

Porovnanie fermentácií kapustových štiav

JOLANA KAROVIČOVÁ - ZLATICA KOHAJDOVÁ - MÁRIA GREIFOVÁ
- DRAHOMÍRA LUKÁČOVÁ - GABRIEL GREIF

SÚHRN. V práci sa porovnával priebeh fermentácie kapustových štiav. Kapustové šťavy sa spontánne fermentovali alebo inokulovali *Lactobacillus plantarum* 92H alebo inokulovali zmesnou kultúrou *Lactobacillus plantarum* 92H a *Saccharomyces cerevisiae* C11-3. Najviac kyseliny mliečnej ($8,31 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) sa produkovalo v šťave inokulovanej *L. plantarum* 92H v 144. h fermentácie. Najväčšie zníženie pH (z hodnoty 6,3 na 3,9) sa pozorovalo v šťave inokulovanej zmesnou kultúrou. Najväčší pokles obsahu redukujúcich cukrov (o 66,6 %) sa zaznamenal v šťave inokulovanej zmesnou kultúrou. Senzorická analýza ukázala, že všetky šťavy mali najharmonickjšiu chuť medzi 72. a 96. h fermentácie. Najvyššiu hodnotu príjemnosti chuti a vône a celkovej chutnosti mali v 96. h fermentácie. Analýza hlavných komponentov zredukovala pôvodných 9 deskriptorov chuti a 7 deskriptorov vône na 2 nezávislé komponenty, ktoré vysvetlili spolu 86,8 % resp. 99,8 % z celkovej variability výsledkov.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: kapustová šťava; spontánna fermentácia; *Lactobacillus plantarum*; *Saccharomyces cerevisiae*; analýza hlavných komponentov; korelačná analýza

Konzervovanie zeleniny mliečnym kvasením je účinná konzervačná metóda, ktorej produktom sú kvasené potraviny s výbornými organoleptickými vlastnosťami, pozitívnym vplyvom na zdravie konzumenta, predĺženou trvanlivosťou a nízkou cenou. Pre mliečne kvasené zeleninové výrobky je charakteristický obsah kyseliny mliečnej so súčasne zníženým obsahom sacharidov, a tiež obsah živých baktérií mliečneho kvasenia. Priaznivé zdravotné účinky má jednak kyselina L-mliečna, a tiež baktérie mliečneho kvasenia, ktoré sú schopné kolonizovať tráviaci trakt konzumenta a eliminovať prípadnú nežiaducu mikroflóru [1].

Doc. Ing. Jolana KAROVIČOVÁ, PhD., Ing. Zlatica KOHAJDOVÁ, Ing. Mária GREIFOVÁ, PhD., Ing. Drahomíra LUKÁČOVÁ, Ing. Gabriel GREIF, Katedra potravinárskej technológie, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

Korešpondujúci autor: Doc. Ing. Jolana KAROVIČOVÁ, PhD.

Stále väčšiu obľubu u spotrebiteľov si získavajú mliečne fermentované zeleninové šťavy, ktoré sa vyrábajú najmä z bielej hlávkovej kapusty, mrkvy, cvikly, zeleru a paradajok [2]. Dosiahnutie výrobkov so žiadanými vlastnosťami vyžaduje výber vhodných kmeňov pre jednotlivé suroviny, pričom ako kritérium vhodnosti sa môže použiť rýchlosť a celková produkcia kyselín, zmena pH, úbytok výživovo dôležitých látok, znižovanie koncentrácie dusičnanov, produkcia biogénnych amínov a pod. [3].

Bežne sa prechádza na kvasenie čistými štartovacími kultúrami s dokonalším prekvasením substrátu. Snahy sú zamerané na rozširovanie suroviny bazy, aby sa zvýšila pestrosť ochranných zložiek. Predpokladom zvýšenej spotreby je však účinná propagácia výrobkov a vybudovanie systému rýchlej distribúcie bez konzervačných zákrokov [4-6].

Mliečne fermentované zeleninové šťavy sú zaradené medzi funkčné potraviny (nutraceutiká, chemoprotektívne potraviny) pre svoj obsah ochranných látok, ako sú vitamíny, minerálne látky, vláknina, pektíny, fenolické látky, oligosacharidy, antibiotiká a ďalšie. Šťavy tak prispievajú k zvýšeniu odolnosti ľudského organizmu a chránia ho pred vznikom rôznych ochorení [6].

Cieľom práce bolo analyticky a senzoricky hodnotiť spontánne fermentovanú kapustovú šťavu, kapustovú šťavu inokulovanú baktériou mliečného kvasenia *Lactococcus plantarum* 92H a zmesnou kultúrou *Lactobacillus plantarum* 92H a kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* C11-3. Výsledky chemickej a senzorickej analýzy boli vyhodnotené multivariačnými štatistickými metódami: analýzou hlavných komponentov (PCA) a korelačnou analýzou (CA).

Materiál a metódy

Použité vzorky

V experimente bola použitá biela hlávková kapusta zakúpená v maloobchodnej sieti bez viditeľného mechanického a mikrobiologického poškodenia. Vyhovovala požiadavkám prvej akosti. Pred spracovaním bola chladiarsky skladovaná pri teplote $(4 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

Kapusta bola po odstránení vrchných listov a hlúbu narezaná na prúžky a odšťavená na kuchynskom odšťavovači. Následne bola šťava prefiltrovaná cez gázu a fortifikovaná prídavkom 2% D-glukózy a 0,5% NaCl. Takto boli pripravené kapustové šťavy:

- spontánne fermentovaná kapustová šťava bez prídavku štartovacích kultúr,

- riadene fermentovaná kapustová šťava naočkovaná čistou kultúrou baktérií mliečneho kvasenia *Lactobacillus plantarum* 92H s koncentráciou 10^6 KTJ v 1 ml šťavy,
- riadene fermentovaná kapustová šťava naočkovaná zmesným inokulom pozostávajúcim z baktérií mliečneho kvasenia *Lactobacillus plantarum* 92H s koncentráciou 10^6 KTJ v 1 ml šťavy a kvasiniek *Saccharomyces cerevisiae* C11-3 s koncentráciou 10^6 KTJ v 1 ml šťavy.

Šťavy boli potom dávkované do 250 ml kvasných baniek a uzatvorené sterilnými uzávermi. Fermentácia štiav prebiehala 216 h pri teplote $(21 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Po ukončení fermentačného procesu boli šťavy chladiarensky skladované 20 dní pri teplote $(5 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Počas celého experimentu boli v nami určených časových intervaloch odoberané vzorky pre jednotlivé analýzy.

Kultivácia mikroorganizmov

Lactobacillus plantarum 92H bol pomnožený v LS-bujóne (LS - *Lactobacillus* selektívny bujón, Imuna, š. p., Šarišské Michaľany), ktorý bol pripravený podľa návodu výrobcu. Pôda bola sterilizovaná 20 minút pri $121 ^\circ\text{C}$. Kultúra bola inokulovaná v LS-bujóne pri $37 ^\circ\text{C}$ počas 16–18 hodín. Táto kultúra bola rozotrená na Petriho miskách s LS-agarom (LS-bujón s prídavkom 1,35 % španielskeho agaru) a inkubovala sa 48 hodín pri $37 ^\circ\text{C}$. Kmeň bol uchovávaný na LS-agare pri $5 ^\circ\text{C}$ a kultúra bola raz za mesiac preočkovaná.

Kvasinka *Saccharomyces cerevisiae* C11-3 bola po preočkovaní kultivovaná na GKCH agare (GKCH - agarové médium s kvasničným extraktom, glukózou a chloramfenikolom firmy Imuna, a. s., Šarišské Michaľany). Čerstvá kultúra bola prenesená do fyziologického roztoku a jej presná koncentrácia bola stanovená McFarlandovou zákalovou metódou.

Chemické analýzy

- Stanovenie pH - Conductometer type OK-104 Radelkis, Budapešť, Maďarsko.
- Stanovenie titračnej kyslosti [7].
- Stanovenie redukujúcich cukrov podľa Schoorla [7].
- Stanovenie kyseliny L-askorbovej benzénovou modifikáciou [7] - Zeiss Spekol 11 VEB Carl Zeiss Jena, Nemecko.
- Stanovenie organických kyselín izotachoforézou [8, 9].

Izotachforetické merania boli uskutočnené na izotachforetickom analyzátore s technikou spájania kolón ZKI 01 (Villa Labeco, Spišská No-

vá Ves) vybaveným vodivostným detektorom a dvojlíniovým zapisovačom TZ 4200 (Laboratorní přístroje, k. p. Praha).

Na stanovenie organických kyselín bol použitý elektrolytický systém tohto zloženia:

vodiaci elektrolyt:

HCl	$10^{-2} \text{ mol.dm}^{-3}$
protiión	kyselina 6-aminokaprónová
aditívum	MHEC (metylhydroxyetylcelulóza)
pH	4,25

zakoňujúci elektrolyt:

kyselina kaprónová	$5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.dm}^{-3}$
--------------------	---------------------------------------

Prúd v predseparačnej kolóne $300 \mu\text{A}$.

Výber senzorických metód [8,9]

Pri hodnotení vzhľadu vzoriek boli najdôležitejšími 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 - vynikajúci). Pri hodnotení chuti a vône vzoriek bol celkový vnem rozdelený na jednotlivé pocity (deskripty). Na hodnotenie boli použité grafické neštrukturované úsečky s dĺžkou 100 mm a s popisom krajných bodov (maximálna resp. minimálna intenzita daného deskriptora). Prijemnosť chuti a vône a celková chuťnosť štiav boli hodnotené intenzitnou neštrukturovanou úsečkou s dĺžkou 100 mm a s popisom krajných bodov (intenzita 0 až 100 %).

Výber matematicko-štatistických metód [8,9]

Na vyhodnotenie výsledkov chemických a senzorických analýz boli použité multivariačné štatistické metódy: analýza hlavných komponentov (PCA) a korelačná analýza (CA).

Dátové matice boli analyzované s využitím programu SGWIN (Statgraphic Plus) pre Windows, verzia 1.4.

Výsledky a diskusia

V predchádzajúcich prácach sme sa zaoberali hodnotením mliečne fermentovanej kapustovej šťavy naočkovanej kultúrou mliečnych baktérií *L. plantarum* 92H v rôznych koncentráciách [8] a hodnotením kapustovo-

mrkvových štiav inokulovaných *L. plantarum* 92H [9]. Na základe dosiahnutých výsledkov sme pokračovali v riešení nasledujúcej problematiky. V tejto práci uvádzame výsledky dosiahnuté hodnotením spontánne fermentovaných štiav a štiav fermentovaných zmesnou kultúrou.

Počas fermentácie a skladovania boli sledované tieto parametre: pH, titračná kyslosť, redukujúce cukry, kyselina L-askorbová, mliečna, octová a citrónová.

Zmeny pH, titračnej kyslosti, redukujúcich cukrov a obsahu organických kyselín v spontánne fermentovanej kapustovej šťave sú uvedené v tab. 1 a zmeny týchto parametrov v kapustovej šťave inokulovanej zmesnou kultúrou sú uvedené v tab. 2.

V priebehu spontánnej fermentácie kapustovej šťavy došlo k poklesu pH z hodnoty 5,85 na 3,95 účinkom baktérií mliečneho kvasenia prirodzene sa vyskytujúcich v surovine. Najvýraznejší pokles pH (na 3,90) bol zaznamenaný v 96. h fermentácie.

Obsah titrovateľných kyselín vzrástol z 0,15 % na 0,93 % a v 20. deň skladovania bola jeho hodnota 0,95 %, čo predstavovalo takmer 1 % obsahu kyseliny mliečnej, ktorá je pre dobrú skladovateľnosť výrobku požadovaná.

TAB. 1. Zmeny parametrov počas spontánnej fermentácie a skladovania kapustovej šťavy.

TAB. 1. Changes in parameters during the spontaneous fermentation and storage of the cabbage juice.

Čas fermentácie ¹ [h]	pH	Titračná kyslosť ² [%]	Redukujúce cukry ³ [%]	Organické kyseliny ⁴			
				L-askorbová ⁵ [mg.dm ⁻³]	mliečna ⁶ [g.dm ⁻³]	octová ⁷ [g.dm ⁻³]	citrónová ⁸ [g.dm ⁻³]
0	5,85	0,154	7,037	223,520	0,093	0,200	2,353
24	6,10	0,128	6,762	233,466	0,329	0,367	2,010
48	6,30	0,141	6,696	197,860	0,407	0,478	1,782
72	6,25	0,154	6,523	142,657	1,424	0,534	1,210
96	3,90	1,006	4,142	125,874	4,163	2,535	0,982
120	4,00	0,866	4,419	121,211	4,398	2,591	0,868
144	3,95	0,909	2,680	120,455	4,633	2,645	0,639
168	4,05	0,875	4,708	116,627	4,946	2,980	0,525
192	3,80	0,878	4,002	111,888	5,107	3,703	0,183
216	3,95	0,932	4,153	110,025	5,337	3,703	0,183
Čas skladovania ⁹ [d]							
5	4,05	0,984	4,078	105,458	5,337	3,703	0,069
10	3,90	0,899	3,376	103,500	5,337	3,536	0,069
15	3,90	0,927	3,313	101,025	5,337	3,481	0,069
20	4,15	0,945	2,822	95,355	5,337	3,147	0,069

1 - time of fermentation, 2 - total acidity, 3 - reducing sugars, 4 - organic acids, 5 - L-ascorbic, 6 - lactic, 7 - acetic, 8 - citric, 9 - time of storage.

TAB. 2. Zmeny parametrov počas fermentácie a skladovania kapustovej šťavy inokulovanej zmesnou kultúrou *Lactobacillus plantarum* 92H a *Saccharomyces cerevisiae* C11-3.

TAB. 2. Changes in parameters during the fermentation and storage of the cabbage juice inoculated by the mixed culture of *Lactobacillus plantarum* 92H and *Saccharomyces cerevisiae* C11-3.

Čas fermentácie [h] ¹	pH	Titračná kyslosť ² [%]	Redukujúce cukry ³ [%]	Organické kyseliny ⁴			
				L-askorbová ⁵ [mg.dm ⁻³]	mliečna ⁶ [g.dm ⁻³]	octová ⁷ [g.dm ⁻³]	citrónová ⁸ [g.dm ⁻³]
0	6,30	0,185	7,452	240,559	0,329	0,311	2,467
24	6,05	0,128	6,774	231,223	0,407	0,311	2,353
48	6,25	0,158	6,701	219,018	0,407	0,367	2,238
72	6,20	0,162	6,645	201,385	1,508	0,478	2,238
96	4,10	0,721	4,682	199,890	4,007	2,313	1,439
120	3,90	1,287	4,671	178,790	5,416	3,203	0,868
144	3,95	1,003	3,765	159,035	5,416	3,147	0,640
168	3,80	1,022	3,0962	139,365	6,668	4,426	0,640
192	3,95	1,025	4,029	132,030	6,824	3,647	0,640
216	3,85	1,001	2,637	129,096	5,572	3,314	0,640
Čas skladovania [d] ⁹							
5	3,95	1,025	1,662	110,025	5,572	3,425	0,640
10	4,25	1,031	1,662	105,624	5,416	3,203	0,640
15	4,15	0,914	3,303	104,021	5,416	3,203	0,640
20	4,20	0,953	3,398	103,230	5,416	3,314	0,640

1 - time of fermentation, 2 - total acidity, 3 - reducing sugars, 4 - organic acids, 5 - L-ascorbic, 6 - lactic, 7 - acetic, 8 - citric, 9 - time of storage.

Pokles obsahu redukujúcich cukrov z hodnoty 7,04 % na 4,15 % bol spôsobený činnosťou mliečnych baktérií, tvoriacich z hexózu kyselinu mliečnu. Najvýraznejšie zmeny titračnej kyslosti a obsahu redukujúcich cukrov nastali v 96. h fermentácie.

Počas fermentácie dochádzalo k poklesu obsahu kyseliny L-askorbovej z 223,52 mg.dm⁻³ na 95,36 mg.dm⁻³ (pokles o 42,7 %). V priebehu spontánnej fermentácie došlo k nárastu obsahu kyseliny mliečnej a octovej a k poklesu obsahu kyseliny citrónovej.

Maximum v produkcii kyseliny mliečnej a octovej bolo dosiahnuté v 216. h fermentácie. Najvýraznejší nárast obsahu kyseliny mliečnej bol pozorovaný medzi 48. a 72. h a kyseliny octovej medzi 72. a 96. h fermentácie. Najvýraznejší pokles obsahu kyseliny citrónovej bol zaznamenaný medzi 168. a 192. h fermentácie. Obsah kyseliny mliečnej a citrónovej sa počas skladovania nemenil, obsah kyseliny octovej nepatrne klesol.

V priebehu fermentácie kapustovej šťavy inokulovanej *L. plantarum* 92H došlo k poklesu pH z hodnoty 6,20 na hodnotu 4,15. Počas skladovania sa pH

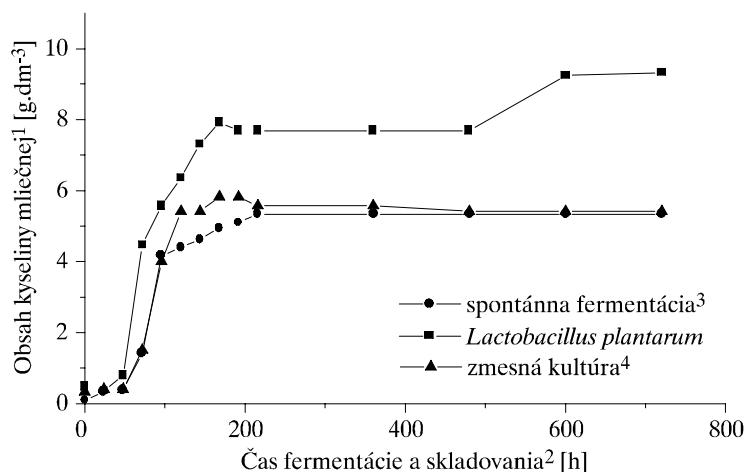
štiav pohybovalo medzi 4,30 a 4,35. K najvýraznejšiemu poklesu pH a redukujúcich sacharidov a nárastu titračnej kyslosti v tejto šťave došlo medzi 48. a 72. h fermentácie (pokles o 29,41, resp. 27,07 %, nárast o 70,91 %). Najväčší nárast obsahu kyseliny mliečnej bol pozorovaný medzi 48. a 72. h fermentácie a obsahu kyseliny octovej medzi 120. a 144. h fermentácie (nárast o 49,87 %).

V priebehu fermentácie kapustovej šťavy inokulovanej zmesnou kultúrou *L. plantarum* 92H a *S. cerevisiae* C11-3 došlo k poklesu pH z hodnoty 6,30 na hodnotu 3,85. Počas skladovania sa pH štiav pohybovalo medzi 3,95 a 4,25. K najvýraznejšiemu poklesu pH a redukujúcich sacharidov a k nárastu titračnej kyslosti došlo medzi 72. a 96. h fermentácie (pokles o 33,87, resp. 29,54 %, nárast o 77,61 %). Najväčší nárast obsahu kyseliny mliečnej bol zaznamenaný medzi 96. a 120. h fermentácie (nárast o 35,16 %).

Mierny nárast obsahu redukujúcich cukrov v šťave inokulovanej zmesnou kultúrou v priebehu skladovania mohol nastať z viacerých dôvodov. Je možné, že účinkom vyprodukovanej kyseliny mliečnej a octovej došlo v takto okyslenom prostredí k hydrolytickému štiepeniu heteroglykozidu sinigrínu na aglykón (izotiokyanatan) a sacharidovú zložku. Prípadne mohlo dôjsť vplyvom kyslého prostredia k aktivácii enzýmu invertáza produkovaného pomnoženými kvasinkami a k rozkladu sacharózy (v malých množstvách je prítomná v surovine) na glukózu a fruktózu [4].

V šťave inokulovanej *L. plantarum* 92H bol zaznamenaný 47% pokles a v šťave inokulovanej zmesnou kultúrou 43% pokles obsahu kyseliny L-askorbovej (medzi 0. h fermentácie a 20. dňom skladovania).

Na obr. 1 je znázornená závislosť medzi obsahom kyseliny mliečnej a časom fermentácie a skladovania kapustových štiav. Z obr. 1 vidíme, že najvyššia produkcia kyseliny mliečnej bola zaznamenaná v šťavách inokulovaných baktériou mliečneho kvaasenia *L. plantarum* (144 h fermentácie, 8,31 g.dm⁻³). Produkcia kyseliny mliečnej v spontánne fermentovanej kapustovej šťave a šťave inokulovanej zmesnou kultúrou *L. plantarum* a *S. cerevisiae* bola takmer na identickej úrovni. Čo sa týka poklesu hodnoty pH týchto štiav, najvýraznejší pokles bol zaznamenaný v šťavách inokulovaných zmesnou kultúrou. V priebehu skladovania bol vo všetkých šťavách pozorovaný mierny nárast pH. Obsah redukujúcich cukrov sa počas fermentácie najvýraznejšie znížil v kapustovej šťave inokulovanej zmesnou kultúrou (pokles o 66,6 %). V kapustovej šťave inokulovanej *L. plantarum* 92H bol zaznamenaný pokles redukujúcich cukrov o 54,2 % a v spontánne fermentovanej šťave o 41 % v priebehu fermentácie trvajúcej 216 h.



OBR. 1. Závislosť medzi obsahom kyseliny mliečnej v kapustových šťavách a časom fermentácie a skladovania.

FIG. 1. Dependence between the contents of lactic acid in cabbage juices and the time of fermentation and storage.

1 - contents of lactic acid, 2 - time of fermentation and storage, 3 - spontaneous fermentation, 4 - mixed culture.

Senzorické hodnotenie

Pri senzorickom hodnotení kapustových štiav sme sa zamerali na tieto senzorické parametre: farba, zákal, sediment, celkový vzhľad, chuť, vôňa, príjemnosť chute a vône, celková chutnosť.

Pri hodnotení farby spontánne fermentovanej kapustovej šťavy hodnotitelia uvádzali po 144 h procesu farbu svetložltú so zeleným odtieňom a svetložltú so zelenohnedým odtieňom. Počas skladovania bola farba 10. a 15. deň ohodnotená ako svetlooranžovohnedá (50 % hodnotiteľov) a oranžovohnedá (50 % hodnotiteľov). V porovnaní so spontánnou fermentáciou bola farba riadene fermentovanej šťavy s *L. plantarum* 92H už od 24. h fermentácie ohodnotená ako svetložltlooranžová a oranžovohnedá a farba kapustovej šťavy inokulovanej zmesnou kultúrou *L. plantarum* 92H a *S. cerevisiae* C11-3 bola ohodnotená podobne ako šťava inokulovaná *L. plantarum* 92H. Krémvooranžovohnedá so zeleným odtieňom sa vyskytovala pri skladovaných šťavách inokulovaných zmesnou kultúrou *L. plantarum* 92H a *S. cerevisiae* C11-3 a v 20. deň aj krémvooranžovohnedá farba.

Intenzita zákalu počas celého procesu spontánnej fermentácie sa výrazne nemenila, rovnako aj u šťavy inokulovanej *L. plantarum* 92H. Až po 20. dni

skladovania ohodnotilo 100 % hodnotiteľov vzorku spontánne fermentovanej kapustovej šťavy ako veľmi silne zakalenú. Šťava inokulovaná zmesnou kultúrou sa od ostatných štiav líšila (medzi 96. a 216. h) tým, že nebola ohodnotená ako veľmi silne zakalená, ale ako stredne zakalená.

Všetky spontánne fermentované kapustové šťavy boli hodnotené v priebehu fermentácie a skladovania ako typické a vynikajúce, typické. Vzhľad kapustovej šťavy inokulovanej *L. plantarum* 92H bol od 192. h popísaný aj ako málo typický (25 % hodnotiteľov). 50 % hodnotiteľov ohodnotilo vzhľad šťavy inokulovanej zmesnou kultúrou po 192. a 216. h ako vyhovujúci a ďalších 50 % ako typický. V ostatných hodinách boli vzorky posúdené ako typické a vynikajúce, typické.

Vo všetkých vzorkách bola pozorovaná prítomnosť sedimentu. V šťavách inokulovaných zmesnou kultúrou bola pozorovaná produkcia CO₂.

Výsledky z hodnotenia chuti a vône spontánne fermentovanej kapustovej šťavy a kapustovej šťavy inokulovanej zmesnou kultúrou sú uvedené v tab. 3 až 6.

Z hodnotení harmonickej chuti spontánne fermentovanej kapustovej šťavy vyplynulo, že najharmonickejšie vzorky boli v 72. a 96. h fermentácie (83 % zo stupnice). Kapustové šťavy inokulované *L. plantarum* 92H resp. zmesnou kultúrou mali najvyššiu intenzitu harmonickej chute tiež v 72. a 96. h fermentácie (82 resp. 80 % zo stupnice). Na obr. 2 je znázornený profil chuti mliečne fermentovaných kapustových štiav v hodinách fermentácie, v ktorých bola hodnotiteľmi určená najvyššia intenzita harmonickej chute (SK - spontánne fermentovaná kapustová šťava, K - kapustová šťava inokulovaná zmesnou kultúrou, KL - kapustová šťava inokulovaná *L. plantarum* 92H). Z obr. 2 vidieť, že jednotlivé šťavy sa najviac odlišovali v intenzite zloženej sladkokyslej chuti. Intenzita ostatných deskriptorov bola porovnateľná. V priebehu mliečnej fermentácie sa dala postrehnúť aj slaná chuť, ktorá sa však výrazne nemenila.

V počiatočných hodinách fermentácie prevládala vo všetkých šťavách sladká a kapustová vôňa. Kyslá vôňa bola na začiatku procesu slabo postrehnuteľná a najvýraznejšiu intenzitu mala až v 20. deň skladovania. Tak isto ostrá vôňa mala na začiatku nízku intenzitu, na konci fermentácie vzrástla a počas skladovania sa ešte nepatrne zvýšila. Štipľavá (korenistá) vôňa mala v nulte hodine hodnotu 17 %, na konci fermentácie jej intenzita lineárne vzrástla na 58 % a na konci skladovania až na 72 %. V priebehu fermentácie sa zosilňovala aj intenzita sladkokyslej vône, ktorá dosiahla maximálnu intenzitu v 96. h fermentácie a potom mala jej intenzita klesajúci charakter. Zapáchajúca vôňa čerstvej šťavy bola málo intenzívna, jej intenzita rástla s časom fermentácie a najvyššiu intenzitu dosiahla v priebehu skladovania.

TAB. 3. Deskriptory chuti a zložené chute
pre vzorky spontánne fermentovanej kapustovej šťavy.
TAB. 3. Taste descriptors and composite tastes
for samples of the spontaneously fermented cabbage juice.

Čas fermentácie ¹ [h]	Deskriptory chuti a zložené chute ² [% zo stupnice]								
	sladká ³	kyslá ⁴	kapus- tová ⁵	sladko- kyslá ⁶	harmo- nická ⁷	slaná ⁸	ostrá ⁹	štiplavá (korenistá) ¹⁰	horká ¹¹
0	82	8	82	28	65	4	52	7	6
24	80	9	80	36	70	4	79	11	10
48	78	13	76	47	77	3	11	14	13
72	72	18	71	65	83	4	16	20	16
96	71	20	68	64	83	4	22	25	20
120	67	27	65	61	81	4	25	30	25
144	64	31	62	58	78	4	29	35	28
168	62	36	59	53	73	4	34	38	32
192	59	40	56	50	70	4	38	41	35
216	57	44	55	46	65	3	42	45	38
Čas skladovania ¹² [d]									
5	55	48	53	43	60	3	46	51	42
10	53	52	51	40	57	3	50	58	44
15	51	57	49	36	53	3	53	64	47
20	48	62	46	33	49	3	56	70	49

1 - time of fermentation, 2 - taste descriptors and composite tastes [% of scale], 3 - sweet, 4 - acidic, 5 - cabbage, 6 - cabbage-carrot, 7 - harmonic, 8 - salty, 9 - sharp, 10 - spicy, 11 - bitter, 12 - time of storage.

TAB. 4. Deskriptory chuti a zložené chute pre vzorky kapustovej šťavy inokulovanej zmesnou kultúrou *Lactobacillus plantarum* 92H a *Saccharomyces cerevisiae* C11-3.

TAB. 4. Taste descriptors and composite tastes for samples of the cabbage juice inoculated by the mixed culture of *Lactobacillus plantarum* 92H and *Saccharomyces cerevisiae* C11-3.

Čas fermentácie ¹ [h]	Deskriptory chuti a zložené chute ² [% zo stupnice]								
	sladká ³	kyslá ⁴	kapus- tová ⁵	sladko- kyslá ⁶	harmo- nická ⁷	slaná ⁸	ostrá ⁹	štiplavá (korenistá) ¹⁰	horká ¹¹
0	82	6	84	25	66	3	5	8	5
24	78	11	81	32	69	2	7	11	8
48	75	15	79	43	75	2	10	14	11
72	69	20	73	56	80	3	16	20	15
96	66	28	70	60	80	3	21	24	18
120	63	34	66	57	77	2	25	27	20
144	59	41	63	55	73	3	29	32	23
168	57	47	60	52	70	3	32	35	27
192	54	51	57	49	66	3	35	38	31
216	51	56	55	46	64	3	39	44	34
Čas skladovania ¹² [d]									
5	49	61	52	43	61	3	42	48	39
10	46	66	49	41	58	3	46	53	42
15	44	70	47	38	55	3	49	57	44
20	43	75	45	34	51	3	52	62	47

1 - time of fermentation, 2 - taste descriptors and composite tastes [% of scale], 3 - sweet, 4 - acidic, 5 - cabbage, 6 - cabbage-carrot, 7 - harmonic, 8 - salty, 9 - sharp, 10 - spicy, 11 - bitter, 12 - time of storage.

TAB. 5. Deskriptory vône a zložená vôňa pre vzorky spontánne fermentovanej kapustovej šťavy.

TAB. 5. Aroma descriptors and composite aroma for samples of the spontaneously fermented cabbage juice.

Čas fermentácie ¹ [h]	Deskriptory vône a zložená vôňa ² [% zo stupnice]						
	sladká ³	kyslá ⁴	kapustová ⁵	ostrá ⁶	zapáchajúca ⁷	sladkokyslá ⁸	štiplavá (korenistá) ⁹
0	70	5	84	4	4	10	17
24	67	8	82	6	5	25	21
48	63	11	80	9	7	38	24
72	58	16	78	11	9	48	31
96	55	23	70	20	14	49	35
120	52	29	69	25	16	46	39
144	49	32	67	29	19	44	44
168	46	36	64	32	21	41	49
192	43	42	62	37	25	38	53
216	41	50	59	42	28	35	58
Čas skladovania ¹⁰ [d]							
5	39	53	57	45	30	31	61
10	37	56	56	49	32	28	65
15	34	60	53	52	35	25	69
20	32	64	51	55	36	22	72

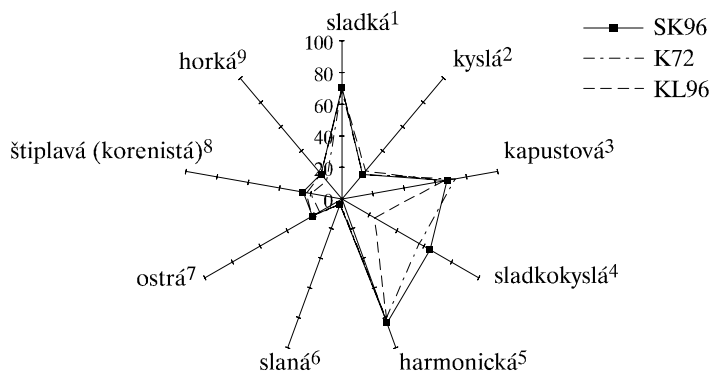
1 - time of fermentation, 2 - aroma descriptors and composite aroma [% of scale], 3 - sweet, 4 - acidic, 5 - cabbage, 6 - sharp, 7 - smell, 8 - sweet-acidic, 9 - spicy, 10 - time of storage.

TAB. 6. Deskriptory vône a zložená vôňa pre vzorky kapustovej šťavy inokulovanej zmesnou kultúrou *Lactobacillus plantarum* 92H a *Saccharomyces cerevisiae* C11-3.

TAB. 6. Aroma descriptors and composite aroma for samples of the cabbage juice inoculated by the mixed culture of *Lactobacillus plantarum* 92H and *Saccharomyces cerevisiae* C11-3.

Čas fermentácie ¹ [h]	Deskriptory vône a zložená vôňa ² [% zo stupnice]						
	sladká ³	kyslá ⁴	kapustová ⁵	ostrá ⁶	zapáchajúca ⁷	sladkokyslá ⁸	štiplavá (korenistá) ⁹
0	72	6	85	4	3	9	12
24	70	8	84	7	4	23	16
48	66	12	81	10	6	36	21
72	63	16	79	13	8	50	29
96	60	21	72	19	12	52	34
120	56	25	70	24	16	48	38
144	53	29	66	27	18	45	43
168	51	33	63	32	21	40	47
192	49	38	62	36	24	36	52
216	47	41	59	41	27	33	57
Čas skladovania ¹⁰ [d]							
5	44	46	56	44	31	30	61
10	42	51	54	47	36	26	64
15	41	56	51	50	37	24	69
20	38	61	48	52	40	21	72

1 - time of fermentation, 2 - aroma descriptors and composite aroma [% of scale], 3 - sweet, 4 - acidic, 5 - cabbage, 6 - sharp, 7 - smell, 8 - sweet-acidic, 9 - spicy, 10 - time of storage.



OBR. 2. Profil chuti mliečne fermentovaných kapustových štiav v dobe fermentácie, pri ktorej sa zistila najvyššia intenzita harmonickej chute. SK96 - spontánne fermentovaná kapustová šťava v 96. h fermentácie, K72 - kapustová šťava inokulovaná zmesnou kultúrou v 72. h fermentácie, KL96 - kapustová šťava inokulovaná *L. plantarum* 92H v 96. h fermentácie.

FIG. 2. Taste profile of the lactic acid fermented cabbage juices at the times of fermentation, when the highest intensity of the harmonic taste was found. SK96 - spontaneously fermented cabbage juice after 96 h of fermentation, K72 - cabbage juice inoculated with the mixed culture after 72 h of fermentation, KL96 - cabbage juice inoculated with *L. plantarum* 92H after 96 h of fermentation. 1 - sweet, 2 - acidic, 3 - cabbage-like, 4 - sweet-acidic, 5 - harmonic, 6 - salty, 7 - hot, 8 - spicy, 9 - bitter.

V tab. 7 a 8 sú znázornené výsledky z hodnotenia príjemnosti chuti a vône a celkovej chutnosti spontánne fermentovanej kapustovej šťavy a kapustovej šťavy inokulovanej zmesnou kultúrou. Všetky šťavy dosiahli najvyššiu intenzitu príjemnosti chuti a vône a najvyššiu intenzitu celkovej chutnosti v 96. h fermentácie, pričom najväčšia intenzita príjemnosti chuti a vône bola zaznamenaná u spontánne fermentovanej kapustovej šťavy (82 % resp. 79 % zo stupnice). Kapustová šťava inokulovaná *L. plantarum* 92H dosahovala v tejto hodine fermentácie nasledujúce parametre: príjemnosť chuti 76 % a príjemnosť vône 79 %. Šťava inokulovaná zmesnou kultúrou dosahovala tieto parametre: príjemnosť chuti 79 % a príjemnosť vône 76 %. Najvyššia intenzita celkovej chutnosti bola dosiahnutá v šťave inokulovanej *L. plantarum* 92H (89 % zo stupnice), zostávajúce šťavy vykazovali v tejto hodine fermentácie 87% intenzitu celkovej chutnosti.

TAB. 7. Príjemnosť chuti, príjemnosť vône, celková chutnosť pre vzorky spontánne fermentovanej kapustovej šťavy.

TAB. 7. Savourness of taste and aroma, flavour for samples of the spontaneously fermented cabbage juice.

Čas fermentácie ¹ [h]	Príjemnosť chuti ²	Príjemnosť vône ³	Celková chutnosť ⁴
	[% zo stupnice] ⁵		
0	66	59	71
24	69	64	76
48	73	72	79
72	81	77	87
96	82	79	87
120	76	75	83
144	73	73	80
168	70	70	77
192	66	67	70
216	63	63	66
Čas skladovania ⁶ [d]			
5	58	60	64
10	55	57	61
15	53	54	58
20	50	52	38

1 - time of fermentation, 2 - savourness of taste, 3 - savourness of aroma, 4 - flavour, 5 - % of scale, 6 - time of storage.

TAB. 8. Príjemnosť chuti, príjemnosť vône, celková chutnosť pre vzorky kapustovej šťavy inokulovanej zmesnou kultúrou *Lactobacillus plantarum* 92H a *Saccharomyces cerevisiae* C11-3.

TAB. 8. Savourness of taste and aroma, flavour for samples of cabbage juices inoculated by the mixed culture of *Lactobacillus plantarum* 92H and *Saccharomyces cerevisiae* C11-3.

Čas fermentácie ¹ [h]	Príjemnosť chuti ²	Príjemnosť vône ³	Celková chutnosť ⁴
	[% zo stupnice] ⁵		
0	63	60	72
24	67	63	75
48	72	71	80
72	77	74	85
96	79	76	87
120	76	75	78
144	73	71	82
168	68	67	79
192	65	65	73
216	61	60	70
Čas skladovania ⁶ [d]			
5	56	57	66
10	54	54	61
15	50	52	57
20	47	49	55

1 - time of fermentation, 2 - savourness of taste, 3 - savourness of aroma, 4 - flavour, 5 - % of scale, 6 - time of storage.

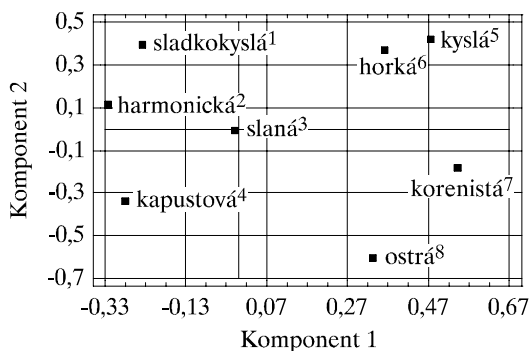
Štatistické vyhodnotenie chemických a senzorických analýz spontánne fermentovanej kapustovej šťavy

Vzhľadom na to, že ako najharmonickejšie sa ukázali byť vzorky spontánne fermentovanej šťavy, v tejto publikácii uvádzame výsledky práve zo štatistického vyhodnotenia týchto štiav.

Hodnotenie chuti

Korelačná analýza ukázala, že najväčšie korelácie boli zistené medzi sladkou a kyslou chuťou ($-0,9932$), sladkou a horkou chuťou ($-0,9963$), čo poukazuje na nepriamu lineárnu závislosť; medzi sladkou a kapustovou chuťou ($0,9977$), kyslou a horkou chuťou ($0,9953$), čo poukazuje na to, že medzi danými premennými existuje priama lineárna závislosť. Ďalej medzi kyslou a kapustovou chuťou ($-0,9868$) a kapustovou a horkou chuťou ($-0,9940$), čo poukazuje na existenciu nepriamej lineárnej závislosti.

PCA (štandardizované vstupné údaje) zredukovala pôvodných 9 premenných (deskriptory chuti) na 2 hlavné komponenty, ktoré vysvetlili spolu 86,84 % z celkovej premenlivosti výsledkov (PC1 63,94 % a PC2 22,90 %). Na obr. 3 sú znázornené saturácie premenných (deskriptory chuti) v osiach PC1 a PC2. PC1 najlepšie vysvetlil premenné kyslá (saturácia 0,394), horká (saturácia 0,385), a vo svojej zápornej časti premenné kapustová (saturácia $-0,369$), harmonická (saturácia $-0,380$), sladká (saturácia $-0,378$). PC2 naj-



OBR. 3. Saturácie premenných (deskriptory chuti) vynesené v osiach PC1 a PC2 pre vzorky spontánne fermentovanej kapustovej šťavy (štandardizované vstupné údaje).

FIG. 3. Plot of component weight (taste descriptors) in coordinates of PC1 and PC2 for samples of the spontaneously fermented cabbage juice (standardized entry data).
1 - sweet-acidic, 2 - harmonic, 3 - salty, 4 - cabbage-like, 5 - acidic, 6 - bitter, 7 - spicy, 8 - hot.

lepšie vysvetlil premenné sladkokyslá (saturácia $-0,571$) a ostrá (saturácia $0,501$). Vynechaním zložených chutí (harmonická a sladkokyslá) došlo k redistribúcii vysvetľovaného rozptylu, pričom PC1 vysvetlil $68,80\%$ a PC2 ďalších $15,87\%$ z celkovej premenlivosti výsledkov. Vynechaním najhoršie vysvetlených premenných (sladkokyslá a ostrá) bol vyextrahovaný jeden hlavný komponent, ktorý vysvetlil $76,83\%$ z celkovej premenlivosti údajov.

Hodnotenie vône

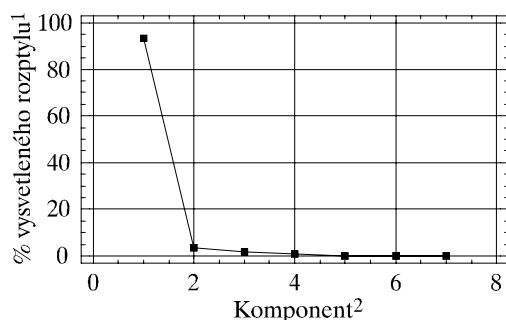
Korelačná analýza ukázala, že najväčšie korelácie boli nájdené medzi kyslou a ostrou vôňou ($0,9942$), kyslou a zapáchajúcou vôňou ($0,9929$), korenistou a sladkou vôňou ($0,9972$), čo poukazuje na priamu lineárnu závislosť medzi danými dvojicami premenných; medzi sladkou a zapáchajúcou vôňou ($-0,9972$), čo poukazuje na nepriamu lineárnu závislosť medzi danými premennými. Nízka hodnota korelačných koeficientov medzi premennými sladkokyslá a korenistá ($-0,0969$) a korenistá a zapáchajúca ($-0,1272$) poukazuje na to, že medzi danou dvojicou premenných neexistuje lineárna závislosť, jedná sa teda o iný typ závislosti.

PCA (štandardizované vstupné údaje) zredukovala pôvodných 7 deskriptorov vône na 2 nezávislé komponenty, ktoré vysvetlili spolu $99,82\%$ z celkovej premenlivosti výsledkov (PC1 $85,52\%$ a PC2 $14,30\%$). PC1 najlepšie vysvetlil takmer na identickej úrovni všetky premenné (saturácie okolo $\pm 0,4$) s výnimkou premennej sladkokyslá, ktorú PC1 nevysvetľoval vôbec. Táto premenná však bola najlepšie vysvetlená PC2 (saturácia $0,9931$). PC1 najlepšie vysvetlil vzorky v počiatočných hodinách fermentácie a skladované vzorky, PC2 vzorky medzi 72. a 192. h fermentácie a 0 h. Vynechaním najhoršie vysvetľovanej premennej (sladkokyslá) došlo k redistribúcii vysvetľovaného rozptylu, pričom bol vyextrahovaný jeden hlavný komponent, ktorý vysvetlil $99,60\%$ z celkovej variability výsledkov.

Chemická analýza

Korelačná analýza ukázala, že najväčšie korelácie boli nájdené medzi obsahom kyseliny mliečnej a octovej ($0,8876$), obsahom kyseliny mliečnej a citrónovej ($-0,9663$) a medzi obsahom kyseliny citrónovej a octovej ($-0,8792$).

PCA zredukovala pôvodných 7 analytických deskriptorov na jeden hlavný komponent, ktorý vysvetlil $96,93\%$ z celkovej premenlivosti vstupných údajov. Na obr. 4 je znázornená závislosť medzi počtom hlavných komponentov a percentami vysvetľovaného rozptylu. Všetky premenné boli vysvetlené takmer na identickej úrovni (saturácie okolo $\pm 0,37$ až $\pm 0,39$), pričom najlepšie vysvetľovanou premennou bola kyselina mliečna (saturácia $0,3900$).



OBR. 4. Závislosť medzi počtom hlavných komponentov a percentom vysvetľovaného rozptylu pre parametre spontánne fermentovanej kapustovej šťavy.

FIG. 4. Dependence of the number of principal components and the percentage of the explained variance for parameters of the spontaneously fermented cabbage juice.
1 - % of the explained variance, 2 - component.

Výsledky analýz poukázali na to, že najviac kyseliny mliečnej bolo produkovanej v kapustovej šťave inokulovanej *L. plantarum* 92H a najväčší pokles pH bol pozorovaný u šťavy inokulovanej zmesnou kultúrou. Na základe senzorických parametrov sa ako najlepšia javila spontánne fermentovaná kapustová šťava.

Korelačná analýza poukázala na existenciu súvislostí (korelácií) medzi dvojicami premenných. Analýza hlavných komponentov poslúžila na zníženie dimenzionality výsledkov chemických analýz a senzorického hodnotenia a vyextrahovala najdôležitejšie premenné pre sledovanú šťavu (deskriptory chuti: kyslá, horká, kapustová, harmonická, sladká; deskriptory vône: všetky okrem sladkokyslej; analytické deskriptory: všetky vysvetlené takmer na identickej úrovni, najlepšie vysvetlená premenná: obsah kyseliny mliečnej).

Literatúra

1. KUCHTA, T. - POLÍVKA, L.: Izolácia a charakterizácia kmeňov baktérií pre mliečne kvasenie zeleniny. Bulletin potravinárskeho výskumu, 32, 1993, č. 3/4, s. 247-256.
2. KAROVIČOVÁ, J. - GREIF, G. - ŠIMŮTH, T.: Senzorické hodnotenie mliečne fermentovaných zeleninových štiav. Bulletin potravinárskeho výskumu, 36, 1997, č. 2, s. 51-61.
3. DRDÁK, M. - KAROVIČOVÁ, J. - GREIF, G. - RAJNIAKOVÁ, A.: Výber kmeňov *Lactobacillus* species na mliečnu fermentáciu zeleniny. Bulletin potravinárskeho výskumu, 33, 1994, č. 3/4, s. 195-203.

4. HOLZAPFEL, W. H.: Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing countries. *International Journal of Food Microbiology*, 75, 2002, s. 197-212.
5. GARDNER, N. J. - SAVARD, T. - OBERMEIER, P.: Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures. *International Journal of Food Microbiology*, 64, 2001, s. 261-275.
6. KOPEC, K.: Jakost mléčné kvašené zeleniny. *Výživa a potraviny*, 3, 2000, s. 93-94.
7. PRÍBELA, A.: Analýza potravín - cvičenia. Bratislava : Edičné stredisko SVŠT, 1987. 394 s.
8. KAROVIČOVÁ, J. - GREIF, G. - KOHAJDOVÁ, Z. - HYBENOVÁ, E.: Využitie multivariačnej analýzy pri hodnotení mliečne fermentovaných zeleninových štiav. *Bulletin potravinárskeho výskumu*, 40, 2001, č. 2, s. 119-131.
9. KAROVIČOVÁ, J. - KOHAJDOVÁ, Z. - HYBENOVÁ, E. - GREIF, G. - LUKÁČOVÁ, D.: Hodnotenie zeleninových štiav fermentovaných baktériami mliečného kysnutia. *Bulletin potravinárskeho výskumu*, 40, 2001, č. 4, s. 285-299.

Do redakcie došlo 10.7.2002.

Comparison of cabbage juice fermentations

KAROVIČOVÁ, J. - KOHAJDOVÁ, Z. - GREIFOVÁ, M. - LUKÁČOVÁ, D. - GREIF, G.:
Bull. potrav. Výsk., 41, 2002, p. 197-213.

SUMMARY: The purpose of the work was the comparison of cabbage juices fermentation. Cabbage juices were spontaneously fermented, or inoculated by *Lactobacillus plantarum* 92H, or inoculated by the mixed culture *Lactobacillus plantarum* 92H and *Saccharomyces cerevisiae* C11-3. The greatest amount of lactic acid was produced in juice inoculated by *L. plantarum* 92H in 144 h of fermentation (8.311 g.dm^{-3}) and the highest decrease in pH was observed in juices inoculated by the mixed culture (from value 6.30 to 3.85). The greatest decrease in the content of reducing sugars was observed in the juice inoculated by the mixed culture (by 66.6 %). The sensory analysis showed that all the juices had the most harmonic taste between 72 and 96 h of fermentation. The highest value savourness of taste and aroma and flavour had in 96 h of fermentation. Principal component analysis reduced the original 9 taste and 7 aroma descriptors to 2 independent components that explained 88.6 % and 99.8 % of the total variability of the results.

KEYWORDS: cabbage juice; spontaneous fermentation; *Lactobacillus plantarum*; *Saccharomyces cerevisiae*; principal component analysis; correlation analysis