

STANOVENÍ ORGANICKÝCH KYSELIN VE SPECIÁLNÍCH PIVECH A NÁPOJÍCH NA BÁZI PIVA POMOCÍ KAPILÁRNÍ IZOTACHOFORÉZY

SIMONA ČERNÁ^a, KAROLÍNA BENEŠOVÁ^a a JAN MARTINÍK^{a,b}

^a Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Mostecká 7, 614 00 Brno, ^b Ústav biotechnologie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6, Česká republika
cerna@beerresearch.cz

Došlo 16.2.23, přijato 11.5.23.

Organické kyseliny v pivu mají vliv na kvalitu piva, včetně organoleptických vlastností a koloidní stability. Velká část celkových organických kyselin v pivu pochází z mladiny, zatímco zbytek vzniká nebo se přeměňuje v důsledku metabolismu kvasinek. Ve vybraných druzích piva byly stanoveny koncentrace pěti organických kyselin. Kvantifikována byla jablečná, jantarová, citronová, octová a mléčná kyselina. Koncentrace kyselin se liší vzhledem k druhu piva. Nejvyšší koncentrace mléčné kyseliny byla nalezena v kyselých a ovocných pivech. Nejvíce citronové kyseliny obsahovaly radlery a ovocná piva. Nejvyšší koncentrace octové kyseliny byla nalezena v ovocných pivech. Vyšší koncentraci jablečné kyseliny měla kyselá a ovocná piva. Nejvíce jantarové kyseliny obsahovala piva typu Ale a ovocná piva. Stanovení bylo provedeno metodou kapilární izotachoforézy. Bylo zjištěno, že stanovení koncentrace organických kyselin v souvislosti se statistickým vyhodnocením by mohlo být vhodnou metodou pro kontrolu technologie výroby piva, případně autenticity přídavku ovocného podílu do radlerů a ovocných piv.

Klíčová slova: organické kyseliny, pivo, kapilární izotachoforéza

Úvod

Pivo by až na určité speciální typy (kyselá piva, ovocná piva a radlery) nemělo vykazovat výraznou kyselou chuť¹. Kyselost je vnímána intenzivněji u méně plných piv a piv s vyšším stupněm prokvašení². K výrobě kyselých piv se používají bakterie mléčného kvašení nebo octové bakterie spolu s kvasinkami. Jedná se o různé mikroorganismy, které se liší podle pivního stylu a použité technologie (spontánní nebo řízené kvašení). Kyselá piva lze vyrábět naočkováním kultur bakteriemi mléčného kvašení do rmutu nebo naočkováním do mladiny před nebo po varu. Za tuto kyselost jsou zodpovědné organické kyseliny a kyselina uhličitá^{3,4}.

Základní složkou pro výrobu míchaných nápojů na bázi piva typu radler je vždy pivo s obsahem 50–70 obj.%. Pivo se po dokončení výrobního procesu míchá s limonádami s různými ovocnými nebo bylinnými příchutěmi. Tyto limonády žádné ovoce neobsahují, jedná se zpravidla o průmyslově vyrobené příchutě. Nápoje mohou být alkoholické nebo nealkoholické, s jednou nebo více přísadami, s jednou nebo více příchutěmi, slazené cukrem nebo umělým sladidlem. Přidávání ovocných kyselin je důležité pro vyvážený poměr sladké a kyselé chuti. Přídavek kyselin také snižuje hodnotu pH výsledného nápoje^{5,6}.

Ovocná piva jsou většinou vyráběna řemeslnými pivovary. Do piva lze přidávat téměř všechny druhy ovoce, jako jsou peckovice, jádrové ovoce, tropické ovoce i bobule⁷. Ovocné pivo je pivo vařené s ovocným přídavkem nebo příchutí. O ovoce a ovocnou šťávu se jedná zejména v případě lambiců, které kvasí spontánně (kriek, framboise, peche a další). V případě ostatních ovocných piv jde zejména o ovocné extrakty, sirupy a příchutě, které jsou přidávány až do spodního nebo svrchního kvašení. Ovoce nejen že dodává nové příchutě, ale může také zvýšit koncentraci bioaktivních sloučenin. Chuť ovoce nesmí dominovat základnímu typu piva^{8–10}.

Nealkoholická piva lze vyrábět šetrným odstraněním alkoholu z normálně kvašeného alkoholického piva tepelnými metodami (např. vakuová destilace) nebo použitím membránových separačních technik (např. reverzní osmóza, dialýza). Nejjednodušší postup však spočívá v omezené nebo přerušované fermentaci s potlačenou tvorbou alkoholu, které lze dosáhnout kombinací několika strategií^{11,12}. Samotné kvašení lze zastavit při dosažení požadovaného obsahu alkoholu, a to buď odstraněním kvasinek (filtrace, odstředění) nebo jejich deaktivací (pasterizace). Další možností je vytvoření podmínek fermentace, které potlačují metabolismus kvasinek¹³. Na výrobu nealkoholických piv lze použít i mutantní kvasinky. Dochází

k snížené produkci alkoholu v důsledku poklesu pH média během fermentace spolu s rapidní produkcí organických kyselin¹⁴.

Organické kyseliny ovlivňují senzory kyselost piva a patří mezi důležité složky z hlediska vlivu na kvalitu piva. Kromě toho, že organické kyseliny jsou řazené do jedné z hlavních chuťových skupin (kyselé), mají samostatně charakteristické příchutě na základě jejich molekulární struktury. Citronová kyselina má svěží kyselou chuť, která je odlišná od jablečné kyseliny. Jantarová kyselina má kromě kyselosti nepřijemnou slanou a hořkou chuť. Octová kyselina má příchut' octa a chuť mléčné kyseliny se podobá kyselému mléku^{4,15}.

Kyseliny přítomné ve finálním pivu jsou z velké části ty, které se nacházejí v surovinách pro výrobu piva, z nichž hlavní je slad^{15,16}. Autoři^{15,17} uvádějí, že složení organických kyselin ve sladu je ovlivněno několika parametry: odrůda ječmene, jeho chemické ošetření, ročník, oblast, stav zralosti, ale také sladovnické parametry. Citronová kyselina a jablečná kyselina jsou převážně produkty klíčení¹⁸. Velká část celkových organických kyselin (cca 50 %) v pivu pochází z mladiny, zatímco zbytek vzniká nebo se přeměňuje v důsledku metabolismu kvasinek^{15,16}. V pivu jsou organické kyseliny s krátkým uhlíkovým skeletem odvozené jak z neúplného obratu citrátového cyklu, ke kterému dochází při anaerobním růstu kvasinek, tak z katabolismu aminokyselin¹⁶. Jednotlivé kmeny kvasinek se mohou lišit také ve schopnosti tvořit ethanol, oxid uhlíčitý a organické kyseliny. Čím intenzivnější je rozmnožovací a fermentační schopnost kvasnic, tím více se spotřebovávají ústrojné látky z mladiny, a tím více se vytvoří organických kyselin. Vzhledem k tomu, že organické kyseliny zvyšují koncentraci vodíkových iontů v prostředí, ovlivňují koagulaci bílkovin, vylučování hořkých látek z chmele a biologickou stabilitu piva¹⁹. Množství kyselin vnesených do produktu chmelem lze zanedbat²⁰.

Pyrohroznová, octová, mléčná, citronová, jantarová a jablečná kyselina přispívají ke snížení pH během fermentace a chrání pivo před mikrobiologickým napadením. Přispívají k prodloužení skladovatelnosti, jelikož poskytují silnou pufrací schopnost, která koreluje se zákalem piva, stabilitou pěny a rychlostí zatuchnutí chuti^{21,22}.

Cílem této práce bylo stanovit obsah organických kyselin ve speciálních pivech vyráběných různými technologiemi. Vzorky byly analyzovány metodou kapilární izotachografie. Tato metoda umožňuje separaci a stanovení širokého rozsahu analytů ve stopových koncentracích. K těmto analytům patří např. organické kyseliny a zásady, neorganické kationty a anionty, nukleotidy, aminokyseliny, peptidy, proteiny a syntetické ionogenní polymery. Systémem prochází elektrický proud, iontové chemické sloučeniny přítomné ve vzorku se oddělují v důsledku různé rychlosti migrace, což vede k vytvoření odlišných zón v rovnovážném stavu^{23–25}.

Experimentální část

Výběr a příprava vzorků

K analýze bylo vybráno celkem 58 piv z následujících zemí: Německo, Belgie, USA, Rakousko, Česká republika, Velká Británie, Itálie, Švédsko, Estonsko, Irsko a Španělsko. Jednalo se o světlá piva, tmavá piva (porťy a stouty), nealkoholická piva, míchané nápoje na bázi piva (radlery), ovocná piva, kyselá piva a piva typu Ale. 100 ml vzorku piva bylo odlito do kádinky a odpěněno v ultrazvukové lázni po dobu 5 minut. Následně bylo 5 ml vzorku přefiltrováno přes stříkačkový nylonový filtr (0,22 μm). Pivo se dále ředilo dle potřeby $10\times - 100\times$.

Standarty, chemikálie a příprava roztoků

Ke stanovení byly použity standarty jablečné kyseliny čistoty $\geq 95\%$, jantarové kyseliny čistoty $\geq 99\%$ (Sigma-Aldrich, Německo), octové kyseliny 100 % (Merck, Německo), mléčnanu lithného (čistota neuvvedena, Villa Labeco, Slovensko), citronanu lithného (čistota neuvvedena, Villa Labeco, Slovensko). Z připravených zásobních roztoků se připravily ředěním směsné standarty. Pětibodové kalibrační křivky byly změřeny v následujících intervalech koncentrací: jablečná 2,5–50 mg l^{-1} , jantarová 1,25–25 mg l^{-1} , citronová 2,5–50 mg l^{-1} , octová 2,5–50 mg l^{-1} a mléčná kyselina 5–100 mg l^{-1} . Koncentrace jednotlivých kyselin byly voleny tak, aby odpovídaly předpokládaným koncentracím ve vzorcích. Chemikálie pro přípravu ukončovacího roztoku: kapronová kyselina čistoty $\geq 99\%$, histidin čistoty $\geq 95\%$ (Sigma-Aldrich, Německo) a pro vodící roztok: kyselina chlorovodíková, bis-tris-propan, methylhydroxyethyl-celulosa (čistota neuvvedena, Villa Labeco, Slovensko). Složení vedoucího roztoku: 10 mM HCl + 5,6 mM bis-tris-propan + 0,1% methylhydroxyethyl-celulosa. Složení koncového roztoku: 5 mmol l^{-1} kyselina kapronová a 5 mmol l^{-1} histidin.

Přístroj a metoda

Koncentrace vybraných organických kyselin v pivech byla stanovena pomocí izotachografického analyzátoru EA 101 (výrobce Villa Labeco, Slovensko) s vodivostní detekcí. Stanovovaly se jako anionty. Separační kolona rozdělí složky vzorku v krátkém čase a analytická kolona rozšiřuje detekční schopnost separovaných složek. Separační kolona je zhotovena z fluorovaného ethylenpropylenového kopolymeru (FEP), vybavena kapilárou o délce 90 mm a vnitřním průměrem 0,8 mm. Analytická kolona je vyrobena z fluorovaného ethylenpropylenového kopolymeru (FEP), tvořena kapilárou o délce 160 mm a vnitřním průměrem 0,3 mm. Podle výrobce je nastřikovaná množství naředěného vzorku cca 1 ml injekční stříkačkou. Dávkovací kohout pojme 30 μl vzorku, který je nastřikován mezi vedoucí a koncový elektrolyt. Maximální napětí bylo nastaveno na 8000 V, maximální hodnota proudu separační kolony 250 μA a analytické kolony

50 μA . Doba analýzy je cca 30 minut při laboratorní teplotě. Analyzátor pracuje s programovým vybavením ITPPro (Villa Labeco, Slovensko).

Výsledky a diskuse

Metoda byla aplikována na vzorky piv vyrobených různou technologií vzhledem k druhu piva. Výsledky nalezených koncentrací organických kyselin jsou uvedeny v tabulce I.

V kyselých pivech byla nejvíce zastoupena mléčná kyselina v rozmezí hodnot 1776–9429 mg l^{-1} . Vysoké množství zejména mléčné kyseliny a octové kyseliny má za následek nízké pH a vysokou intenzitu kyselosti ve srovnání s pivy a ležáky fermentovanými čistými kulturami²⁶. Vyšší koncentrace mléčné kyseliny v zahraničních pivech lze vysvětlit vyšší mírou okyselování rmutu, ať už přidavkem průmyslově vyrobené mléčné kyseliny nebo biologickým okyselením přidavkem kyselého rmutu vyrobeného v pivovaru. Okyselování rmutů se používá pro zvýšení acidity, která podporuje enzymatické reakce probíhající při rmutování, pivo rychleji kvasí a zraje, zlepšuje pěnivost a trvanlivost piva²⁷.

V nealkoholických pivech byla nejvíce zastoupena mléčná kyselina o koncentraci 58–1088 mg l^{-1} . Ostatní kyseliny se vyskytovaly v nižších koncentracích. Tento typ piva je díky vyšší koncentraci cukrů a téměř žádnému alkoholu mnohem citlivější na mikrobiální kontaminaci než normální alkoholické pivo. Aby se tomuto riziku zabránilo, je třeba snížit hodnotu pH mladiny. Literatura uvádí způsob výroby nealkoholického piva zahrnující předúpravu mladiny fermentací pomocí bakterií mléčného kvašení. Dále uvádí koncentraci 1380 mg l^{-1} kyseliny mléčné v nealkoholickém pivu²⁸.

Ovocná piva obsahovala nejvyšší koncentraci mléčné kyseliny 323–7256 mg l^{-1} a citronové kyseliny 348–2850 mg l^{-1} . Přidání ovoce do piva má za následek vyšší kyselost a také neobvyklou barvu, ovocnou chuť a chuť v závislosti na přidaném množství a druhu ovoce⁹. Některá ovocná piva získávají část své kyselosti přidáním kyselého ovoce, které obsahuje organické kyseliny²⁹. V pomerančích, citronech, jahodách a v angreštu převažuje citronová kyselina. V jablkách, hruškách a třešních je nejvíce obsažena jablečná kyselina¹⁸.

V radlrech převažovala citronová kyselina v rozsahu hodnot 808–2914 mg l^{-1} . Podílí se na celkové kyselosti piva a má vliv na jeho chuť. Bývá přidávána ke zvýšení kyselosti jak u nízkoalkoholických, tak i nealkoholických nápojů²⁹.

Ve světlých pivech se mléčná kyselina nacházela v rozmezí hodnot 115–666 mg l^{-1} a dále citronová kyselina v rozmezí hodnot 225–360 mg l^{-1} . Obsah mléčné kyseliny závisí na použitém kmeni pivovarských kvasinek a na složení mladiny³⁰. Literatura uvádí nejvíce zastoupenou mléčnou kyselinu v pivech v rozmezí 48–233 mg l^{-1} a citronovou kyselinu 56–158 mg l^{-1} (cit.³¹).

Tmavá piva měla největší zastoupení citronové kyseliny v rozsahu hodnot 185–559 mg l^{-1} a mléčné kyseliny 142–464 mg l^{-1} . Literatura uvádí nejvyšší naměřené hodnoty mléčné kyseliny 292–275 mg l^{-1} (cit.³¹).

Piva typu Ale se vyznačují nejvyšší koncentrací mléčné kyseliny v rozsahu hodnot 202–1678 mg l^{-1} a citronové kyseliny 50–694 mg l^{-1} . Literatura³¹ uvádí podstatně nižší hodnoty mléčné kyseliny 61–278 mg l^{-1} a citronové kyseliny 71–133 mg l^{-1} .

Obsah jantarové kyseliny a jablečné kyseliny v analyzovaných vzorcích piva se pohyboval v nižších koncentracích. V pivech typu Ale se naměřená koncentrace jantarové kyseliny pohybovala v nejvyšší koncentraci v rozmezí

Tabulka I
Naměřené hodnoty organických kyselin v různých druzích piv (mg l^{-1})

Druhy piv	Jablečná kyselina	Jantarová kyselina	Citronová kyselina	Octová kyselina	Mléčná kyselina
Radler (R1-R11)	76–234	4–30	808–2914	110–271	79–571
Nealkoholická piva (N1-N7)	43–172	13–102	73–307	74–191	58–1088
Ovocná piva (O1-O5)	94–500	56–217	348–2850	107–600	323–7256
Kyselá piva (K1-K4)	60–790	115–158	81–261	89–502	1776–9429
Světlá piva (S1-S15)	32–173	26–114	225–360	99–275	115–666
Tmavá piva (T1-T7)	80–229	49–196	185–559	59–260	142–464
Ale (A1-A9)	46–420	15–279	50–694	104–375	202–1678

15–279 mg l⁻¹. Jablečná kyselina byla nejvíce zastoupena v kyselých pivech v rozmezí hodnot 60–790 mg l⁻¹. Literatura uvádí, že obsah jablečné kyseliny nezávisí na kmeni použitých kvasinek³¹.

Během celého procesu výroby piva může dojít k mikrobiologické kontaminaci, a tím se zvýší produkce octové kyseliny, která může být produkována nejen octovými bakteriemi, ale i divokými kvasinkami, které se dostávají do meziproduktů výroby piva³².

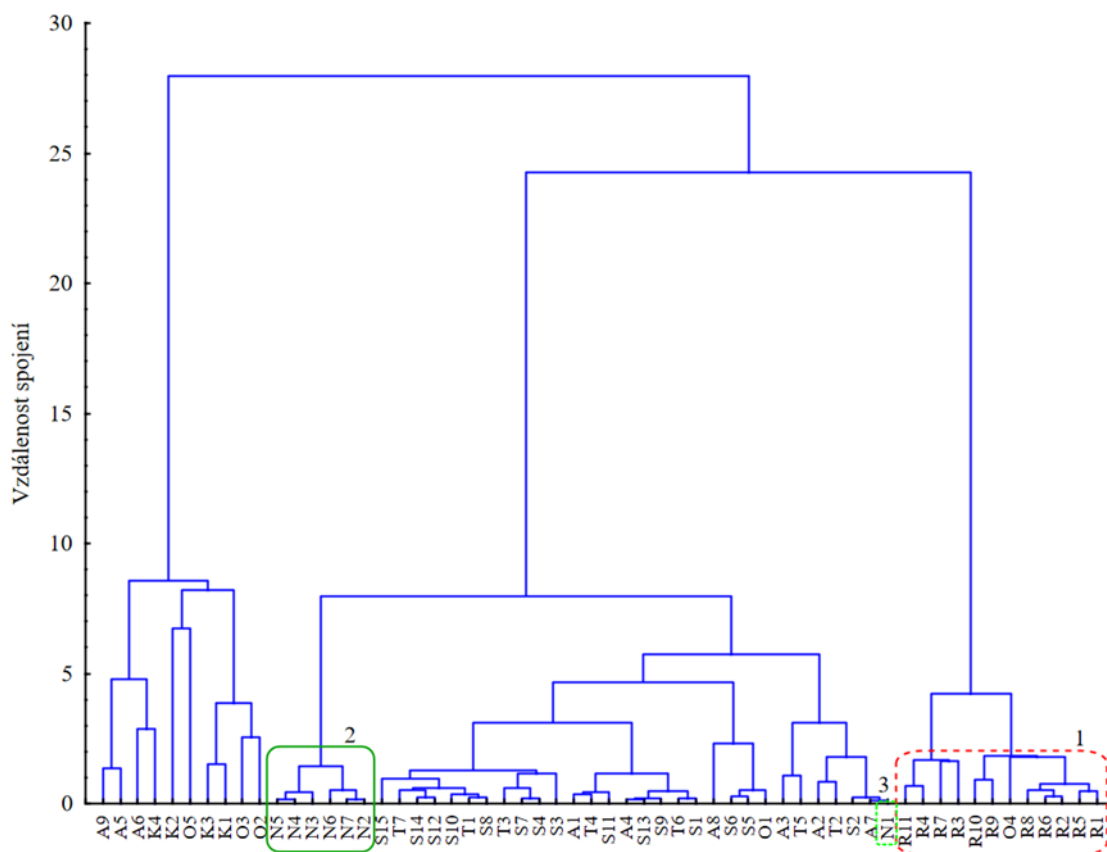
V programu Statistica 13.3. byla provedena shluková analýza pro různé druhy piv obsahující jablečnou, jantarovou, citronovou, octovou a mléčnou kyselinu. Úkolem této analýzy bylo zjistit, jestli při této analýze dojde k rozdělení druhů piv do klastrů podle obsahu organických kyselin.

Před samotnou analýzou byly hodnoty koncentrací organických kyselin standardizovány. Pro shlukovou analýzu byla využita Wardova metoda, kde pro měření vzdáleností byla použita euklidovská metrika.

Z obr. 1 lze vyčíst, že tato analýza rozdělila piva typu radler a typu nealko do jednotlivých klastrů zvýrazněných červeně a zeleně (čísla 1–3). Do klastru obsahující piva typu radler (číslo 1) bylo zařazeno i jedno ovocné pivo

s označením O4, které mělo podobný obsah organických kyselin jako piva typu radler. Naopak do klastru nealkoholických piv (číslo 2) nebylo zařazeno nealkoholické pivo s označením N1 (číslo 3), které mělo výrazně odlišný obsah organických kyselin než ostatní nealkoholická piva. Z klastrové analýzy je také patrné, že světlá, tmavá, ovocná piva, piva typu Ale a kyselá piva nebyla rozdělena do samostatných klastrů. V daném klastru se nacházelo vždy více různých druhů piv. Z toho lze usuzovat, že v obsahu organických kyselin v těchto druzích piva není dostatečně významná odlišnost (obr. 1).

Byla vypracována korelační analýza mezi jablečnou, jantarovou, citronovou, octovou, mléčnou kyselinou a obsahem alkoholu pro všechny druhy piv. V tabulce II jsou zaznamenány výsledné korelační koeficienty, kde tučně jsou zvýrazněny korelační koeficienty, pro které byla p-hodnota testu nižší než 0,05 a lze tak zamítnout nulovou hypotézu testu a to, že mezi jednotlivými obsahy analytů neexistuje lineární závislost. Z tabulky lze pozorovat, že mezi obsahem jablečné, jantarové a citronové kyseliny existuje středně silná pozitivní závislost. Slabá pozitivní korelace existuje i mezi kyselinou jantarovou a octovou a mléčnou kyselinou. Naopak mezi citronovou



Obr. 1. Klastrová analýza obsahu organických kyselin v různých druzích piv (barevná verze obrázku je dostupná na webových stránkách časopisu Chemické listy)

Tabulka II
Korelační analýza mezi organickými kyselinami

	Jablečná kyselina	Jantarová kyselina	Citronová kyselina	Octová kyselina	Mléčná kyselina	Obsah alkoholu
Jablečná kyselina	1,0000	0,4172	0,5427	0,1606	–0,1534	0,2770
Jantarová kyselina	0,4172	1,0000	–0,1013	0,2650	0,3395	0,5969
Citronová kyselina	0,5427	–0,1013	1,0000	0,1457	–0,2699	–0,0609
Octová kyselina	0,1606	0,2650	0,1457	1,0000	0,1007	0,3987
Mléčná kyselina	–0,1534	0,3395	–0,2699	0,1007	1,0000	0,2097
Obsah alkoholu	0,2770	0,5969	–0,0609	0,3987	0,2097	1,0000

a mléčnou kyselinou existuje slabá negativní závislost. S obsahem alkoholu slabě až středně silně pozitivně koreluje obsah jablečné, jantarové a octové kyseliny. Korelační analýza by také mohla být použita na kontrolu správnosti technologie vaření piva, kdy by v případě nevyhovující technologie nebo chyby při výrobě piva došlo ke statisticky významným rozdílům v obsahu organických kyselin, které jsou na sobě závislé podle vypracované korelační analýzy.

Závěr

Profil organických kyselin je velmi důležitým faktorem pro stanovení kvality piva. Z výsledků vyplývá, že nejvíce zastoupenou byla mléčná kyselina v kyselých a ovocných pivech a citronová kyselina v radlerch a ovocných pivech. Organické kyseliny jsou zásadní pro stabilitu pH a chuť piva a jsou v pivu přítomny v poměrně velkém množství. Stanovení profilu organických kyselin v souvislosti s korelační analýzou by proto mohlo být užitečným nástrojem pro kontrolu technologie výroby piva, případně autenticity přídatku ovocného podílu do radlerů a ovocných piv. Kapilární elektroforéza je užitečným nástrojem pro separaci a kvantifikaci organických kyselin v pivu.

Autoři děkují Ministerstvu zemědělství ČR, MZE-RO1923 za finanční podporu.

LITERATURA

- Erny G. L., Rodrigues J. E. A., Gil M. A., Barros A. S., Esteve V. I.: *Chromatographia* 70, 1737 (2009).
- Olšovská J., Čejka P., Štěrbá K., Slabý M., Frantík F.: *Senzorická analýza piva*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha 2017.
- Ciosek A., Rusiecka I., Poreda A.: *J. I. Brewing* 126, 53 (2020).
- Preedy V.: *Beer in Health and Disease Prevention*. Elsevier/Academic Press, Amsterdam 2009.
- EBlinger M. H.: *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. 1. vyd. Wiley-VCH, Weinheim 2009.
- Franz O., Gastl M., Back W.: *Handbook of Brewing* 44, 257 (2009). Wiley 2009.
- Zhao X., Yin Y., Fang W., Yang Z.: *Int. J. Gastron. Food Sci.* 32, 100716 (2023).
- Baigts-Allende D. K., Pérez-Alva A., Ramírez-Rodrigues M. A., Palacios A., Ramírez-Rodrigues M. M.: *J. Food Compos. Anal.* 100, 103921 (2021).
- Fanari M., Fortesch M., Sanna M., Piu P. P., Porcu C. M., D'hallewin G., Secchi N., Zinellu M., Pretti L.: *J. Food Process. Pres.* 44, 1737 (2019).
- Koren D., Hegyesné Vecseri B., Kun-Farkas G., Urbin A., Nyitrai A., Sipos, L.: *J. Food Sci. Technol.* 57, 1183 (2020).
- Brányik T., Silva D. P., Baszczyński M., Lehnert R., Almeida e Silva J. B.: *J. Food Eng.* 108, 493 (2012).
- Burberg F., Zarnkow M.: *Special Production Methods*. Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2009.
- Narziss L., Miedaner H., Kern E., Leibhard M.: *Brauwelt Int.* 4, 396 (1992).
- Selecký R., Šmogrovičová D., Šulák M.: *Kvasny Prum.* 51, 235 (2005).
- Yang X., Yin L., Qi L., Guoxian G.: *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 64, 222 (2018).
- Wales D. S., Cartledge T. G., Loyd D.: *J. Gen. Microbiol.* 116, 93 (1980).
- Püschner C., Zenz H., Schwarz H.: *Änderung des Carbonsäureprofils während des Brauprozesses*. Mit-

- teilungen Österreichisches Getränke Institut, Berlin 1995.
18. Gehlhoff R., Piendl A.: Proc. Annual Meeting-ASBC 33, 43 (2018).
 19. Bendová O., Pardonová B.: Kvasny Prum. 21, 75 (1975).
 20. Tyrell T., Reimann S., Folz R., Harms D., Hinrichs J., Offer G.: Brew. Sci. 66, 75 (2013).
 21. Montanari L., Perretti G., Natella F., Guidi A., Fantozzi P.: LWT Food Sci. Technol. 32, 535 (1999).
 22. Yoshida S., Yokoyama A.: J. Biosci. Bioeng. 113, 556 (2012).
 23. Buszewski B., Dziubakiewicz E., Szumski M.: *Electromigration Techniques*. Elsevier Science, Berlin 2013.
 24. Havlová P., Šusta J.: Kvasny Prum. 43, 37 (1997).
 25. Wilson I.: *Encyclopedia of Separation Science*. Volume 2. Academic Press, San Diego 2000.
 26. Dysvik A., La Rosa L. S., De Rouck G., Rukke O. E., Westereng B., Wicklund T., Ercolini D.: Appl. Environ. Microbiol. 86 (2020). doi:10.1128/AEM.00566-20.
 27. Basařová G.: *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Vydavatelství VŠCHT, Praha 2010.
 28. Navrátil M., Dömény Z., Šturdík E., Šmogrovičová D., Gemeiner P.: Biotechnol. Appl. Biochem. 35, 133 (2015).
 29. Garrett O.: *The Oxford Companion to Beer*. Oxford University Press, New York 2012.
 30. Whiting G. C.: J. Inst. Brew. 82, 84 (1976).
 31. Coote N., Kirsop H. B.: J. Inst. Brew. 80, 474 (1974).
 32. Hough J. S., Briggs E. D., Stevens R., Young W. T.: *Malting and Brewing Science*. Springer US, Boston 1982.

S. Černá^a, K. Benešová^a, and J. Martiník^{a,b}
(^a *Research Institute of Brewing and Malting, Brno*,
^b *Institute of Biotechnology, University of Chemistry and Technology, Prague, Czech Republic*): **Determination of Organic Acids in Special Beers and Beer-based Beverages Using Capillary Isotachophoresis**

Organic acids in beer affect beer quality, including organoleptic properties and colloidal stability. A large proportion of the total organic acids in beer comes from the wort, while the rest is produced or transformed by yeast metabolism. Concentrations of five organic acids were determined in selected types of beer. Malic, succinic, citric, acetic and lactic acids were quantified. The concentration of acids varies according to the type of beer. The determination was made by the capillary isotachophoresis.

Keywords: organic acids, beer, capillary isotachophoresis

Acknowledgements

The authors would like to thank the Ministry of Agriculture of the Czech Republic, project MZE-RO1923, for financial support.