Badania nad produkcją cydrów z możliwością zastosowania metody ciągłej

dr Sylwia Bonin, prof. dr hab. Wiesław Wzorek, mgr inż. Marek Pawluczuk, *Zakład Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności SGGW, Warszawa*

Słowa kluczowe: cydr, drożdże immobilizowane, fermentacja ciągła, szkło piankowe
Key words: cider, immobilized yeast, continuous fermentation, foam glass

Research of cider production with the possibility of use of the continuouse method

Cider is an alcoholic beverage, contained 1,2–8,5% v/v alcohol, obtained by fermentation of apples or juices of apples. Possibility of cider production by continuous method with yeast immobilized on foam glass as well as by batch method with free cells was investigated. It was found, that the continuous production of cider is possible for 64 days, without lack of product quality. The time of cider fermentation, in continuous process, was 1,5 day and in this period product contained about 5% v/v was obtained. In the batch process, cider with similar alcohol content was produced after 12 days of fermentation.

Cydr to napój o zawartości alkoholu 1,2–8,5% obj., otrzymany w wyniku fermentacji jabłek lub soków jabłkowych. Zbadano możliwość produkcji cydru metodą ciągłą z drożdżami unieruchomionymi na szkle piankowym i metodą okresową z komórkami wolnymi. Stwierdzono, że możliwa jest ciągła produkcja cydru, bez obniżenia jakości produktu, przez okres 64 dni. Czas fermentacji cydru w procesie ciągłym wynosił 1,5 dnia i w tym okresie otrzymywano produkt o zwartości ok. 5% obj. alkoholu. W procesie okresowym cydry o podobnej ilości etanolu otrzymano po 12 dniach fermentacji.

Polska należy do czołówki producentów jabłek w Unii Europejskiej. Uprawy jabłoni w naszym kraju w 2007 r. prowadzone były na powierzchni 175 595 ha, co stanowiło 62% powierzchni upraw drzew ogółem, a jabłka stanowiły ok. 83% łącznych zbiorów owoców [8]. Polska jest także liderem produkcji zagęszczonego soku jabłkowego w UE i drugim – po Chinach – producentem w świecie. Produkcja zagęszczonego soku jabłkowego w ostatnich latach wynosiła ponad 200 000 t, jednak w minionym roku, ze względu na stosunkowo niskie zbiory jabłek, produkcja koncentratu była o połowę mniejsza niż w roku 2006 [20]. Krajowy przemysł winiarski wykorzystuje jabłka i koncentrat jabłkowy do produkcji win owocowych, jak również napojów winopochodnych, które niestety nie należą do lekkich, gaszących pragnienie trunków. Na zainteresowanie tego typu napojami wskazuje coraz częstsze sięganie przez konsumentów po piwa smakowe. W tej sytuacji, korzystnym rozwiązaniem dla przemysłu winiarskiego mogłaby być produkcja cydrów.

Cydry (łac. *sicere*) to wyroby winiarskie uzyskane w wyniku całkowitej lub częściowej fermentacji świeżych jabłek lub ich soków, a także soków odtwarzanych z koncentratu soku jabłkowego lub z mieszaniny takich soków. Dozwolony jest dodatek wody i cukru oraz soków lub koncentratów soków jabłkowych przed lub po zakończeniu procesu fermentacji, a także zastosowanie substancji dodatkowych. Zabronione jest natomiast dodawanie alkoholu. Produkuje się zarówno ***cydr gazowany***, zawierający dodany dwutlenek węgla oraz ***cydr musujący***, zawierający CO_2 pochodzący z procesu wtórnej fermentacji. Rzeczywiste stężenie alkoholu w produkcie gotowym wynosi od 1,2 do 8,5% obj. [15].

Cydry są bardzo popularne we Francji, Belgii, Niemczech, Hiszpanii, Wielkiej Brytanii, Szwecji, Austrii i Finlandii. Są nawet konkurencją dla win stołowych oraz napojów bezalkoholowych. Cydry w poszczególnych krajach różnią się m. in. składem moszczu, np. we Francji, Belgii, Wielkiej Brytanii, Finlandii i Szwecji stosowany jest dodatek świeżych gruszek lub ich soków. W Szwecji dozwolona jest również aromatyzacja cydrów. Różni je także skład chemiczny (np. zawartość alkoholu, poziom ekstraktu bezcukrowego, kwasowość ogólna i lotna), który ma decydujący wpływ na jakość gotowego produktu [14, 15].

Produkcja cydrów

Do produkcji cydrów stosowane są jabłka cydrowe, o stosunkowo wysokiej zawartości garbników, o smaku słodko-cierpkim i cierpko-kwaśnym. Przyjmuje się, że sok do produkcji cydru powinien zawierać ok. 15% cukrów, 0,2% tanin i 0,3-0,5% kwasów. W przypadku korekty kupażowej cydrów stosowane są jabłka zróżnicowane smakowo [18]. W krajach b. Związku Radzieckiego do produkcji cydru preferowane są jabłka jesienne i wczesnozimowe, takie jak:: 'Antonówka', 'Słowianka' oraz 'Reneta', charakteryzujące się wysoką zawartością cukrów. W Szwajcarii do produkcji cydrów używa się rodzimych odmian jabłek, np. 'Weinapfel', 'Bohnapfel', 'Blaubaucher', 'Sauergrauch', 'Tobiassler' [17].

Pierwszymi etapami w produkcji cydru są: mycie, rozdrabnianie i tłoczenie jabłek (w celu uzyskania soku do fermentacji). W celu ułatwienia tłoczenia miazgę często poddaje się maceracji. W okresie pokampanijnym w produkcji używane są koncentraty soków jabłkowych. Czystość fermentacji jest jednym z warunków otrzymania produktu o odpowiedniej jakości, dlatego stosuje się sulfitację moszczu [7]. Wysokość dawki SO_2 zwykle zależy od pH soku. Jeżeli sok ma pH 3,0–3,3, to ilość dodawanego SO_2 wynosi 70-80 mg/dm^3, gdy pH kształtuje się w zakresie 3,3–3,5, moszcz siarkuje się w ilości ok. 100 mg/dm^3, a w przypadku soków o małej kwasowości (pH 3,5–3,8) dodatek SO_2 może wynieść nawet 150 mg [18, 19].

W przypadku produkcji cydru z jabłek wykorzystuje się naturalną mikroflorę bytującą na owocach lub drożdże „szlachetne" specjalnych ras, głównie z gatunku *Saccharomyces cerevisiae*. Dodatek tych ostatnich jest konieczny w produkcji cydrów z koncentratów. Temperatura procesu fermentacji cydru nie powinna przekroczyć 22 °C, a w przypadku jej przekroczenia zaleca się stosowanie chłodzenia. Proces fermentacji trwa od 3 do 6 tygodni, po czym przeprowadza się stabilizację młodego cydru przez dekantację i odwirowanie drożdży. Młode cydry po fermentacji wykazują typowy posmak drożdżowy. Dlatego należy je leżakować od 1 do 3 miesięcy w temperaturze poniżej 10°C. W czasie leżakowania w cydrach zachodzi proces biologicznego odkwaszania, polegający na przekształceniu części kwasu jabłkowego w kwas mlekowy z udziałem bakterii fermentacji mlekowej. Kwasowość, oprócz zawartości cukrów, ma decydujący wpływ na charakter cydru. Najlepszą metodą korekty kwasowości cydrów jest kupażowanie cydrów z odmian jabłek bardziej kwaśnych z cydrami z odmian mniej kwaśnych [7, 17, 19].

W obecnej sytuacji korzystnym rozwiązaniem dla przemysłu winiarskiego mogłaby być produkcja cydrów. Cydry (łac. sicere) to wyroby winiarskie uzyskane w wyniku całkowitej lub częściowej fermentacji świeżych jabłek lub ich soków, a także soków odtwarzanych z koncentratu soku jabłkowego lub z mieszaniny takich soków.

Cydr jest produkowany głównie opisaną wyżej tradycyjną metodą okresową, jednak podejmowane są próby jego produkcji metodą potokową (ciągłą).

Fermentacja potokowa

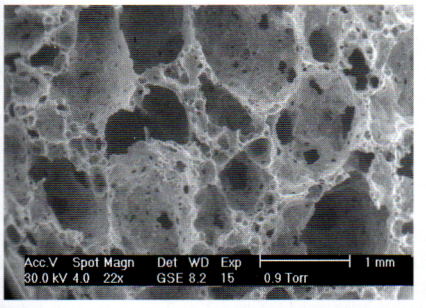
Proces fermentacji potokowej polega na fermentacji moszczu w czasie przepływu przez fermentor lub kilka połączonych ze sobą tanków. Moszcz ze zbiornika tłoczony jest w sposób ciągły do pierwszego tanku i po przepłynięciu przez kolejne tanki, już jako młode wino odbierany jest w kolejnym zbiorniku. Czas procesu fermentacji jest znacznie krótszy w porównaniu z procesem okresowym, ponieważ

moszcz podawany jest do zbiornika, w którym występuje duża koncentracja komórek drożdży, co praktycznie eliminuje okres zafermentowania. Ponadto młode wino powinno zawierać jeszcze kilka procent nieprzefermentowanych cukrów, a dofermentowanie wina przebiega zwykle poza linią fermentacyjną. Eliminacja stadium zafermentowania i dofermentowania powoduje wzrost wydajność linii produkcyjnej o 30–40% w stosunku do podobnej pojemności naczyń fermentacji periodycznej [17]. Proces ciągły w porównaniu z procesem okresowym jest bardziej wydajny, pozwala na skrócenie cyklu fermentacyjnego, automatyzację procesu, umożliwia większą kontrolę nad stanem fizjologicznym komórek oraz pozwala prowadzić proces przez dłuższy czas w ustalonych, najbardziej korzystnych warunkach [9].

W latach 70. XX wieku rozpoczęły się badania nad wykorzystaniem w procesach fermentacji ciągłej mikroorganizmów immobilizowanych (unieruchomionych). Immobilizowane drobnoustroje są związane z powierzchnią nośnika lub są zamknięte w jego wnętrzu. Proces fermentacji ciągłej może trwać stosunkowo długo (nawet ponad 3 miesiące), ponieważ unieruchomione na nośniku drożdże są stale zasilane świeżym surowcem, a jednocześnie odbierane są produkty przemiany, co powoduje, że żywotność komórek znacznie się wydłuża [2].

Produkcja cydru metodą okresową i ciągłą

W Zakładzie Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności SGGW przeprowadzono badania nad produkcją cydru metodą okresową z komórkami wolnymi i metodą ciągłą z wykorzystaniem drożdży unieruchomionych na szkle piankowym. Szkło piankowe (rys. 1) to materiał otrzymany z proszku szklanego z dodatkiem czynników spieniających, stanowiący strukturę wypełnioną gazem, której szkielet jest zbudowany ze szkła.



Rys. 1. Szkło piankowe

Metodyka

Fermentacji poddawano nastawy zawierające 70% soku jabłkowego, odtworzonego z koncentratu, które dosładzano sacharozą do zawartości cukrów ogółem ok. 90 g/dm^3. Nastawy wzbogacano w pożywki azotowe: $(NH_4)_2HPO_4$ w ilości 0,3 g/dm^3 i $(NH_4)_2SO_4$ w ilości 0,2 g/dm^3 oraz sulfitowano tak, aby całkowita zawartość SO_2 wynosiła ok. 80 mg/dm^3. Kwasowość ogólna nastawów wynosiła 3,2 g/dm^3, a kwasowość lotna – 0,14 g/dm^3.

W doświadczeniu użyto słabo fermentujące drożdże *Saccharomyces cerevisiae* rasy Sauternes, pochodzące z Kolekcji Czystych Kultur Zakładu Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności SGGW. „Matkę drożdżową" otrzymywano przez 3-krotne pasaże na podłożach przygotowywanych analogicznie jak nastaw do fermentacji, z tym, że nastaw przeznaczony na „matkę" poddany był pasteryzacji.

Fermentację ciągłą prowadzono w bioreaktorze zbudowanym z dwóch szklanych kolumn, wypełnianych szkłem piankowym w postaci kostek o długości boków ok. 1 cm, na którym unieruchamiano komórki drożdży. Kolumny napełniano jednocześnie matką drożdżową, po czym pozostawiano przez ok. 24 h celem osadzenia się drożdży na nośniku, a następnie włączano zasilanie zestawu. Pojemność robocza jednej kolumny fermentacyjnej po wypełnieniu nośnikiem wynosiła ok. 700 cm_3. Czas pracy fermentora wynosił 64 dni. W procesie okresowym stosowano 10-procentowy dodatek „matki drożdżowej". Za koniec fermentacji uznano brak ubytku masy nastawu (12. dzień procesu). Fermentację prowadzono w temp. 22 °C +/–1 °C. Wykonano 2 serie doświadczeń.

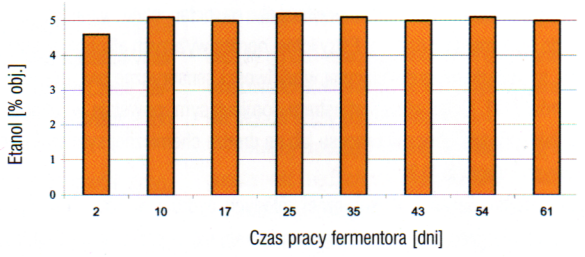
W młodych winach oznaczano zawartość alkoholu, cukrów ogółem, kwasowość lotną i kwasowość ogólną, stosując powszechnie przyjętą metodykę [3], zawartość azotu metodą Kjeldhala [5] oraz estry lotne metodą destylacyjną [1].

W czasie pracy fermentora oraz bezpośrednio po zakończeniu fermentacji okresowej przeprowadzono analizę sensoryczną młodych win, stosując skalę 5-punktową [3]. Po zakończeniu pracy fermentora określano liczbę i aktywność życiową komórek drożdży wymytych z nośnika podczas 2-godzinnego wytrząsania w roztworze soli fizjologicznej. Oznaczenia te wykonywano metodą liczenia bezpośredniego, z błękitem metylenowym [6].

Wyniki badań

Celem procesu ciągłego było przefermentowanie cukrów zawartych w nastawie i otrzymanie cydru o zawartości alkoholu ok. 5% obj. W procesach ciągłych istnieje możliwość wpływania na skład wina poprzez regulację prędkości przepływu nastawu przez fermentor. Większa prędkość przepływu oznacza krótszy czas kontaktu drożdży z zawartymi w nastawie cukrami, co w rezultacie prowadzi do mniejszej ilości wytworzonego alkoholu i większej zawartości cukrów w produkcie [16, 13]. W naszym doświadczeniu nastaw przepływał przez zestaw z prędkością ok. 1000 cm^3/dobę, zatem faktyczny czas fermentacji cydru wynosił ok. 1,5 doby.

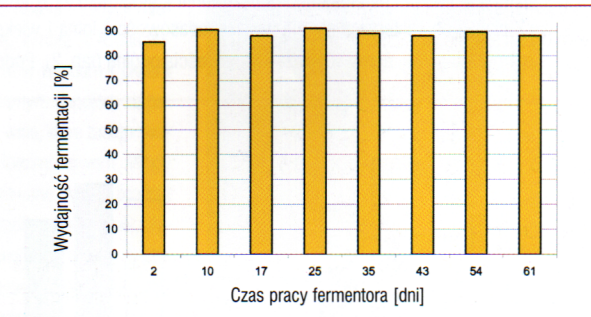
Drugiego dnia fermentacji stężenie alkoholu w produkcie wynosiło 4,6% obj., po czym stwierdzono stopniowy wzrost w 10. dniu do zawartości 5,1% obj. Przez pozostały czas prowadzenia procesu koncentracja alkoholu wahała się między 5 a 5,2% obj. (rys. 2). Ubytek cukrów ogółem odpowiadał ilości wytworzonego alkoholu. Od 10. dnia pracy fermentora do końca procesu otrzymywano produkt o zawartości cukrów nieprzekraczającej 0,5% (tab. 1), właściwej cydrom wytrawnym [17]. Na podstawie zawartości cukrów i alkoholu obliczono wydajność fermentacji. Najmniejszą jej wartość (85%) zanotowano 2. dnia prowadzenia procesu, a największą (91%) 25. dnia. Przez pozostały okres wydajność ta kształtowała się na poziomie 88–90% (rys. 3).



Rys. 2. Wpływ czasu pracy fermentora na zawartość etanolu w cydrze

Tabela 1. Wpływ czasu pracy fermentora na zawartość wybranych składników cydru

Czas pracy fermentora [dni]	Cukry ogółem [g/dm^3]	Kwasowość ogólna [g/dm^3]	Kwasowość lotna [g/dm^3]	Azot ogółem [mg/dm^3]	Estry lotne [mg/dm^3]	Ogólna ocena sensoryczna [pkt]
2	5,2	3,83	0,17	–	–	–
10	3,4	4,12	0,17	–	–	3,8
17	2,2	4,18	0,19	34,5	32,6	–
25	2,1	4,04	0,18	40,6	39,9	3,4
35	2,1	4,00	0,21	52,8	42,2	–
43	2,2	4,00	0,22	80,4	49,7	3,9
54	2,3	4,18	0,26	96,3	60,2	–
61	2,3	4,20	0,26	101,4	66,1	4,1



Rys. 3. Wpływ czasu pracy fermentora na wydajność procesu fermentacji

Dallman i wsp. [4] podają, że przez 15 dni ciągłej fermentacji soku jabłkowego, przy użyciu drożdży unieruchomionych w alginianie wapnia, wydajność procesu wynosiła 80,5–88,9%. Hansen i Bernd [9] stwierdzili, że jest możliwa ciągła produkcja cydru i wina jabłkowego o zawartości 10% obj. etanolu przy użyciu drożdży unieruchomionych na kuleczkach DEAE-celulozy, a proces był stabilny przez okres 3 miesięcy. Natomiast Nedovic i wsp. [13] otrzymywali cydr metodą ciągłą przy zastosowaniu immobilizowanych w kuleczkach alginianu zarówno drożdży *Saccharomyces bayanus*, jak i bakterii *Leuconostoc oenos*.

Kwasowość ogólna nastawów wynosiła 3,2 g/dm^3 w przeliczeniu na kwas jabłkowy. Drugiego dnia procesu kwasowość cydru wyniosła 3,8 g/dm^3, następnie wzrosła i do końca trwania procesu wartość kwasowości ogólnej mieściła się w przedziale 4,0–4,2 g/dm^3. W czasie pracy fermentora kwasowość lotna cydrów wzrastała stopniowo od 0,17 do 0,26 g/dm^3. Podobnie wzrastała ilość azotu ogólnego w cydrze w czasie pracy fermentora (tab. 1). Mała zawartość tego związku w początkowym okresie fermentacji ciągłej była prawdopodobnie spowodowana wykorzystywaniem azotu przez drożdże do przyrostu biomasy, ponieważ w czasie fermentacji zawartość azotu ulega gwałtownemu obniżeniu podczas fazy wzrostu drożdży [12]. W naszych wcześniejszych badaniach dotyczących ciągłej produkcji wina z drożdżami immobilizowanymi również zaobserwowaliśmy małą zawartość azotu w początkowym okresie pracy fermentora oraz stopniowy wzrost kwasowości lotnej [2].

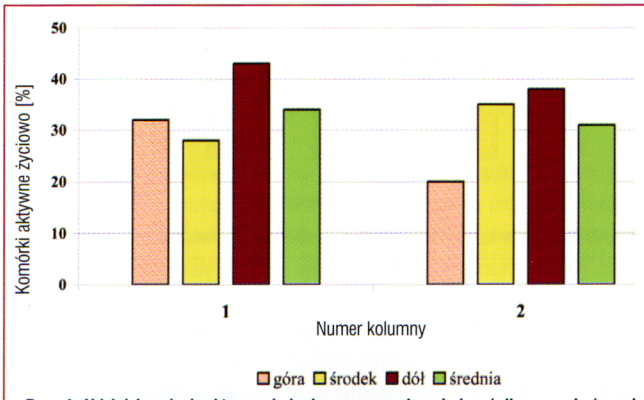
Zawartość estrów lotnych w przeliczeniu na octan etylu wzrastała z 32,6 mg/dm^3 do 66,1 mg/dm^3 (tab. 1). Estry lotne, oprócz wyższych alkoholi, acetali i aldehydów, są związkami kształtującymi właściwości sensoryczne piw, czerwonych win i cydrów [17]. Octan etylu jest estrem dominującym, powstaje w wyniku fermentacji jako produkt uboczny procesu lub na drodze chemicznej syntezy kwasów tłuszczowych i alkoholu [13].

Ocena ogólna jakości sensorycznej młodych cydrów, w skali 5-punktowej, w zależności od czasu pracy fermentora, zawierała się w przedziale 3,5–4,0 (tab. 1). Cechą młodych cydrów był ich drożdżowy posmak i zapach, jednak ocenie poddawano cydry bezpośrednio po zakończeniu fermentacji. Wady te zostałyby usunięte podczas leżakowania lub dodatkowej obróbki, co wyrywkowo sprawdzono doświadczalnie.

Po zakończeniu procesu ciągłego ogólna liczba komórek drożdży na powierzchni nośnika wynosiła, średnio dla trzech poziomów pierwszej kolumny, 3,8x108 kom./cm^2, a w kolumnie drugiej 3,4x108 kom./cm^2. Procentowy udział komórek aktywnych życiowo średnio dla trzech poziomów wyniósł 34% w kolumnie pierwszej i 31% w kolumnie drugiej (rys. 4).

Fermentacje okresowe prowadzono do momentu, w którym nie stwierdzono już ubytku masy nastawów, tj. przez 12 dni. Uzyskano cydry o zawartości alkoholu średnio 5,1% obj. W przypadku metody ciągłej cydry o zbliżonej koncentracji etanolu otrzymano po 1,5 doby fermentacji, a więc w 6-krotnie krótszym czasie.

Cydry otrzymane metodą stacjonarną w porównaniu z otrzymanymi w procesie fermentacji ciągłej charakteryzowały się wyższą kwasowością lotną i większą zawartością estrów lotnych, natomiast niższą kwasowością ogólną (tab. 2). Podobnie Nedovic i wsp. [13] zaobserwowali, że cydry produkowane metodą okresową zawierały więcej octanu etylu w porównaniu z cydrami otrzymanymi w procesie ciągłym. Natomiast Kourkoutas i wsp. [10, 11] podają, że wina gronowe uzyskane w wyniku fermentacji ciągłej z drożdżami immobilizowanymi na kawałkach jabłek charakteryzowały się większą zawartością octanu etylu w porównaniu z winami otrzymanymi w sposób tradycyjny, w przypadku jeżeli proces fermentacji przebiegał w temp. 30 °C; natomiast gdy temperatura fermentacji była obniżana z 20 °C do 5 °C, więcej octanu etylu zawierały wina otrzymane metodą fermentacji okresowej.



Rys. 4. Udział komórek aktywnych życiowo na powierzchni nośnika po zakończeniu fermentacji ciągłej

Tabela 2. Zawartość wybranych składników cydru otrzymanego metodą okresową z komórkami wolnymi

Etanol [% odj.]	Cukry ogółem [g/dm^3]	Wydajność [%]	Kwasowość lotna [g/dm^3]	Kwasowość ogółem [g/dm^3]	Azot ogólny [mg/dm^3]	Estry lotne [mg/dm^3]
5,1	1,8	90	0,42	3,3	46,7	102,7

Podsumowanie

Możliwe jest prowadzenie fermentacji cydru, bez obniżenia jakości produktu, metodą ciągłą z drożdżami immobilizowanymi na szkle piankowym przez co najmniej 64 dni (w zastosowanych warunkach). W procesie fermentacji ciągłej czas fermentacji cydru wynosił ok. 1,5 dnia, a w procesie fermentacji okresowej (z komórkami wolnymi) cydr o zbliżonej zawartości alkoholu otrzymywano po ok. 12 dniach procesu. Cydry otrzymane metodą okresową charakteryzowała wyższa kwasowość lotna, większa zawartość azotu ogólnego oraz estrów lotnych w porównaniu z napojami otrzymanymi metodą ciągłą.

Literatura

[1] Agabal'janc G. G., Begunova R. D., Džanpolandjan L. M., Drboglav E. S., Zacharina O. S., Majorom V. S.: 1969. *Chimitechnologičeskij kontrol vinodelija. Piščeveja Promyšlennost*. Moskva.
[2] Bonin S., Wzorek W.: 2004. *Porównanie ciągłych fermentacji winiarskich prowadzonych z użyciem dwóch szczepów drożdży immobilizowanych na szkle piankowym*. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2, 3, 83–93.
[3] Bonin S., Wzorek W.: 2006. *Wybrane zagadnienia z technologii winiarstwa.* Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
[4] Dallman K., Buzas Z., Szajani B.: 1987. *Continuous fermentation of aplle juice by immobilized yeast cells*. Biotech. Lett., 9, 577–580.
[5] Drzazga B.: 1997. *Analiza techniczna w przetwórstwie owoców i warzyw*. WSiP, Warszawa.
[6] Duszkiewicz-Reinhard W., Grzybowski R., Sobczak E.: 2003. *Teoria i ćwiczenia z mikrobiologii ogólnej i technicznej*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
[7] Frei M.: 1992. *Produkcja cydru w Szwajcarii*. Przem. Ferm. i Owoc.-Warz., 3, 26-27.
[8] Główny Urząd Statystyczny: 2008. Produkcja upraw rolnych i ogrodniczych w 2007 r.
[9] Hansen, Bernd: 1989. *Method using immobilized yeast to produce ethanol and alcoholic beverages*. European Patent Application 0361165 A1.
[10] Kourkoutas Y., Kanellaki M., Koutinas A. A.: 2006. *Apple pieces as immobilization support of various microorganisms*. LWT, 39, 980–986.
[11] Kourkoutas Y., Koutinas A. A., Kanellaki M., Banat I. M., Marchant R.: 2002. *Continuous wine fermentation using a psychrophilic yeast immobilized on apple cuts at different temperatures*. Food Microbiol., 19, 127–134.
[12] Manginot C., Sablayrolles J. M., Roustan J. L., Barre P.: 1997. *Use of constant rate alcoholic fermentations to compare the effectiveness of different nitrogen sources added during the stationary phase*. Enz. Microb. Technol., 20, 373–380.
[13] Nedovic V. A., Durieux A., Nedervelde L., Rosseels P., Vvadegans J.: 2000. *Continuous cider fermentation with co-immobilized yeast and Leuconostoc oenos cells*. Enz. Microb. Technol., 28, 834–839.
[14 Nowicki Z. T.: 1995. *Polski cydr*. Przem. Ferm. i Owoc.-Warz., 10, 19–20.
[15] Potocki K.: 2002. *Podstawowe zasady na rynku w Unii Europejskiej.* Przem. Ferm. i Owoc. -Warz., 9, 32–34.
[16] Wzorek W., Bugajewska A., Mateusiak S., Bonin S.: 2000. *Badania nad ciągłą fermentacją winiarską z wykorzystaniem drożdży immobilizowanych na szkle piankowym.* Przem. Ferm. i Owoc. -Warz., 5, 13–15.
[17] Wzorek W., Pogorzelski E.: 1998. *Technologia winiarstwa owocowego i gronowego.* SIGMA NOT, Warszawa.
[18] http: //www.chm bris.ac.uk/webprojects2003/lim/Appleweb2003/Cidermaking. htm
[19] http: //homepage.ntlworld. com/scrumpy/cider/cider. htm
[20] http://www.ppr.pl/artykul. *Kłopoty ze sprzedażą koncentratu jabłkowego.* 10.03.2008