

## **WYKORZYSTANIE ULTRADŹWIĘKÓW DO PRZYŚPIESZENIA WODNEJ EKSTRAKCJI CUKRU Z KRAJANKI BURAKA CUKROWEGO**

Dariusz M. Stasiak

Akademia Rolnicza w Lublinie

**Streszczenie.** Badania przeprowadzono w celu weryfikacji hipotezy o przyspieszeniu wodnej ekstrakcji cukru z krajanki buraka cukrowego w polu ultradźwiękowym. W badaniach wykorzystano urządzenie wannowe wyposażone w przetworniki ultradźwiękowe 25 kHz o mocy akustycznej ok. 200 W. Określono pozorną zawartość suchej substancji (SS) oraz zawartość cukru (CK) w soku poekstrakcyjnym. Stwierdzono wyższe SS, CK oraz czystość soku po ekstrakcji ultradźwiękowej. Wydłużenie czasu trwania sonifikacji krajanki skracало czas jej efektywnego wysładzania w porównaniu z próbą kontrolną. Ekstrakcja krajanki wspomagana ultradźwiękami przez 5 min umożliwiła osiągnięcie takiego samego efektu (tj. SS i CK) jak ekstrakcja prowadzona przez 20 min bez ich udziału. Wartość SS oraz CK w soku zależały od czasu trwania sonifikacji, czasu trwania wysładzania i temperatury procesu. Przyczyn wzrostu szybkości ekstrakcji upatruje się w zakłócaniu grubości błonki dyfuzyjnej i stymulowaniu mikroprzepływów cieczy w krajance oraz bezpośrednim jej sąsiedztwie.

**Słowa kluczowe:** ultradźwięki, ekstrakcja, burak cukrowy

### **WSTĘP**

Przemysłowa metoda ekstrakcji cukru z buraka cukrowego polega na oddziaływaniu ciepła na rozdrobnione tkanki korzenia i wylugowywaniu cukrów i innych krystaloidów za pomocą wody. Cukier (sacharoza) występujący w postaci wodnego roztworu w komórkach buraka uwalniany jest na zewnątrz w wyniku mechanicznego zniszczenia komórek podczas przygotowywania krajanki oraz w wyniku cieplnej denaturacji błon komórkowych w temperaturze powyżej 70°C. Denaturacja białkowej (protoplazmatycznej) wyściółki wewnętrznej komórek likwiduje jej półprzepuszczalny charakter. Umożliwia to dwukierunkową dyfuzję cząsteczkową i przenikanie cukru wraz z innymi niskocząsteczkowymi substancjami z tkanek do rozpuszczalnika. W efekcie uzyskuje się

---

Adres do korespondencji – Corresponding Author: Dariusz M. Stasiak, Akademia Rolnicza w Lublinie, Zakład Przetwórstwa Surowców Pochodzenia Zwierzęcego, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin, e-mail: [dariusz.stasiak@ar.lublin.pl](mailto:dariusz.stasiak@ar.lublin.pl)

sok, którego jakość w dużej mierze zależy od cech surowca, rozwinięcia powierzchni krajanki oraz parametrów dyfuzji, tj. czasu jej trwania, temperatury, pH i stopnia zakażenia drobnoustrojami podczas ekstrakcji. Efektywność dyfuzji cukru zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury i różnicy stężeń pomiędzy rozpuszczalnikiem a ekstrahowaną masą. Jednak nie prowadzi się ekstrakcji krajanki w temperaturach powyżej 80°C ze względu na znaczny wzrost zanieczyszczenia ekstraktu związkami wielkocząsteczkowymi (efekt peptyzacji pektyn), zaś powiększanie różnicy stężeń jest ograniczane wartością nakładów energetycznych wymaganych na późniejsze zagęszczenie soku.

Procesy wymiany masy zachodzące np. w cieczach ulegają istotnemu przyspieszeniu w polu ultradźwiękowym. Intensyfikujące działanie ultradźwięków na procesy ekstrakcji wiąże się z przekroczeniem wartości progowych ciśnienia akustycznego, przy których występują przepływy wynikające z nieliniowej absorpcji w samym ośrodku i w warstwie przyściennej. W cieczach występuje wtedy zjawisko kawitacji istotnie wspomagające dyfuzję.

Zakres częstotliwości ultradźwięków stosowanych do wspomagania ekstrakcji zależy przede wszystkim od poziomu tłumienia dźwięku w ośrodku oraz stopnia rozdrobnienia materiału i jego temperatury. Doświadczenia wskazują, że do prowadzenia ekstrakcji najlepiej nadają się fale akustyczne o niskich częstotliwościach i średnich natężeniach [Śliwiński 1996, Mason i in. 1996].

Badania naukowe wykazują, że ultradźwięki mogą podnieść wydajność pozyskiwania soku z winogron [Knorr 2003], zintensyfikować ekstrakcję syropu z daktyli w niższej temperaturze umożliwiając uzyskanie soku o jaśniejszej barwie (20 kHz, 500 W) [Nazary i in. 2004]. Także pozwalają na przyspieszenie dyfuzji w barwieniu skór (33 kHz, 150 W) [Sivakumar i Rao 2003], uproszczenie procesu ekstrakcji oleju (20 kHz, 100 W) [Li i in. 2004, Riera i in. 2004], zwiększenie wydajności ekstrakcji polisacharydów z szałwii (20 kHz, 1 W·cm<sup>-2</sup>) [Hromadkova i in. 1999], tanin z wierzby (20 kHz, 50 W·cm<sup>-2</sup>) [Mantysalo i Mantysalo 2000], antyoksydantów z rozmarynu [Albu i in. 2004], izoflawonów z nasion soi (24 kHz, 200 W) [Rostagno i in. 2003], składników lotnych z win [Vila i in. 1999], tłuszczu z produktów piekarniczych (20 kHz) [Ruiz-Jiménez i Luque de Castro 2004], wybranych pierwiastków z warzyw (47 kHz) [Nascentes i in. 2001]. Istnieją także doniesienia na temat prób intensyfikacji ekstrakcji w cukrownictwie [Eshtiaghi i Knorr 2002], w tym także metodami ultradźwiękowymi [Knorr i in. 2003, Mason i in. 1996, Śliwiński 1996].

Celem pracy była weryfikacja hipotezy o intensyfikacji wodnej ekstrakcji cukru z krajanki buraka cukrowego w polu ultradźwiękowym i określenie parametrów procesu prowadzonego w urządzeniu laboratoryjnym.

## MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w okresie kampanii cukrowniczej (grudzień) w warunkach laboratorium zakładowego. Krajankę buraka cukrowego pobierano bezpośrednio z przenośnika pod krajalnicami.

W celu przygotowania prób pobierano losowo porcję ok. 5 kg krajanki i dokładnie mieszano. Z porcji tej wydzielano próby, każda o masie ok. 500 g i mieszano z 500 cm<sup>3</sup>

wody. Ekstrakcję prowadzono w wodzie o temperaturze 18°C przez 5, 10 lub 20 minut z udziałem ultradźwięków lub bez, a następnie wysładzano krajankę w temperaturze 77,6°C. W innym doświadczeniu krajankę ekstrahowano przez 70 min w wodzie z udziałem ultradźwięków lub bez w przedziale temperatur od 58–73°C. Proces prowadzono w wannowym urządzeniu ultradźwiękowym o pojemności 7 dm<sup>3</sup>. Pod dnem cienkościennej wanny wykonanej z blachy kwasoodpornej umocowane były 3 przetworniki 25 kHz typu sandwicz o łącznej mocy ok. 200 W. Komora robocza zamykana była pokrywą.

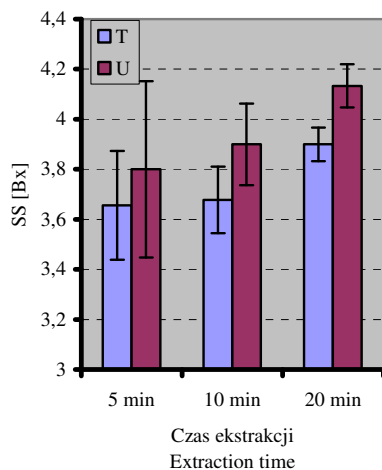
Po zakończeniu ekstrakcji określano zawartość cukru CK (°S) i pozorną zawartość suchej substancji SS (°Bx) w soku surowym oraz w krajance. Wartość SS (°Bx) w soku surowym po ekstrakcji krajanki mierzono w temperaturze 20°C przy pomocy elektronicznego refraktometru cyfrowego. Pomiar CK w soku surowym (°S) i w krajance prowadzono metodą polarymetryczną. W celu przygotowania próbek soku do pomiaru CK, z porcji ok. 250 cm<sup>3</sup> soku odważano 104±0,01 g soku i przenoszono do kolby miarowej 200 cm<sup>3</sup> splukując naczynie wagowe wodą destylowaną. Następnie dodawano 10 cm<sup>3</sup> płynu Harlesa I, mieszano zawartość kolby, poruszając ją ruchami kolistymi, dodawano 10 cm<sup>3</sup> płynu Harlesa II i ponownie mieszano. Zawartość kolby dopełniano wodą destylowaną do 200 cm<sup>3</sup> i ponownie mieszano przez kilkakrotne odwrócenie kolby dnem do góry. Mieszaninę rozdzielano na sączku. Odrzucano pierwsze 25 cm<sup>3</sup> przesączu i pobierano porcje próbki do rurki polarymetrycznej. Ze skali urządzenia Polamat odczytywano CK w soku (0,5×liczba °S skali urządzenia). W celu pomiaru CK w krajance po zakończeniu ekstrakcji wodnej od krajanki odlewano sok. Pozostałość rozdrabniano do wymiaru cząstek 3–4 mm za pomocą wilka laboratoryjnego. Tak przygotowaną masę dokładnie mieszano i pobierano losowo (z różnych miejsc) porcję ok. 200 g. Następnie odważano próbki 26±0,01 g na wytarowanej metalowej szufelce. Szufelkę wraz z próbką umieszczano w naczyniu dygestyjnym i zalewano 178,2 cm<sup>3</sup> wody octanowej. Po zamknięciu naczynia dygestyjnego energicznie mieszano zawartość i umieszczano w kąpeli wodnej o temp. 75–80°C. Po zakończeniu ekstrakcji naczynia studzono, a otrzymany roztwór rozdzielano na sączku. Po odrzuceniu pierwszych 25 cm<sup>3</sup> przesączu pobierano ciecz do rurki polarymetrycznej i poddawano pomiarowi przy użyciu urządzenia Polamat. Ze skali urządzenia odczytywano CK w ekstrakcie (2×liczba °S skali urządzenia). Na podstawie CK i SS obliczano tzw. czystość soku jako  $(CK) \cdot (SS)^{-1} \cdot 100\%$ .

Doświadczenia przeprowadzono w 9 powtórzeniach. Uzyskane wyniki badań podano obróbce statystycznej i przedstawiono w postaci wykresów z podaniem 95-procentowych przedziałów ufności. Istotność różnic średnich weryfikowano testem t-Studenta.

## WYNIKI I DYSKUSJA

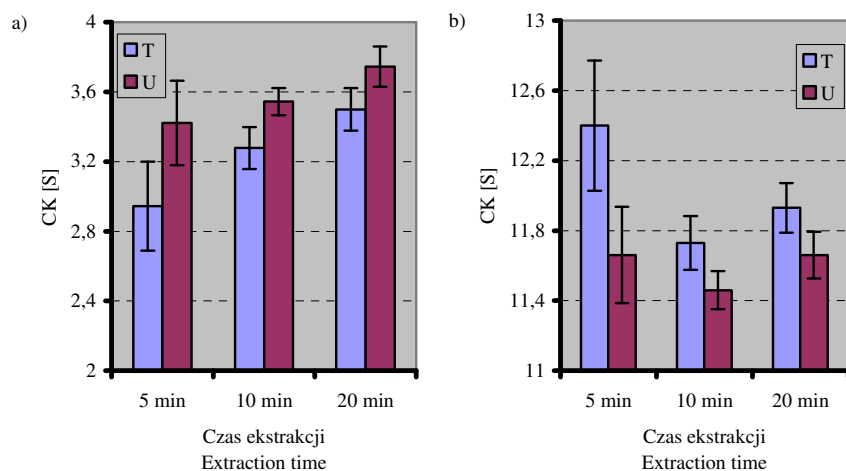
Ekstrakcja krajanki prowadzona w wodzie w polu ultradźwiękowym w temperaturze 18°C (rys. 1) spowodowała istotny statystycznie ( $p < 0,05$ ) wzrost SS w soku (próba U) w porównaniu z próbami nie poddawanymi sonifikacji (próba T). Różnica pomiędzy próbami wynosiła 4% po 5 min ekstrakcji, po 10 i 20 min – ok. 6%. Analiza statystycz-

na wykazała także malejącą dyspersję wyników SS wraz z wydłużaniem się czasu ekspozycji – świadczą o tym 95-procentowe przedziały ufności zaznaczone na rysunku 1.



Rys. 1. Pozorna zawartość suchej substancji SS (°Bx) w soku ekstrahowanym z krajanki w temperaturze 18°C

Fig. 1. Dry matter content SS (°Bx) in sugar beet juice extracted in 18°C



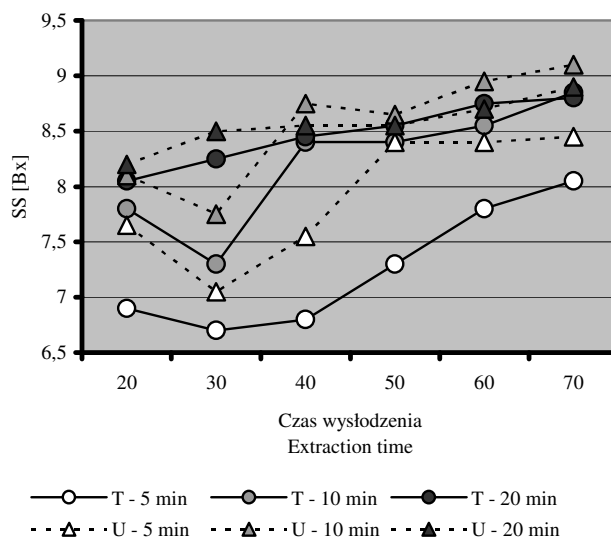
Rys. 2. Zawartość cukru CK (°S) w soku (a) i krajance (b) po ekstrakcji wodnej w temperaturze 18°C

Fig. 2. Sugar content CK (°S) in beet juice (a) and cossettes (b) extracted in 18°C

W wyniku ultradźwiękowej modyfikacji procesu wymiany masy obserwuje się także istotny, w porównaniu do próby kontrolnej (T) wzrost CK w soku uzyskanym z krajanki w temperaturze 18°C (rys. 2a). Wyższej CK w soku (rys. 2a) odpowiadają niższe CK w krajance po ekstrakcji w 18°C (rys. 2b).

Największa, istotna statystycznie ( $p < 0,05$ ) różnica CK pomiędzy próbami T i U wystąpiła po 5-minutowej ekspozycji – 16,2% (0,5°S). Różnice wywołane dłuższą ekspozycją są już mniejsze i wynoszą 8,1% po 10 min i 7% po 20 min. Wynikać to może z obniżenia oporu dyfuzyjnego w polu ultradźwiękowym i tym samym przyspieszenia procesów wymiany masy podczas ekstrakcji krajanki w wodzie.

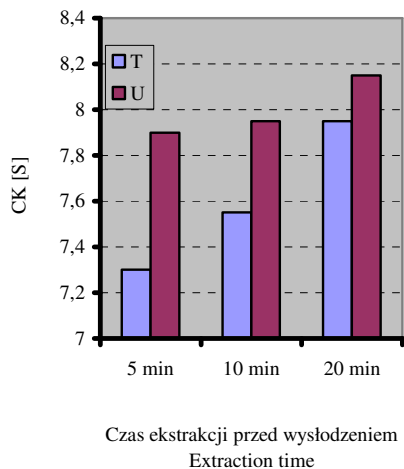
Dalsze wysładowanie krajanki po sonifikacji podnosi SS w soku (rys. 3). Największe różnice (1,1°Bx) pomiędzy próbami T i U obserwuje się po 50 min wysładowania poprzedzonego 5 min sonifikacją. Dłuższe oddziaływanie ultradźwiękami na krajankę przed wysładowaniem nie powoduje tak znacznych różnic – po 10 min ekspozycji zawierają się w przedziale 0,25–0,45°Bx, a po 20 min – nie przekraczają 0,25°Bx. Dłuższe (tj. 10 lub 20 min) prowadzenie sonifikacji krajanki przed wysładowaniem jest nieuzasadnione, gdyż nie powoduje istotnego wzrostu SS i CK.



Rys. 3. Pozorna zawartość suchej substancji SS (°Bx) w soku z krajanki (po wodnej ekstrakcji ultradźwiękowej w 18°C wysładowanej w temperaturze 77,6°C

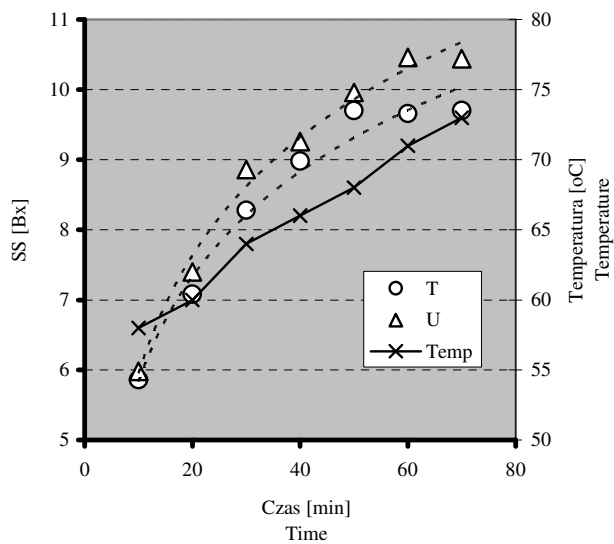
Fig. 3. Dry matter content SS (°Bx) in sugar beet juice extracted in 77.6°C after sonically assisted extraction in 18°C

Wyniki wysładowania krajanki w temperaturze 77,6°C (rys. 4) po ekstrakcji w 18°C (rys. 2ab) wykazują, że CK w próbce U jest o 0,8°S wyższa niż w próbce T po 5 min ekspozycji. Dłuższa sonifikacja nie powoduje już większego przyrostu CK w soku. Po 10 min CK wynosi 8°S, a po 20 min – 8,2°S.



Rys. 4. Zawartość cukru CK (°S) w soku z krajanki (po wodnej ekstrakcji ultradźwiękowej w 18°C) wysłodzonej w temperaturze 77,6°C

Fig. 4. Sugar content CK (°S) in sugar beet juice extracted in 77.6°C after sonically assisted extraction in 18°C



Rys. 5. Pozorna zawartość suchej substancji SS (°Bx) w soku z krajanki wysładzanej w polu ultradźwiękowym

Fig. 5. Dry matter content SS (°Bx) in sugar beet juice sonically extracted

Ogólna czystość soku otrzymanego podczas ekstrakcji w polu ultradźwiękowym (U) zawiera się w przedziale 90–91% i jest każdorazowo wyższa od czystości soku (T) otrzymanego metodą tradycyjną (czystość 81–90%). Największą, istotną statystycznie różnicę średnich czystości (13,2 punktu procentowego) stwierdzono po 5-minutowej dyfuzji. Wzrost czystości może być spowodowany koagulującym działaniem ultradźwięków na tzw. niecukry.

Doświadczenie polegające na wysładzaniu krajanki w polu ultradźwiękowym przy temperaturze wzrastającej od 58°C do 73°C w czasie 70 min wykazało, że sonifikacja intensyfikuje dyfuzję cukru (rys. 5). Proces wysładzania krajanki sonifikowanej (U) przebiegał szybciej o ponad 20 min w porównaniu do próby kontrolnej (T). Średnia CK w soku z krajanki wysładzanej w polu ultradźwiękowym (U) wynosiła po zakończonej sonifikacji 9,7°S i była wyższa o 0,8°S w porównaniu z próbą kontrolną (T). Maksimum SS w próbce niepoddawanej działaniu ultradźwięków (T, 9,7°Bx) uzyskiwano w temperaturze ok. 68°C po czasie ok. 50 min wysładzania. Taki poziom SS w próbce poddawanej sonifikacji osiągnęto w czasie krótszym, tj. poniżej 50 min. Zaś maksimum wartości w próbce U (10,5°Bx) osiągnięto w temperaturze ok. 71°C po ok. 60 min wysładzania. Czystość soku ekstrahowanego w polu ultradźwiękowym była nieznacznie wyższa (U – 93,2%) w porównaniu do czystości soku otrzymanego metodą tradycyjną (T – 92,1%).

Doświadczenia prowadzone w zakresie ultradźwiękowej intensyfikacji ekstrakcji wykazują, że w badaniach stosowane są urządzenia ultradźwiękowe różniące się istotnie konstrukcją (urządzenia wannowe i sondy ultradźwiękowe) oraz mocą akustyczną [Rostagno i in. 2003, Nazary i in. 2004, Mason i in. 1996]. Wszystkie stosowane urządzenia wyposażone były w przetworniki o niskich częstotliwościach. Stwierdzono przyspieszenie procesów wymiany masy w odniesieniu do różnych materiałów: owoców i warzyw [Knorr i in. 2004, Nascantes i in. 2001], ziół [Hromadkova i in. 1999, Albu i in. 2004], skór [Sivakumar i Rao 2003], tłuszczów [Chemat i in. 2004, Riera i in. 2004], mięsa [Dolatowski 1999] i in.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na istotne statystycznie przyspieszenie procesów ekstrakcji cukru z krajanki buraka cukrowego w polu ultradźwięków o niskiej częstotliwości i o średnim natężeniu. Zastosowane parametry procesu nie wywołały intensywnej kawitacji podczas ekstrakcji. Przyczyn intensyfikacji procesów wymiany masy (ekstrakcji) należy upatrywać w innych zjawiskach towarzyszących ultradźwiękom, czyli odgazowywaniu masy krajanki oraz mikroprzepływom w obrębie warstwy dyfuzyjnej powodującym zmniejszenie jej grubości i w konsekwencji proporcjonalne zwiększenia szybkości dyfuzji. Zwłaszcza, że badania odporności buraka na deformacje po sonifikacji nie wykazują istotnych zmian w stosunku do prób kontrolnych [Dolatowski i Stasiak 2002].

Znany jest fakt destrukcyjnego oddziaływania energii fal ultradźwiękowych na drobnoustroje [Mason i in. 1996]. Ekstrakcja w polu ultradźwiękowym może podnieść czystość mikrobiologiczną soku, wpływając korzystnie na przebieg dalszego przeobrażenia. W niższych temperaturach ekstrakcji krajanka zachowuje większą odporność na deformacje, lecz jednocześnie obniżeniu ulega szybkość dyfuzji [Nikiel 1996]. Dzięki ekstrakcji wspomaganiej ultradźwiękami możliwe jest obniżenie temperatury bez strat cukru oraz poprawa czystości soku, m.in. dzięki zjawisku koagulacji w polu akustycznym.

## PODSUMOWANIE

Ekstrakcja cukru z krajanki buraka cukrowego prowadzona w polu ultradźwiękowym o niskiej częstotliwości i o średnim natężeniu, w porównaniu do metody tradycyjnej, umożliwia szybsze osiągnięcie stanu równowagi fizykochemicznej, a tym samym skraca czas dyfuzji. Stwierdza się istotnie wyższe: pozorną zawartość suchej substancji SS, zawartość cukru CK oraz czystość soku poekstrakcyjnego uzyskanego przy udziale ultradźwięków. Ekstrakcja krajanki w temp. 18°C wspomagana ultradźwiękami przez 5 min umożliwia osiągnięcie takiego samego efektu (SS, CK w soku) jak ekstrakcja prowadzona przez 20 min bez ich udziału. Czas trwania wysładzania krajanki w temperaturze 58–73°C w polu ultradźwiękowym w porównaniu do poziomu osiągniętego przez próbkę kontrolną, uległ skróceniu o ponad 20 min. Przyczyną przyśpieszenia szybkości ekstrakcji jest przede wszystkim ograniczenie hamującego oddziaływania błonki dyfuzyjnej poprzez zakłócenie jej ciągłości i stymulowanie mikroprzepływów w bezpośrednim sąsiedztwie krajanki.

Efektywny czas ekstrakcji prowadzonej w laboratoryjnym wannowym urządzeniu ultradźwiękowym 25 kHz zawiera się w przedziale 5–10 min i umożliwia uzyskanie dostatecznego w warunkach przemysłowych wysłodzenia krajanki przy średnim (ok.  $2 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) natężeniu fal. Stwierdza się, że zjawiska występujące w polu ultradźwiękowym umożliwiają skrócenie efektywnego czasu trwania dyfuzji, prowadzenie jej w obniżonej temperaturze, osiągnięcie wyższej wydajności ekstrakcji i czystości soku co powinno ułatwić jego dalszy przerób.

## PIŚMIENNICTWO

- Albu S., Joyce E., Paniwnyk L., Lorimer J.P., Mason T.J., 2004. Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus officinalis* for the food and pharmaceutical industry. *Ultrasonics Sonochem.* 11, 261–265.
- Chemat F., Grondin I., Costes P., Moutoussamy L., Shum Cheong Sing L., Smadja J., 2004. High power ultrasound effects on lipid oxidation of refined sunflower oil. *Ultrasonics Sonochemistry* 11, 281–285.
- Dolatowski Z.J., 1999. Wpływ obróbki ultradźwiękami o niskiej częstotliwości na strukturę i cechy jakościowe mięsa. *Rozpr. Nauk. AR w Lublinie*, 221.
- Dolatowski Z.J., Stasiak D.M., 2002. Wpływ sonifikacji buraka cukrowego na jego wytrzymałość mechaniczną. *Inż. Rol.* 9(42), 69–74.
- Eshtiaghi M.N., Knorr D. (2002) High electric field pulse pretreatment: potential for sugar beet processing. *J. Food Eng.* 52, 265–272.
- Hromadkova Z., Ebringerova A., Valachovic P., 1999. Comparison of classical and ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from *Salvia officinalis* L. *Ultrasonics Sonochem.* 5, 163–168.
- Knorr D., Zenker M., Heinz V., Lee D.U., 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends Food Sci. Technol.* 15, 261–266.
- Li H., Pordesimo L., Weiss J., 2004. High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. *Food Res. Intern.* 37, 731–738.
- Mantysalo M., Mantysalo E., 2000. Extraction and filtering in ultrasonic field: finite element modeling and simulation of the processes. *Ultrasonics* 38, 723–726.



- Mason T.J., Paniwnyk L., Lorimer L.P., 1996. The uses of ultrasound in food technology, *Ultrasonics Sonochem.* 3, S253–S260.
- Nascentes C.C., Korn M., Arruda M.A.Z., 2001. A fast ultrasound-assisted extraction of Ca, Mg, Mn and Zn from vegetables. *Microchem. J.* 69, 37–43.
- Nazary S.H., Entezari M., Haddad M., Nazari A.H., 2004. The effect of direct ultrasound on the extraction of date syrup. *Joint Agric. Natur. Res. Symp., Tabriz – Ganja, May 14–16, 2004.*
- Nikiel S., 1996. *Cukrownictwo. WSiP Warszawa.*
- Riera E., Golas Y., Blanco A., Gallego J.A., Blasco M., Mulet A., 2004. Mass transfer enhancement in supercritical fluids extraction by means of power ultrasound. *Ultrasonics Sonochem.* 11, 241–244.
- Rostagno M.A., Palma M., Barroso C.G., 2003. Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones, *J. Chromatogr.* 1012, 119–128.
- Ruiz-Jiménez J., Luque de Castro M.D., 2004. Forward-and-back dynamic ultrasound-assisted extraction of fat from bakery products. *Anal. Chim. Acta* 502, 75–82.
- Sivakumar V., Rao P.G., 2003. Studies on the use of power ultrasound in leather dyeing. *Ultrasonics Sonochem.* 10, 85–94.
- Śliwiński A., 2001. *Ultradźwięki i ich zastosowania. WNT Warszawa.*
- Vila D.H., Mira F.J.H., Lucena R.B., Recamales M.F., 1999. Optimization of an extraction method of aroma compounds in white wine using ultrasound. *Talanta* 50, 413–421.

## THE ULTRASOUND-ASSISTED SUGAR EXTRACTION FROM SUGAR BEET COSSETTES

**Abstract.** The aim of this work was to study the ultrasound-assisted water extraction of sugar from sugar beet cossettes. The ultrasound bath device (25 kHz, 200 W) was used. The sonication accelerated sugar diffusion at both temperatures 18°C and 77.6°C and gave the higher level of dry matter content SS (4–6%) and sugar content CK (7–22%) in juice. The SS and CK depended on time of exposition, time and temperature of extraction. In particular, the effects of 5 min ultrasound-assisted extraction were equal to 20 min extraction in traditional conditions. The shorter time, lower temperature, higher efficiency and purity of juice could be the effects of sugar extraction with ultrasound. The change of thickness of diffusion membrane, microflows in tissue as well as its environment caused by ultrasound was the reason of acceleration of sugar extraction.

**Key words:** ultrasound, extraction, sugar beet

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 23.11.2005