

MAŁGORZATA PRZYBYT, JOANNA BIERNASIAK

ZASTOSOWANIE BIOSENSORÓW DO OZNACZANIA MLECZANÓW W OWOCOWYCH SOKACH KOMERCYJNYCH I KONCENTRATACH

Streszczenie

Celem projektu badawczego QUALI-JUICE finansowanego przez UE w ramach 6 Ramowego Programu Badań i Rozwoju Technologii (COLL-CT-2005-012461) jest rozwój systemu wczesnego ostrzegania o skażeniu mikrobiologicznym w europejskim przemyśle soków owocowych. Na potrzeby projektu wybrano cztery komercyjnie dostępne biosensory, tj. Senzytec 1 (Tectronic srl, Włochy), Biosen_C Line sport (EKF–diagnostic GmbH, Niemcy), LactatProfi 3000 (ABT GmbH, Niemcy) i Olga (Sensolytics, Niemcy). Celem badań własnych było oznaczanie stężenia L–mleczanów w komercyjnych sokach jabłkowych i koncentratkach za pomocą dwóch biosensorów, tj.: Biosen_C Line sport (EKF, Niemcy) i LactatProfi 3000 (ABT, Niemcy). Badaniom poddano dwanaście komercyjnych soków jabłkowych i dwanaście koncentratów dostarczonych przez firmę VINKON (Konin, Polska). Stężenia mleczanów mierzono przy użyciu biosensorów oraz za pomocą testów enzymatycznych Megazyme (Irlandia).

Stwierdzono, że testowane biosensory mogą być wykorzystywane do pomiaru stężenia L–mleczanów w sokach jabłkowych i koncentratkach, przy czym należy wprowadzić określone poprawki w instrukcji obsługi dołączonej przez ich producentów. Biosen_C Line sport charakteryzuje się wysoką odtwarzalnością i powtarzalnością wykonywanych pomiarów, ale jest typowym urządzeniem laboratoryjnym. Przy użyciu biosensora LactatProfi 3000 uzyskuje się mniejszą dokładność wykonywanych pomiarów, ale jest to urządzenie podręczne, które może być wykorzystywane na każdym etapie produkcji soków.

Słowa kluczowe: biosensory, bakterie fermentacji mlekowej

Wprowadzenie

Zgodnie z danymi opublikowanymi przez FAO [3] rocznie w Europie produkuje się ponad 50 mln t owoców. Największymi producentami owoców są Niemcy, Włochy i Francja, a ich roczna produkcja wynosi odpowiednio 9,8; 8,0; i 5,8 mln t. Ponadto istotne znaczenie w produkcji owoców mają również: Hiszpania (4,9 mln t), Polska (2,1 mln t), Rumunia (1,2 mln t) i Austria (1,0 mln t).

Dr inż. M. Przybyt, Instytut Podstaw Chemii Żywności, dr inż. J. Biernasiak, Instytut Chemicznej Technologii Żywności, Wydz. Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 4/9, 90 – 924 Łódź

W przybliżeniu 70 % tej rocznej produkcji przetwarzane jest m.in. na soki i koncentraty owocowe. Największymi producentami soków owocowych i warzywnych są Niemcy (42,5 %), Hiszpania (16,3 %), Włochy (14 %) i Francja (8,9 %). Produkcja soków owocowych jest bardzo ważną gałęzią gospodarki Unii Europejskiej obejmującą ponad 20000 przedsiębiorstw, przy czym 90 % z nich to małe i średnie firmy. Hiszpania i Włochy są największymi producentami soku pomarańczowego, a Niemcy i Polska soku jabłkowego. Ponadto Polska zaraz za Chinami (208 tys. t) jest drugim na świecie eksporterem soku jabłkowego (160 tys. t) [10].

Bakterie fermentacji mlekowej (LAB) stanowią grupę drobnoustrojów szeroko wykorzystywanych w przemyśle rolno-spożywczym do celów biotechnologicznych [7]. Z danych literaturowych wynika jednak, że mogą być również katalizatorami psucia żywności. Dla europejskich producentów soków owocowych czołowym problemem jest skażenie ich produktów przez bakterie kwasu mlekowego, powodujące niepożądane procesy fermentacyjne i przyczyniające się do olbrzymich strat finansowych dotkliwych dla firm [4]. Obecność LAB może być wykrywana bezpośrednio, tj. metodami mikrobiologicznymi i biologii molekularnej lub pośrednio, tj. przez pomiar stężenia kwasu mlekowego metodami chromatograficznymi i enzymatycznymi [2, 8]. Wymienione metody wymagają jednak wykwalifikowanego personelu, są drogie oraz czasochłonne i pracochłonne. Alternatywną metodą może być zastosowanie biosensorów do stworzenia systemu ostrzegania o skażeniach bakteriami kwasu mlekowego [6].

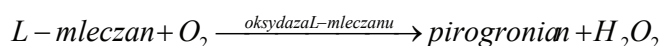
Celem projektu badawczego QUALI-JUICE finansowanego przez UE w ramach 6 Ramowego Programu Badań i Rozwoju Technologii (COLL-CT-2005-012461) jest rozwój systemu wczesnego ostrzegania o zakażeniu mikrobiologicznym dla europejskiego przemysłu soków owocowych. Na potrzeby projektu wybrano cztery komercyjnie dostępne biosensory, tj. Senzytec 1 (Tectronic srl, Włochy), Biosen_C Line sport (EKF-diagnostic GmbH, Niemcy), LactatProfi 3000 (ABT GmbH, Niemcy) i Olga (Sensolytics, Niemcy). W ramach projektu sprawdzono zdolność biosensorów do pomiaru stężenia mleczanów w sokach jabłkowych zarówno podczas ich produkcji, jak i w produktach końcowych.

Celem badań własnych było określenie stężenia L-mleczanów w komercyjnych sokach jabłkowych i koncentraty za pomocą dwóch biosensorów, tj.: Biosen_C Line sport (EKF, Niemcy) i LactatProfi 3000 (ABT, Niemcy). Wymienione biosensory są przeznaczone do badania stężenia L-mleczanów w ludzkiej krwi, a ich analityczne możliwości są dostosowane do tego rodzaju matrycy. Adaptowanie badanych biosensorów na potrzeby przemysłu soków owocowych wymagało zatem dokładnego ich przetestowania.

Material i metody badań

Badaniom poddano dwanaście komercyjnych soków jabłkowych i dwanaście koncentratów dostarczonych przez firmę VINKON (Konin, Polska). Koncentraty do pomiarów były rozcieńczone do 11,18°Brix, a następnie odwirowywane przy szybkości obrotowej 14 000 obr./min przez 15 min. Stężenia mleczanów mierzono przy użyciu dwóch biosensorów: BIOSEN_C Line sport (EKF, Niemcy) i LactatProfi 3000 (ABT, Niemcy) oraz w celu porównania za pomocą testów enzymatycznych Megazyme (Irlandia).

Testowane biosensory zawierają unieruchomioną (immobilizowaną) na powierzchni sensora oksydazę L-mleczanową. Zgodnie z reakcją L-mleczan w obecności tlenu zostaje przekształcony do pirogronianu i H_2O_2 . Wytworzony nadtlenek wodoru ulega redukcji na elektrodzie generując prąd, którego natężenie jest wprost proporcjonalne do stężenia L-mleczanu.



Próbki do oznaczeń enzymatycznych odbarwiano poliwinylpolipirolidonem (PVPP, Sigma). PVPP jest silnym adsorbentem często wykorzystywanym w przemyśle winiarskim i soków owocowych do usuwania polifenoli czy ciemnego zabarwienia z określonego produktu [1]. Do 1 ml próbki dodawano 100 mg PVPP, dokładnie mieszano i po upływie 5 min odwirowywano przy szybkości obrotowej 14 000 obr./min przez 15 min. Badanie stężenia mleczanów w tak przygotowanych próbach wykonywano zgodnie z instrukcją dołączoną do testów enzymatycznych. Absorbancję mierzono za pomocą spektrofotometru UV Nicolet Evolution 300 firmy, Thermo Electron Corporation (USA), przy długości fali 340 nm, stosując jednorazowe kuwety PMMA Plastibrand® (Sigma).

Oznaczanie stężenia mleczanów za pomocą biosensorów również wykonywano zgodnie z instrukcją dołączoną przez producenta wraz z niezbędnymi standardami i buforami. Wszystkie badania wykonywano w trzech powtórzeniach.

Wyniki i dyskusja

Stężenie mleczanów we wszystkich badanych komercyjnych sokach jabłkowych nie przekraczało wartości dopuszczalnej przez Kodeks Praktyki AIJN (Stowarzyszenie Przemysłu Soków i Nektarów z Owoców i Warzyw Unii Europejskiej), tj. 0,5 g/l (tab. 1).

Wśród dwunastu badanych koncentratów tylko w trzech stężenie L-mleczanów było od 0,1 do 0,6 g/l wyższe w porównaniu z wymaganiami Kodeksu Praktyki AIJN (tab. 2).

Tabela 1

Stężenie L-mleczanów w komercyjnych sokach jabłkowych zmierzone za pomocą testów enzymatycznych i biosensorów.

L-lactate concentration in commercial apple juices as measured by enzyme kits and biosensors.

Stężenie L–mleczanów [g/l] / L–lactate concentration [g/l]		
Test enzymatyczny Enzyme kits	Biosen C_line sport	LactatProfi 3000
0,059 ± 0,026 ^a	0,111 ± 0,020 ^a	0,29 ± 0,01 ^a
0,035 ± 0,008	- ^b	- ^b
0,047 ± 0,009	0,035 ± 0,001	0,06 ± 0,01
0,092 ± 0,010	0,072 ± 0,002	0,10 ± 0,01
0,062 ± 0,001	0,057 ± 0,005	0,08 ± 0,01
0,128 ± 0,004	0,127 ± 0,001	0,17 ± 0,01
0,061 ± 0,021	0,092 ± 0,003	0,13 ± 0,01
0,018 ± 0,011 ^a	0,049 ± 0,003 ^a	0,14 ± 0,01 ^a
0,174 ± 0,036	0,254 ± 0,005	0,39 ± 0,01
0,092 ± 0,010 ^a	0,024 ± 0,002 ^a	0,06 ± 0,01 ^a
0,062 ± 0,001	0,016 ± 0,001	- ^b
0,128 ± 0,004 ^a	0,059 ± 0,001 ^a	0,20 ± 0,01 ^a

Objaśnienia: / Explanatory notes:

^a sok z dodatkiem witaminy C / juice with addition of vitamin C

^b stężenie niewykrywalne / undetectable concentration

Stwierdzono jednak, że stężenie L–mleczanów w większości badanych koncentratów, oznaczane za pomocą biosensorów, było mniejsze (Biosen_C Line sport) lub większe (LactatProfi 3000) w porównaniu z uzyskanymi w testach enzymatycznych (tab. 2). W przypadku komercyjnych soków jabłkowych istotne różnice odnotowano tylko w produktach z dodatkiem witaminy C (tab. 1). Z danych literaturowych wynika, że witamina C jest substancją utlenianą na elektrodzie o takim samym potencjale, co nadtlenek wodoru [5]. W badaniach własnych wykazano, że dodatek witaminy C (w postaci askorbinianu sodu) do soku jabłkowego wpłynął na znaczący wzrost stężenia L-mleczanów oznaczonych za pomocą testowanych biosensorów. Przy czym wskazania LactatProfi 3000 były istotnie wyższe w porównaniu z Biosen_C Line sport (rys. 3). Wynika to z faktu, że w pierwszym przypadku próbka do analizy nie była rozcieńczana, natomiast w drugim 20 µl próbki było rozcieńczane w 1 ml buforu.

Tabela 2

Stężenie L-mleczanów w koncentracie jabłkowym (11,18°Brix) zmierzone za pomocą testów enzymatycznych i biosensorów.

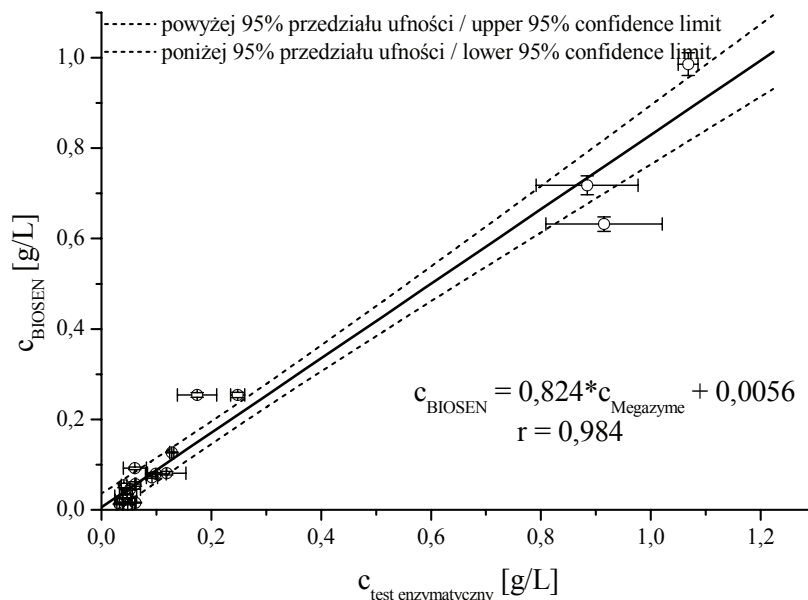
L-lactate concentration in apple juice concentrate (11.18°Brix) as measured by enzyme kits and biosensors.

Symbol koncentratu Sign of concentrate	Stężenie L-mleczanów [g/l] / L-lactate concentration [g/l]		
	Test enzymatyczny Enzyme kits	Biosen C_line sport	LactatProfi 3000
46/VII	0,052 ± 0,019	0,046 ± 0,002	0,08 ± 0,01
47/VII	0,099 ± 0,019	0,080 ± 0,002	0,11 ± 0,01
48/VII	0,119 ± 0,035	0,081 ± 0,004	0,14 ± 0,02
64/VII	0,248 ± 0,013	0,254 ± 0,006	0,39 ± 0,03
65/VII	0,884 ± 0,093	0,718 ± 0,021	0,83 ± 0,01
66/VII	0,915 ± 0,106	0,632 ± 0,016	0,73 ± 0,01
71/VII	0,044 ± 0,020	0,030 ± 0,003	0,17 ± 0,01
T 154	0,039 ± 0,015	0,021 ± 0,004	0,14 ± 0,02
T 156	0,041 ± 0,005	0,054 ± 0,005	0,10 ± 0,02
T 262	0,033 ± 0,005	0,013 ± 0,001	0,17 ± 0,01
T 348	0,048 ± 0,008	0,012 ± 0,001	0,13 ± 0,01
A1/FB/07	1,068 ± 0,018	0,986 ± 0,025	0,96 ± 0,04

Korelacja wyników otrzymanych dwoma metodami była odpowiednia (rys. 1 i 2).

Testowane biosensory scharakteryzowano także pod względem powtarzalności wykonywanych pomiarów, biorąc pod uwagę 15 kolejnych wyników. Do badań wykorzystano koncentrat 64/VII, w którym stężenie L-mleczanów oznaczone za pomocą Biosen_C Line sport i testów enzymatycznych było praktycznie takie samo. Dodatkowo wybrano dwa inne, tj. z niską (46/VII) i wysoką (65/VII) zawartością mleczanów (tab. 2).

Stężenia L-mleczanów oznaczone za pomocą Biosen_C Line sport wynosiły odpowiednio: $0,257 \pm 0,015$ g/l (RSD = 5,8 %); $0,054 \pm 0,005$ g/l (RSD = 9,3 %) i $0,716 \pm 0,016$ g/l (RSD = 2,2 %). Kalibrację aparatu wykonywano przed każdą serią 15 pomiarów. Stwierdzono, że przy każdym kolejnym pomiarze uzyskane wartości były nieznacznie wyższe, tj. początkowe stężenie L-mleczanów w koncentracie 64/VII równe $0,257 \pm 0,015$ g/l przy piętnastym pomiarze wzrosło do $0,271 \pm 0,015$ g/l.

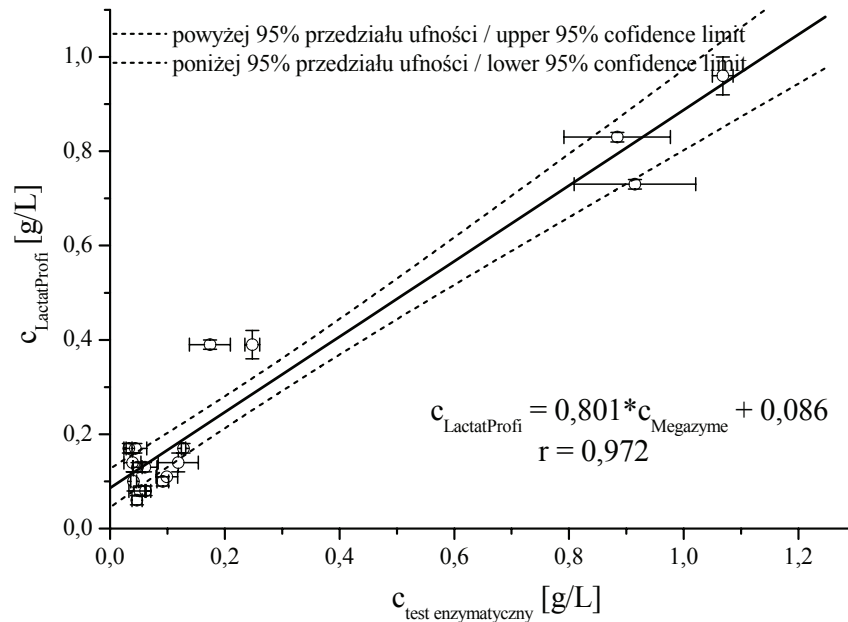


Rys. 1. Zależność pomiędzy stężeniem L-mleczanów oznaczonych w próbkach koncentratu jabłkowego za pomocą testów enzymatycznych Megazyme i biosensora Biosen_C Line sport.

Fig. 1. Correlation between the concentration rates of L-lactates in apple concentrate samples determined by Megazyme enzyme kits and BIOSEN_C line sport biosensor.

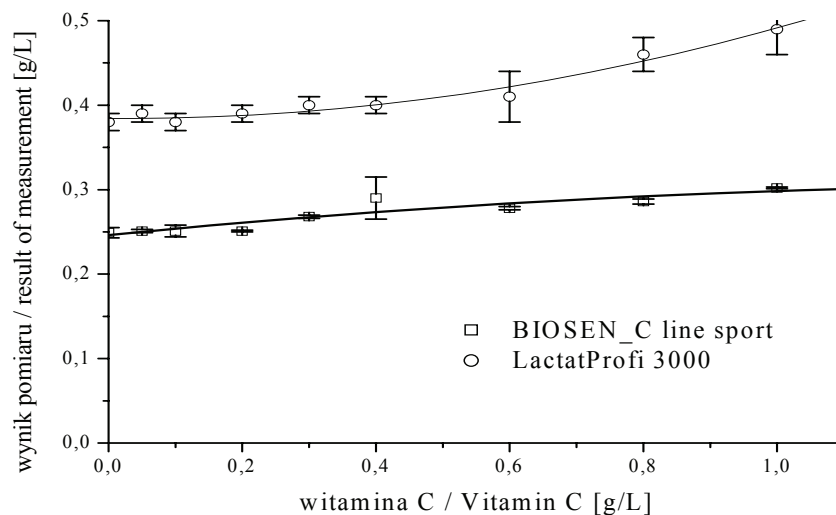
Stężenia L-mleczanów oznaczone za pomocą LactatProfi 3000 wynosiły odpowiednio: $0,33 \pm 0,01$ g/l (RSD = 3,0 %); $0,07 \pm 0,01$ g/l (RSD = 14,3 %) i $0,80 \pm 0,02$ g/l (RSD = 2,5 %). Zgodnie z zaleceniami producenta kalibrację aparatu należy wykonywać zaraz po zmianie sensora, tj.: po 1., 2. i 3. h pracy, a potem, co 8 h. Postępowanie zgodne z instrukcją spowodowało znaczne zmniejszenie stężenia L-mleczanów w kolejnych pomiarach, tj. początkowe stężenie L-mleczanów w koncentracie 64/VII równe $0,30$ g/l przy piętnastym pomiarze zmniejszyło się o połowę, natomiast w próbce 65/VII odpowiednio od $0,79$ do $0,09$ g/l. Stwierdzono zatem, że kalibrację aparatu należy wykonywać przed każdym pomiarem.

Zgodnie z informacją podaną przez producenta czas życia biosensora LactatProfi 3000 określany jest jako 15 dni lub 400 pomiarów. Stabilność sensora była testowana przez 15 dni w 10 kolejnych seriach pomiarowych. Wykazano, że uzyskane wartości były nieznacznie niższe, tj. na starcie stężenie L-mleczanów w koncentracie 64/VII wynosiło $0,36 \pm 0,01$ g/l, natomiast pod koniec doświadczenia zmniejszyło się jedynie do $0,32 \pm 0,02$ g/l. W porównaniu z LactatProfi 3000 czas życia biosensora Biosen_C



Rys. 2. Zależność pomiędzy stężeniem L-mleczanów oznaczonych w próbkach koncentratu jabłkowego za pomocą testów enzymatycznych i biosensora LactatProfi 3000.

Fig. 2. Correlation between the concentration rates of L-lactates in apple concentrate samples determined by enzyme kits and LactatProfi 3000 biosensor.



Rys. 3. Wpływ dodatku witaminy C (w postaci askorbinianu sodu) do soku jabłkowego na wskazania biosensorów.

Fig. 3. Impact of vitamin C (applied in the form of sodium L-ascorbate) added to apple juice on the biosensor responses.

Line sport wynosi 50 dni lub 6000 pomiarów. Test na stabilność sensora wykazał, że jedynie w ciągu pierwszych 10 dni wskazania sensora mogą nieistotnie wzrastać.

W ramach badań sprawdzono odtwarzalność pomiarów wykonywanych przez biosensory, tj. do próbki 64/VII o znanym stężeniu L-mleczanów dodano kwas mlekowy o różnym stężeniu i następnie za pomocą biosensorów określano jego końcowe stężenie. Stwierdzono, że wskazania Biosen_C Line sport bardzo dokładnie odwzorowywały stężenie dodanego kwasu mlekowego. W przypadku LactatProfi 3000 wskazania obarczone były dużym błędem w kierunku zawyżania rzeczywistego stężenia L-mleczanów (tab. 3).

Tabela 3

Test odtwarzalności w przypadku próby 64/VII.
Repeatability test for the sample No. 64/VII.

Dodany kwas mlekowy Lactic acid added [g/l]	LactatProfi 3000			Biosen_C Line sport		
	Wynik pomiaru Measurement result [g/l]	Kwas mlekowy oznaczany Lactic acid determined [g/l]	Błąd Error [%]	Wynik pomiaru Measurement Result [g/l]	Kwas mlekowy oznaczany Lactic acid determined [g/l]	Błąd Error [%]
0	0,30 ± 0,01	-	-	0,254 ± 0,008	-	-
0,1	0,43 ± 0,01	0,13	30	0,369 ± 0,012	0,115	15
0,2	0,58 ± 0,02	0,28	40	0,472 ± 0,020	0,218	9
0,4	0,80 ± 0,01	0,50	25	0,689 ± 0,034	0,435	8,8
0,6	1,07 ± 0,05	0,77	28,3	0,905 ± 0,035	0,651	8,5
0,8	1,24 ± 0,02	0,94	17,5	1,075 ± 0,025	0,821	2,6
1	1,46 ± 0,01	1,16	16	1,293 ± 0,032	1,039	3,9

Zgodnie z deklaracjami producentów granica wykrywalności L-mleczanów w przypadku biosensora Biosen_C line sport wynosi od 0,5 do 2,20 g/l, a LactatProfi 3000 od 0,5 do 3,60 g/l. Jeżeli zatem stężenie mleczanów w określonych próbach przekracza górną granicę, wówczas należy odpowiednio rozcieńczyć próbki. W przeciwnym razie można zastosować metodę wzorca wewnętrznego. W badaniach własnych zastosowano dwa standardy, tj. czysty kwas mlekowy lub w postaci soli litu, o stężeniu 0,5 g/l. Standardy przygotowywano w wodzie i 0,1 M buforze fosforanowym o pH = 7, a następnie dodawano do soku jabłkowego w stosunku 1:1. Stężenie L-mleczanów wskazane przez Biosen_C Line sport było zgodne z odnotowanym w testach enzymatycznych niezależnie od rodzaju zastosowanego standardu. W przypadku LactatProfi

3000 porównywalne wartości uzyskano tylko ze standardami przygotowanymi w buforze, w drugim przypadku wskazania były prawie dziesięciokrotnie wyższe.

Wnioski

1. Biosensory Biosen_C Line sport i LactatProfi 3000 mogą być wykorzystywane do pomiaru stężenia L-mleczanów w sokach jabłkowych i koncentraty, przy czym należy wprowadzić określone poprawki w instrukcji obsługi dołączonej przez ich producenta,
2. Biosen_C Line sport charakteryzuje się wysoką odtwarzalnością i powtarzalnością wykonywanych pomiarów, ale jest typowym urządzeniem laboratoryjnym,
3. LactatProfi 3000 daje mniejszą dokładność wykonywanych pomiarów, tj. często zawyża rzeczywiste stężenie L-mleczanów, ale jest to urządzenie podręczne, które może być wykorzystywane na każdym etapie produkcji soków owocowych.

Badania wykonano w ramach projektu QUALI – JUICE finansowanego przez UE w ramach 6 Ramowego Programu dla Badań i Rozwoju Technologii (FPG) COLL-CT-2005-012461 oraz SPUB-246. Praca była prezentowana podczas XIII Ogólnopolskiej Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Łódź, 28 - 29 maja 2008 r.

Literatura

- [1] Borneman Z., Gökmen V., Nijhuis H.H.: Selective removal of polyphenols and brown colour in apple juices using PES/PVP membranes in a single ultrafiltration process. *Sep. Purif. Tech.*, 2001, **22-23**, 53-61.
- [2] Czajkowska D.: Nowoczesne metody diagnostyczne w mikrobiologii żywności. *Mat. Konf. Nauk. „Bezpieczeństwo mikrobiologiczne w produkcji żywności” PTTŻ, Warszawa 1997*, 83-93.
- [3] FAO World markets for organic fruit and vegetables: opportunities for developing countries in the production and export of organic horticultural products, Rome, Italy, 2001.
- [4] Huis in't Veld J.H.J.: Microbiological and biochemical spoilage of foods: an overview. *Int. J. Food Microbiol.*, 1996, **33/1**, 1-18.
- [5] Ledru S., Boujtita M.: Electrocatalytic oxidation of ascorbate by heme-Fe^{III}/heme-Fe^{II} redox couple of the HRP and its effect on the electrochemical behaviour of an-lactate biosensor. *Bioelectrochemistry*, 2004, **64**, 71-78.
- [6] Nikolaus N., Strehlitz B.: Amperometric lactate biosensors and their application in (sports) medicine, for life quality and wellbeing. *Microchimica Acta*, 2008, **160 (1-2)**, 15-55.
- [7] Oberman H.: Klasyfikacja bakterii mlekowych. W: *Bakterie fermentacji mlekowej. Klasyfikacja, metabolizm, genetyka, wykorzystanie – pod red. Z. Libudzisz, P. Walczaka i J. Bardowskiego*. Wyd. PŁ, Łódź 1998, 98-121.
- [8] Trifiro A., Saccani G., Gherardi S., Vicini E., Spotti E., Previdi M.P., Ndagijimana M., Cavallis S., Reschiotto C.: Use of ion chromatography for monitoring microbial spoilage in the fruit juice industry. *J Chromat.*, 1997, **770**, 243-252.
- [9] Wang K., Xu J.J., Chen H.Y.: Biocomposite of cobalt phthalocyanine as an eliminator of ascorbic acid interference. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2006, **114 (2)**, 1052-1058.

- [10] World apple juice situation: global apple juice production continues to set new record, trade to remain strong in market year 2004/2005. Horticultural and Tropical Products Division, 2005, 1-6.

APPLICATION OF BIOSENSORS TO L-LACTATE ASSAY IN COMMERCIAL JUICES AND CONCENTRATES

Summary

The objective of the QUALI-JUICE Collective Research Project financed by the European Union under the 6th Framework Programme for Research and Technological Development (FP6) (COLL-CT-2005-012461) is to develop an early warning system alerting to microbiological contamination for use in the European fruit juice industry. For the purpose of this Project, four commercially available biosensors were selected, i.e. Senzytec 1 (Tectronic srl., Italy), Biosen_C Line sport (EKF-Diagnostic GmbH, Germany), LactatProfi 3000 (ABT GmbH, Germany), and Olga (Sensolytics GmbH, Germany). The objective of the research conducted by the authors of this paper was to determine the concentration rate of L – lactates in the commercial apple juices and in concentrates using two biosensors: Biosen_C Line sport (EKF, Germany) and LactatProfi 3000 (ABT, Germany). Twelve commercial apple juices and twelve concentrations supplied by the VINKON company (Konin, Poland) were analysed. The concentration rates of L-lactates were measured using both the biosensors and Megazyme enzyme kits (Ireland).

It was found that the biosensors tested could be applied to measure the concentration rates of L-lactates in apple juices and concentrates provided that specific corrections be incorporated into the instruction manuals attached by their manufacturers. The Biosen_C Line sport biosensor is characterized by a high reproducibility and repeatability of measurements taken; however, it is a typical laboratory device. With the LactatProfi 3000 biosensor applied, the accuracy of measurements taken is lower, but this instrument is very practical and can be used at any stage of the fruit juice production.

Key words: biosensors, lactic acid fermentation bacteria 