseliny citrónovej nastal hneď na začiatku fermentácie z pôvodných $2,768 \text{ g.dm}^{-3}$ na $1,657 \text{ g.dm}^{-3}$ (pokles o 67,05 %). Najväčšie množstvo kyseliny mliečnej a octovej bolo vyprodukované po 102 h fermentácie, pričom obsah kyseliny mliečnej dosiahol hodnotu $5,270 \text{ g.dm}^{-3}$ (čo predstavuje oproti 0. h 42,5-násobný nárast) a obsah kyseliny octovej sa zvýšil na $4,103 \text{ g.dm}^{-3}$ (čo predstavuje v porovnaní s 0. h 41-násobný nárast).

Obsah biogénnych amínov bol v priebehu celej fermentácie pod hranicou detekčného limitu metódy kapilárnej izotachofórey, pričom detekčný limit predstavoval $2,32 \text{ mg.kg}^{-1}$ pre kadaverín, $1,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ pre putrescín a $1,59 \text{ mg.kg}^{-1}$ pre histamín. Na stanovenie biogénnych amínov bola použitá aj metóda HPLC. Touto metódou zistený obsah biogénnych amínov v priebehu celej fermentácie bol pod hranicou detekčného limitu, pričom detekčný limit predstavoval $1 \mu\text{g.cm}^{-3}$ pre putrescín a histamín a $2 \mu\text{g.cm}^{-3}$ pre tyramín.

Vzorky kapustovo-mrkvovej šťavy na začiatku fermentácie (0 h a 24 h) boli slabo zakalené, medzi 48. h a 144. h fermentácie vykazovali mierny zákal a po 150 h boli silne zakalené. Farba vzoriek sa v priebehu fermentácie menila od tmavoružovej (0 h a 24 h) až po svetlooranžovú so žltým nádychom (102 h až 150 h). Vzhľad vzoriek v počiatočných hodinách fermentácie bol primeraný a medzi 96. h a 150. h dobrý. U všetkých vzoriek bol pozorovaný sediment.

V tejto práci uvádzame len výsledky hodnotenia chuti štiav. V tab. 3 sú výsledky hodnotenia chuti kapustovo-mrkvovej šťavy. Z výsledkov je zrejmé, že na začiatku fermentácie prevládala vo vzorkách kapustovo-mrkvovej šťavy sladká chuť (97 % z celkovej intenzity), jej intenzita v priebehu fermentácie klesala až na hodnotu 26 % (150 h). Kyslá chuť bola postrehnuteľná hneď od počiatku fermentácie (19 % z celkovej intenzity) a jej intenzita v priebehu fermentácie stúpala (najväčšia intenzita tejto chuti: 90 %, bola dosiahnutá po 144 h a 150 h fermentácie). Slaná chuť sa výrazne nemenila, intenzita tejto chuti nadobúdala hodnoty od 20 do 35 %. Kapustová chuť dosiahla najväčšiu intenzitu po 102 h fermentácie: 92 %. Mrkvová chuť sa počas fermentácie výrazne znížila z 87 % (0 h) na 32 % (150 h).

Zložené chute: Kapustovo-mrkvová chuť dosiahla maximálnu intenzitu po 24 h fermentácie (89 %), sladkokyslá po 102 h (66 %) a harmonická po 96 h (94 %).

Smerodajné odchýlky pri hodnotení jednotlivých chuťových premenných sa pohybovali od 2,30 % do 5,06 %.

Tab. 3. Hodnotenie chuti kapustovo-mrkvovej šťavy.

Tab. 3. Taste evaluation of the cabbage-carrot juice.

Vzorka ¹	Deskriptory chuti a zložené chute ² [% stupnice]							
	Sladká ³	Kyslá ⁴	Kapustová ⁵	Mrkvová ⁶	Slaná ⁷	Kapustovo-mrkvová ⁸	Sladko-kyslá ⁹	Harmonická ¹⁰
KM0	97	19	65	87	21	69	37	62
KM24	85	39	81	80	32	89	61	70
KM48	67	50	85	63	35	86	50	76
KM72	43	61	90	60	34	79	55	86
KM96	40	69	91	55	30	67	61	94
KM102	40	71	92	50	29	64	66	87
KM120	34	80	87	48	25	60	52	85
KM126	30	81	79	42	24	50	50	82
KM144	28	90	79	33	24	46	52	81
KM150	26	90	78	32	20	42	53	70

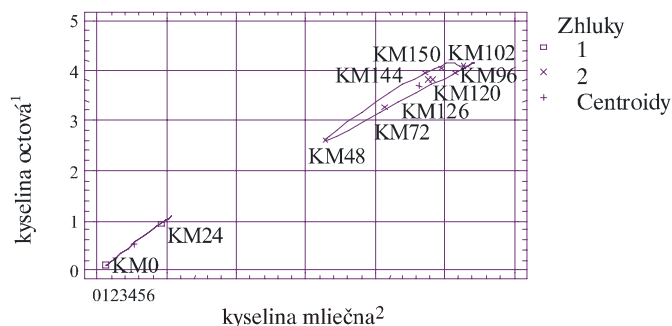
1 - sample, 2 - taste descriptors and composite tastes [% of scale], 3 - sweet, 4 - acidic, 5 - cabbage, 6 - carrot, 7 - salty, 8 - cabbage-carrot, 9 - sweet-acidic, 10 - harmonic.

Štatistické vyhodnotenie výsledkov chemických a senzorických analýz

Vyhodnotenie analytických meraní kapustovo-mrkvovej šťavy (2:1)

Metódou PCA (štandardizované vstupné dáta) boli pôvodné analytické premenné zredukované na jeden hlavný komponent, ktorý vysvetľoval 96,92 % z celkovej premenlivosti vstupných dát. Najlepšie vysvetľovanými premennými boli kyselina octová (saturácia 0,379), kyselina mliečna (saturácia 0,382) a celková kyslosť (saturácia 0,382). FA (typ faktorovania PC) bol vyextrahovaný 1 faktor, ktorý vysvetľoval rovnaké % rozptylu ako PCA. Použitím klasického typu faktorovania došlo k nepatrnej redistribúcii vysvetľovaného rozptylu na hodnotu 97,01 %.

Zhluková analýza rozdelila vzorky do dvoch skupín (zhluk 1: vzorky KM0 a KM24, zhluk 2: vzorky KM48 až KM150). Na obr. 1 sú znázornené zhluky vzoriek v súradniciach dvoch vybraných premenných (kyselina octová a mliečna). Z obr. 1 (vynesenie zhlukov vzoriek v osiach dvoch vybraných premenných) je zjavné, že vzorky obsiahnuté v prvom zhluke sa vyznačovali nízkym obsahom kyseliny octovej a mliečnej (počiatočné hodiny fermentácie). Vzorky KM120 a KM126 prináležiace do druhého zhluke sa prekrývali, t. j. boli si navzájom veľmi podobné obsahom kyseliny mliečnej a octovej.



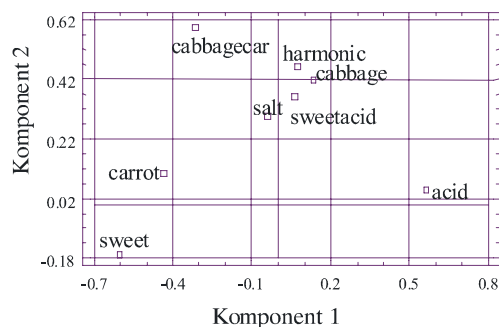
OBR. 1. Vynesenie zhukov vzoriek v osiach dvoch vybraných premenných (kyselina mliečna a octová).

FIG. 1. Plotting of samples clusters in coordinates of two selected variables (acetic acid and lactic acid).
1 - acetic acid, 2 - lactic acid.

Hodnotenie chuti

PCA zredukovala pôvodných 8 premenných na 2 hlavné komponenty, ktoré vysvetľovali 96,285 % z celkovej premenlivosti výsledkov (PC1 86,625 %, PC2 ďalších 12,659 %) - neštandardizované vstupné dáta.

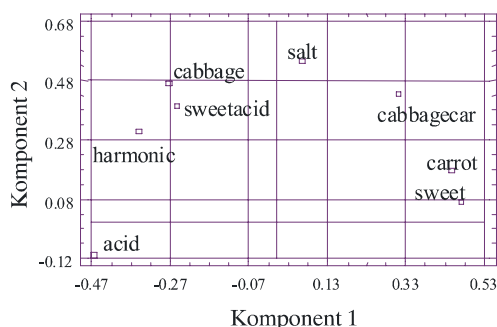
Z obr. 2 vidíme, že kladná časť prvého hlavného komponentu najlepšie vysvetľovala premennú kyslú (saturácia 0,564). Záporná časť prvého hlavného komponentu najlepšie vysvetľovala premennú sladkú (saturácia -0,604) a vôbec nevysvetľovala chuť slanú a kapustovú. Druhý hlavný komponent najviac popisoval premennú kapustovo-mrkvovú (saturácia 0,595) a kapusťová (saturácia 0,461) a vôbec nevysvetľoval premennú kyslú. Premenné



OBR. 2. Saturácie premenných v osiach PC1 a PC2 (neštandardizované vstupné údaje).
FIG. 2. Loadings of variables in coordinates PC1 and PC2 (non-standardized entry data).

kapustová, sladkokyslá, harmonická a kyslá spolu navzájom pozitívne korelovali a negatívne korelovali s premennými sladká, mrkvová a kapustovo-mrkvová.

Pre porovnanie uvádzame výsledky PCA analýzy so štandardizáciou vstupných dát. V tomto prípade boli vyextrahované tiež dva hlavné komponenty, ktoré vysvetľovali spolu 91,262 % z celkovej premenlivosti výsledkov (PC1 54,087 % a PC2 37,176 %), došlo teda k redistribúcii vysvetľovaného rozptylu. Z obr. 3 vidíme, že PC1 najlepšie vysvetľovala chuť mrkvovú (saturácia 0,446), sladkú (saturácia 0,471) a vo svojej zápornej časti chuť kyslú (saturácia -0,465), PC1 vôbec nevysvetľoval slanú chuť. PC2 najlepšie vysvetľovala slanú chuť (saturácia 0,547).

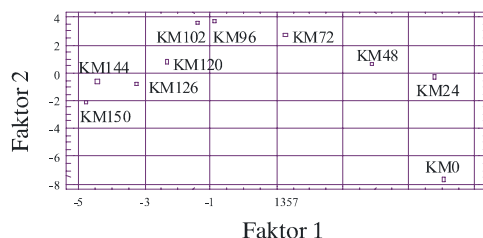


OBR. 3. Saturácie premenných v osiach PC1 a PC2 (štandardizované vstupné údaje).
FIG. 3. Loadings of variables in coordinates PC1 and PC2 (standardized entry data).

FA obdobne ako PCA vysvetľovala 91,262 % z celkovej premenlivosti výsledkov, pričom F1 najlepšie vysvetľoval chuť kyslú (faktorová saturácia 0,968), sladkú (faktorová saturácia 0,928) a vo svojej zápornej časti chuť sladkú (faktorová saturácia -0,980).

Na obr. 4 sú znázornené skóre vzoriek v osiach príslušných faktorov. Z obr. 4 vidíme, že F1 najlepšie vysvetľoval vzorky KM0 a KM24 a vo svojej zápornej časti vzorky KM144 a KM150. F2 najviac vystihoval vzorky KM0 a KM72 až KM102.

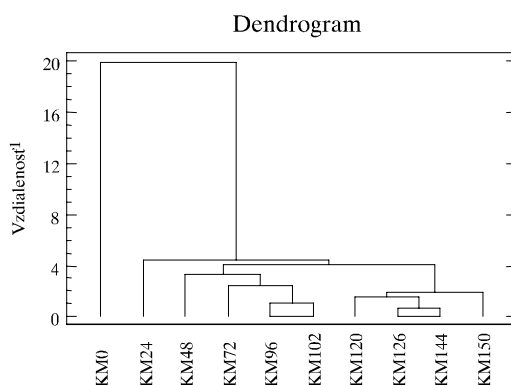
Na vyhodnotenie výsledkov pomocou zhlukovej analýzy bola použitá zhlukovacia metóda najbližšieho suseda (nearest neighbor) a na meranie vzdialenosti medzi objektmi bola použitá druhá mocnina Euklidovskej vzdialenosti (sqared euclidean).



OBR. 4. Faktorové saturácie premenných v osiach F1 a F2.
FIG. 4. Factor loadings of variables in coordinates F1 and F2.

Zhlukovacia procedúra pokračovala až kým sa nevytvoril jeden zhluk. Na obr. 5 je znázornený dendrogram (stromovitý diagram), z ktorého je možné vidieť postupné vytváranie jednotlivých zhlukov. Najpodobnejšie si boli vzorka KM126 so vzorkou KM144 a vzorka KM96 so vzorkou KM102.

V prípade, že by bol konečný počet zhlukov predvolený na 2, vzorka KM0 by vytvárala samostatný zhluk a vzorky KM24 až KM150 ďalší zhluk. Ak by boli zhluky 3, vzorky KM0 a KM24 by vytvárali každá samostatný zhluk a vzorky KM48 až KM150 by tvorili taktiež jeden zhluk. Ak boli zhluky 4, do 1. zhluku patrila vzorka KM0, do 2. zhluku KM24, do 3. zhluku patrili vzorky KM48 až KM102 a do posledného patrili vzorky KM120 až KM150.



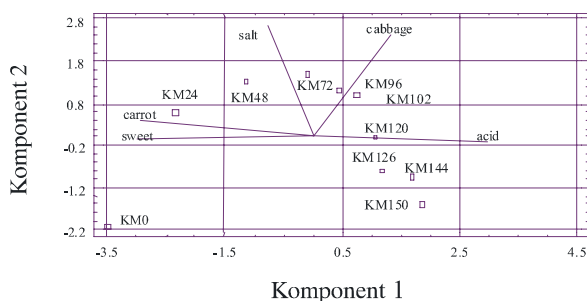
OBR. 5. Dendrogram (stromovitý diagram).

FIG. 5. Dendrogram (tree graph).
1 - distance.

Pre porovnanie uvádzame aj výsledky aplikácie multivariačných štatistických metód na výsledky získané hodnotením 5 chuťových deskriptorov (nezahrňajú zložené chute):

PCA zredukovala pôvodných 5 premenných na dva nezávislé komponenty, ktoré vysvetľovali 97,244 % z celkovej premenlivosti výsledkov (PC1 63,683 % a PC2 ďalších 33,560 %). PC1 najlepšie vystihovala chuť kyslú (saturácia 0,557) a vo svojej zápornej časti chuť mrkvovú (saturácia -0,548) a sladkú (saturácia -0,556). PC2 vystihovala chuť kapustovú (saturácia 0,729) a slanú (saturácia 0,674).

Na obr. 6 sú znázornené skóre vzoriek a saturácie premenných (5 deskriptorov chuti) v osiach PC1 a PC2. Z obr. 6 vidieť, že vzorky KM120 až KM150 boli najkyslejšie, vzorky KM0 a KM24 najsladšie (začiatok fermentácie) a vzorky KM72 až KM102 mali najviac kapustovú chuť. Použitím 5 chuťových premenných v porovnaní s predchádzajúcimi 8 bola vysvetlená väčšia časť premenlivosti výsledkov a saturácie pre najlepšie vysvetľované premenné mali väčšie hodnoty. Môžeme teda konštatovať, že použitie 5 chuťových deskriptorov je postačujúce na dostatočné vysvetlenie celkovej premenlivosti vstupných dát.



OBR. 6. Skóre vzoriek a saturácie premenných (5 deskriptorov chuti) v osiach PC1 a PC2.

FIG. 6. Score of samples and loadings of variables (5 taste descriptors) in coordinates PC1 and PC2.

FA (spôsob faktorovania - hlavné komponenty) bolo vysvetlené rovnaké % rozptylu ako v prípade PCA, pričom obdobne ako v predchádzajúcej metóde boli vyextrahované dva faktory. Použitím klasického typu faktorovania sa % vysvetľovaného rozptylu zmenilo len nepatrne (PC1 67,078 % a PC2 32,604 %).

Pri aplikácii CA sme použili zhukovacíu procedúru najbližšieho suseda a vzdialenosť medzi objektmi (vzorky štiav) bola meraná ako druhá mocnina Euklidovskej vzdialenosti. V tab. 4 sú znázornené zhluky vzoriek a príslušnosť vzoriek k jednotlivým zhlukom, keď sme predvolili konečný počet zhlukov na 2, 3 resp. 4. Najpodobnejšie si boli, obdobne ako pri vyhodnotení 8 chuťových premenných, vzorky KM96 s KM102 a KM126 s KM144.

TAB. 4. Zhluky vzoriek a príslušnosť vzoriek k jednotlivým zhlukom.
TAB. 4. Clusters of samples and groupings of samples into the individual clusters.

Počet zhlukov ¹	Zhluk ²	Príslušnosť jednotlivých vzoriek do zhlukov ³
2	1	KM0
	2	KM24 až KM150
3	1	KM0
	2	KM24 až KM102
	3	KM120 až KM150
4	1	KM0
	2	KM24 a KM48
	3	KM72 až KM102
	4	KM120 až KM150

1 - number of clusters, 2 - cluster, 3 - groupings of samples into the individual clusters.

Literatúra

1. KYZLINK, V.: Základy konzervace potravin. 2. vyd. Praha : SNTL, 1980. 516 s.
2. 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.
3. KAROVIČOVÁ, J. - DRDÁK, M. - GREIF, G. - HYBENOVÁ, E.: The choice of strains of *Lactobacillus* species for the lactic acid fermentation of vegetable juices. European Food Research and Technology, 210, 1999, s. 53-56.
4. KUČTA, T. - RADOŠOVSKÁ, R. - GLONČÁKOVÁ, B. - BELICOVÁ, A. - LOPAŠOVSKÁ, J.: Príprava kvasených zeleninových šalátov pomocou baktérií mliečného kvasenia. Bulletin potravinárskeho výskumu, 33, 1994, č. 1-2, s. 85-90.
5. POKORNÝ, J. - KALINOVÁ, L. - VELÍŠEK, J.: Time intensity bitterness evaluation of bitter liquors. Potravinárske vedy, 13, 1995, č. 6, s. 409-417.
6. VELÍŠEK, J. - MIKULCOVÁ, R. - MÍKOVÁ, K. - KASSAHUN, B. E. - LINK, J. - DAVÍDEK, J.: Chemometric investigation of mustard seed. Potravinárske vedy, 13, 1995, s. 1-12.

7. FRAU, M. - SIMAL, S. - FEMENIA, A. - SANJUÁN, E. - ROSSELÓ, 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.
8. KOSCHIN, F. - KARNÍK, I. - MAREK, L. - PRŮŠA, M. - ŘEZANKOVÁ, H. - SVOBODA, L. - VRABEC, M.: *Statgraphics and statistika pro každého*. Praha : Grada, 1992. 360 s.
9. LAMOŠ, F. - POTOCKÝ, R.: *Pravdepodobnosť a matematická štatistika - štatistické analýzy*. Bratislava : Alfa, 1989. 344 s.
10. HEBÁK, P. - HUSTOPECKÝ, J.: *Vícrozmerne štatistické metódy s aplikacema*. Praha : STNL, Alfa, 1987. 456 s.
11. CHAJDIK, J.: *Štatistika. Štatistické metódy v programovom systéme Statgraphics*. Bratislava : Edičné stredisko VŠE, 1992. 162 s.
12. CHAJDIK, J. - KOMORÍK, J. - KOMORÍKOVÁ, M.: *Štatistické metódy*. Bratislava : Statis, 1999. 275 s.
13. DESTEFANIS, G. - BARGET, M. T. - BRUGIAPAGLIA, A. - TASSONE, S.: The use of principal component analysis (PCA) to characterize beef. *Meat Science*, 56, 2000, s. 255-259.
14. SORIA, Y. - RECASENS, I. - GATIUS, F. - PUY, J.: Multivariate analysis of superficial scald susceptibility on Granny Smith apples with different postharvest treatments. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 1999, s. 4854-4858.
15. PRÍBELA, A.: *Analýza potravín - Cvičenie*. Bratislava : Edičné stredisko SVŠT, 1987. 394 s.
16. KAROVIČOVÁ, J. - DRDÁK, M. - POLONSKÝ, J.: Utilization of capillary isotachopheresis in the determination of organic acids in food. *Journal of Chromatography*, 509, 1990, s. 283-286.
17. KOHAJDOVÁ, Z. - KAROVIČOVÁ, J.: Biogénne amíny - vznik, metódy stanovenia a výskyt v potravinách. *Bulletin potravinárskeho výskumu*, 40, 2001, č. 2, s. 75-89.
18. GREIF, G. - GREIFOVÁ, M. - DRDÁK, M.: Stanovenie biogénnych amínov v potravinách živočíšneho pôvodu metódou HPLC. *Potravinárske vedy*, 15, 1997, č. 2, s. 119-129.
19. GREIF, G. - GREIFOVÁ, M. - DVORAN, M. - KAROVIČOVÁ, J. - BUCHTOVÁ, V.: Štúdium rastu a produkcie biogénnych amínov niektorými mikroorganizmami za modelových podmienok. *Czech Journal of Food Science*, 17, 1999, č. 1, s. 15-21.
20. KAROVIČOVÁ, J. - GREIF, G. - KOHAJDOVÁ, Z. - HYBENOVÁ, E.: Využitie multivariačnej analýzy pri hodnotení mliečne fermentovaných zeleninových šťiav. *Bulletin potravinárskeho výskumu*, 40, 2001, č. 2, s. 119-131.

Do redakcie došlo 20.7.2001.

Evaluation of vegetable juices fermented by lactic acid bacteria

KAROVIČOVÁ, J. - KOHAJDOVÁ, Z. - HYBENOVÁ, E. - GREIF, G. - LUKÁČOVÁ, D.:
Bull. potrav. Výsk., 40, 2001, p. 285-299.

SUMMARY. Cabbage-carrot juices were inoculated by *Lactobacillus plantarum* 92H and fermented at 24 °C during 150 h. At time intervals, samples were chemically analysed and sensorically evaluated. The results were processed by the PCA, CA and FA methods. The principal component analysis (PCA) and factor analysis (FA) reduced 7 analytical variables to 1 independent component (factor), which explained 96 % of the total data variance and

8 sensory variables (taste descriptors) to 2 independent components (factors), which explained 96 % of the total data variance. Cluster analysis (CA) facilitated classification of the samples to interrelated groups.

KEYWORDS: lactic acid fermentation; cabbage-carrot juice; chemical analyses; taste evaluation; principal component analysis; cluster analysis; factor analysis