

MACIEJ BILEK¹, KLAUDIA PILCH³, JAROSŁAW WAWER², STANISŁAW SOSNOWSKI³

Mikrofiltrowany koncentrat soku brzożowego jako innowacyjny, trwały środek spożywczy o wysokiej wartości odżywczej

Microfiltered birch sap concentrate as an innovative, non-perishable food product with high nutritional value

¹Zakład Agroekologii, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rzeszowski

²Katedra Chemii Fizycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska

³Zakład Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rzeszowski

KEYWORDS

birch sap, birch sap concentrate, microfiltration, reverse osmosis, food safety

SUMMARY

Introduction. The forest environment becomes an increasingly popular place of obtaining raw materials, and one of the most promising product is birch sap. The market for bottled birch sap in Poland is monotonous, relying exclusively on pasteurized, acidified and sweetened drinks. A chance to change this situation is to develop a birch sap concentrate obtained by reverse osmosis. It has a sweet taste desired by consumers and particularly high content of minerals, unfortunately it has short shelf life.

Aim. The purpose of this work was to develop an effective method of extending the shelf life of birch sap concentrate without the need for pasteurization and chemical interference in the composition. In this way, the new product will be formulated with the potential to compete effectively with synthetic dietary supplements.

Material and methods. Birch sap was obtained using drilling technique and continuous collection from the trunks of birch trees (*Betula pendula* Roth.). The sap was concentrated using reverse osmosis apparatus of our construction, obtaining a sugar concentration, expressed by Brix refractometric extract, equal 2.6° and a dry weight of 2.557%. Microfiltration of birch sap concentrate was carried out under sterile conditions using 0.22, 0.45 and 0.8 µm filters. In the monthly storage test, the measurements were carried out every three days, the optical density parameter was determined.

Results. The microfiltration of birch sap concentrate was effective only when 0.22 and 0.45 µm filters were used, no turbidity was observed in the monthly storage test. The samples filtered with a filters with pore diameter of 0.8 µm, became cloudy at analogues time of the test as the samples of non-microfiltered birch sap concentrate, but the turbidity was lowered.

Conclusions. The microfiltered birch sap concentrate is characterized by extended shelf life without the addition of chemical substances and without the use of pasteurization process, as well as improved taste compared to the initial raw material without the addition of sweeteners. Thanks to the combination of reverse osmosis and microfiltration, the natural character of the sap is largely preserved. The obtained product has a chance to appear on the food market as an innovative foodstuff. Moreover, due to the high concentration of ions (e.g. zinc and manganese) the concentrate could become an interesting alternative to artificial supplements.

WPROWADZENIE

Krytyczne ustosunkowanie się społeczeństwa krajów wysoko rozwiniętych do konwencjonalnej uprawy roślin z jednej strony spowodowało wzrost popularności produktów

rolnictwa ekologicznego, z drugiej zaś wzmogło zainteresowanie surowcami, określanymi jako niedrzewne produkty leśne (ang. *non timber forest products* – NTFP) (1). Z tego też powodu zintensyfikowana została współpraca firm

branży zielarskiej i spożywczej z gospodarką leśną, dzięki czemu na krajowym rynku pojawiły się przedsiębiorstwa specjalizujące się w pozyskiwaniu i przetwórstwie niedrzewnych surowców leśnych, szczególnie zaś – owoców leśnych i grzybów (2). Z tych pierwszych najczęściej produkowane są herbaty owocowe i owocowo-ziółowe oraz przetwory, takie jak dżemy, konfitury, soki i syrop. Grzyby zaś najczęściej sprzedawane są w formie suszonej (3). W asortymencie firm specjalizujących się w przetwórstwie niedrzewnych surowców leśnych znacznie rzadziej spotyka się typowe surowce zielarskie. Produkowane są z nich herbaty zielone rejestrowane najczęściej jako suplementy diety i w związku z pochodzeniem odznaczające się jakością produktów ekologicznych. Potencjał związany z innymi niedrzewnymi surowcami leśnymi pozostaje jak na razie niewykorzystany, czego dobrym świadectwem jest fakt, że zaledwie jedna polska firma branży spożywczej podjęła się poboru i przetwórstwa rodzimego soku brzożowego, wkraczając tym samym na rynek nasycony już sokiem brzożowym pochodzącym z importu, głównie z Ukrainy i Białorusi (4, 5).

Pomimo iż sok brzożowy w blisko 99% składa się z wody, jest bardzo wartościowym środkiem spożywczym. Badania polskiego surowca wskazały przede wszystkim na bardzo wysoką zawartość składników mineralnych (6), przy czym z żywieniowego punktu widzenia dominującą rolę odgrywają cynk, miedź i mangan (7, 8). Zawartość ostatniego z wymienionych składników mineralnych jest na tyle wysoka, że sok brzożowy można wskazać jako środek służący do leczenia niedoborów manganu (7). Ponadto w soku brzożowym stwierdzono obecność innych biologicznie aktywnych związków chemicznych, m.in. wrażliwych na temperaturę białek o działaniu przeciugrzybiczym (9) oraz związków fenolowych (10, 11). Korzystne dla ludzkiego organizmu właściwości soku brzożowego znane były już od dawna w medycynie ludowej, szczególnie zaś w tradycji słowiańskiej (12). Współczesne badania potwierdziły wielowymiarowy wpływ soku brzożowego na organizm człowieka (13, 14), zdiagnozowano przy tym i szereg ograniczeń. Najważniejsze z nich to bardzo duża zmienność w składzie, zależna od osobnika, z którego sok został pobrany (15), oraz od czasu poboru (16). Powoduje ona, że jeden litr soku brzożowego pobranego z jednego drzewa może realizować kilkaset procent dziennej normy żywieniowej na dany składnik mineralny, ale może też nie zawierać go wcale (15). Zatem wartość odżywcza soku brzożowego pobieranego indywidualnie z tylko jednego drzewa może być znikoma, jednak sok pozyskiwany masowo w ramach gospodarki leśnej i następnie wielkoskalowo przetwarzany przez przemysł spożywczy ma zdecydowanie wyższą wartość odżywczą, ponieważ cechuje się uśrednionym i korzystnym składem (15, 16). Doniosłość faktu wyższości soków brzożowych butelkowanych nad sokiem pozyskiwanym indywidualnie może zostać wykorzystana zarówno przez przemysł spożywczy w działalności marketingowej, jak i w edukacji leśnej społeczeństwa, bowiem pobór indywidualny prowadzony jest najczęściej w sposób nieodpowiedzialny i bez poszanowania zdrowia drzew (17).

Polski rynek butelkowanych soków brzożowych, pomimo ilościowego rozbudowania, jest bardzo ubogi, składają się na niego wyłącznie środki spożywcze z dodatkiem kwasu cytrynowego oraz substancji słodzących, takich jak sacharoza i/lub syropy owocowe. Dodatki te są niezbędne, aby uzyskać smak akceptowany przez konsumentów, gdyż właściwości samego soku brzożowego konsumenci oceniają jako niedostateczne (18). Butelkowane soki brzożowe są przy tym środkami spożywczymi pasteryzowanymi, co wynika z bardzo niskiej trwałości tego produktu, wynoszącej ok. 1 dnia w temperaturze pokojowej i 3-4 dni w warunkach chłodniczych (19). Tym samym krajowy rynek soku brzożowego oferuje środki spożywcze o znacznie zmienionym składzie wobec wyjściowego surowca, w którym na skutek przetwarzania wysokotemperaturowego doszło do istotnych zmian we właściwościach prozdrowotnych. W odpowiedzi na ten problem opracowane zostały receptury napojów niepasteryzowanych, w których dodatkiem smakowym i prozdrowotnym jest miód lub syrop owocowy, zaś dodatkiem wydłużającym trwałość – kwas cytrynowy lub mlekowy (20, 21). Tak uzyskane napoje cechują się kilkutygodniową trwałością w warunkach chłodniczych, można je jednak polecić przede wszystkim konsumentom samodzielnie pozyskującym sok brzożowy.

Inną możliwością poprawy smaku soku brzożowego, a zarazem wprowadzenia na ubogi rynek produktów butelkowanych interesującej innowacji produktowej, jest zwiększenie stężenia naturalnie występujących cukrów poprzez zagęszczenie soku za pomocą odwróconej osmozy. Stosując rozwiązanie konstrukcyjne opisane w naszych wcześniejszych pracach, można uzyskać koncentrat soku brzożowego o stężeniu cukrów wynoszącym ok. 2-3%, dostosowanym do typowej ich ilości wprowadzanej do napojów w celu poprawy smaku (22). Zagęszczenie odbywa się przy tym bez udziału podwyższonej temperatury, a zatem skład chemiczny soku brzożowego nie ulega zmianom. Warto przy tym podkreślić, że obok stężenia cukrów znacznie wzrastają także stężenia składników istotnych z żywieniowego punktu widzenia, dzięki czemu uzyskany koncentrat cechuje się wybitnymi właściwościami odżywczymi i może być klasyfikowany jako środek spożywczy kategorii *superfoods* (23). Stanowi on zarazem nowoczesną propozycję w jaki sposób można dostarczać do organizmu ludzkiego duże ilości składników mineralnych za pomocą niskoprzetworzonego, niepasteryzowanego środka spożywczego pochodzenia naturalnego, nie zaś za pomocą suplementów diety i żywności fortyfikowanej dodatkami chemicznymi. Testy przechowalnicze wykazały jednak, że odznacza się on bardzo niską trwałością, niższą od wyjściowego surowca, co stoi na przeszkodzie w wypromowaniu koncentratu soku brzożowego na rynku spożywczym (24).

CEL PRACY

Celem niniejszego artykułu było opracowanie skutecznej metody wydłużania trwałości koncentratu soku brzożowego, bez konieczności stosowania procesu pasteryzacji i chemicznej ingerencji w jego skład.

MATERIAŁ I METODY

Pobór soku drzewnego prowadzono z gatunku brzoza brodawkowata (*Betula pendula* Roth.) w miejscowości Łukawiec (powiat rzeszowski, województwo podkarpackie), na przełomie marca i kwietnia 2018 roku. Zastosowana została technika nawiercania wiertłem do drewna o średnicy 16 mm, na głębokość 4-5 cm, od strony nasłonecznionej pnia drzewa, na wysokości 0,5-1 m. W wywiercone otwory wprowadzano wężyki silikonowe atestowane do kontaktu z żywnością. Drugi ich koniec umieszczano w butelkach plastikowych, również dopuszczonych do kontaktu z żywnością i regularnie odkażanych 70% etanolem oraz przemywanych wodą dejonizowaną. Sok brzożowy pobierano w sposób ciągły. Zgromadzone partie łączono i zamrażano w temperaturze -21°C.

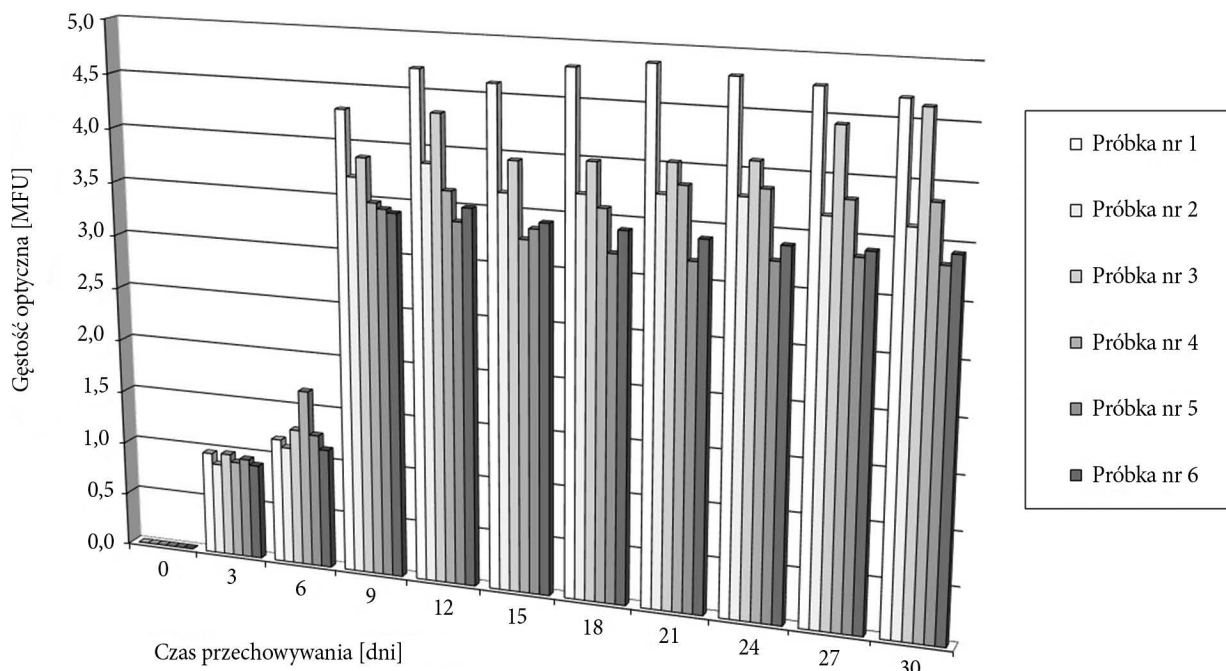
W celu uzyskania koncentratu soku brzożowego zastosowano proces odwróconej osmozy przy użyciu aparatu opisanego w naszych wcześniejszych publikacjach (22, 23). Sok brzożowy użyty jako surowiec cechował się następującymi średnimi wartościami parametrów fizykochemicznych: ekstrakt refraktometryczny 0,9°Brix; przewodność elektrolityczna 610 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH = 6,8; sucha masa 0,849%. Natomiast uzyskany koncentrat odznaczał się średnimi wartościami: ekstrakt refraktometryczny 2,6°Brix; przewodność elektrolityczna 1530 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH = 6,4; sucha masa 2,557%. W celu wydłużenia trwałości koncentratu soku brzożowego za pomocą mikrofiltracji zastosowano metodykę opisaną szczegółowo w pracy (25), przy czym użyto filtrów o trzech różnych średnicach porów: 0,22, 0,45 i 0,8 μm wykonanych z mieszanych estrów celulozy. Testowi przechowalniczemu

poddano 6 próbek koncentratu soku brzożowego niefiltrowanego oraz po 6 próbek koncentratu filtrowanego dla każdej średnicy porów.

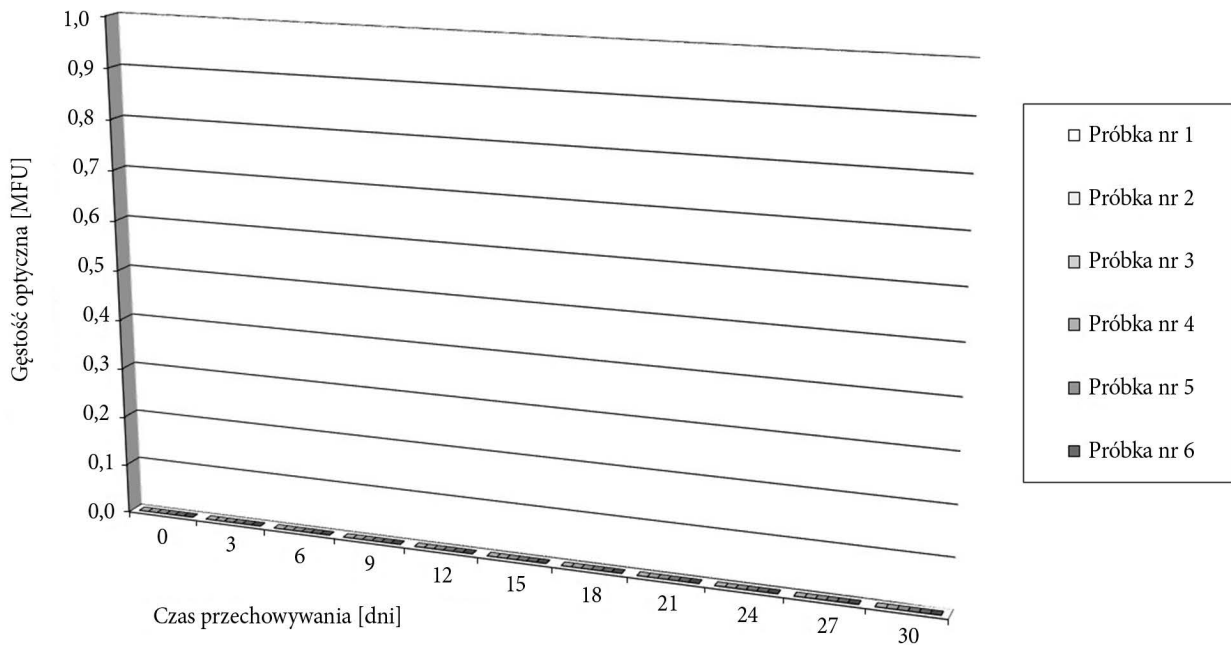
Test przechowalniczy soku brzożowego prowadzony był w temperaturze pokojowej. Do oceny zmian przechowalniczych, objawiających się mętnieniem mikrobiologicznym, zastosowano fabrycznie wykalibrowany gęstościomierz optyczny (densytometr) firmy BioSan DEN-1B, badający absorbancję (wyrażoną jako tzw. gęstość optyczna) przy długości fali 565 ± 15 nm, w zakresie pomiarowym od 0 do 15 jednostek MFU (*McFarland Unit*), przy rozdzielczości 0,01 MFU i z dokładnością pomiaru $\pm 3\%$. Przed każdorazowym wykonaniem pomiaru gęstości optycznej naczynia pomiarowe z koncentratem soku brzożowego, w których prowadzono eksperyment, były kilkakrotnie wstrząsane.

WYNIKI

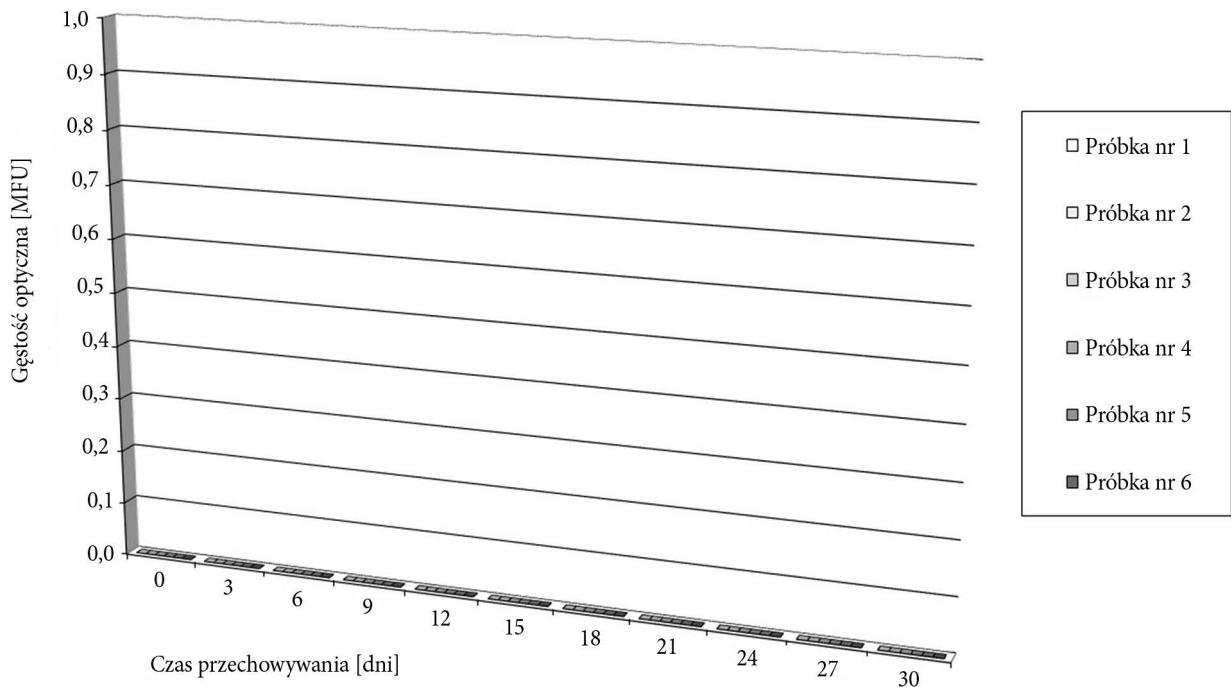
Ryciny 1-4 przedstawiają wyniki badań: koncentratu soku brzożowego, koncentratu soku brzożowego mikrofiltrowanego filtrami o średnicy porów 0,22 μm , koncentratu soku brzożowego mikrofiltrowanego filtrami o średnicy porów 0,45 μm oraz koncentratu soku brzożowego mikrofiltrowanego filtrami o średnicy porów 0,8 μm . Początkowa gęstość optyczna koncentratu soku brzożowego wynosiła $0,00 \pm 0,00$ MFU. Już po 3 dniach testu przechowalniczego zaobserwowano wzrost gęstości optycznej do wartości od $0,87 \pm 0,03$ do $0,97 \pm 0,02$ MFU, co należy tłumaczyć rozwojem drobnoustrojów i wskazać jako moment utraty trwałości koncentratu soku brzożowego. W kolejnych dniach testu przechowalniczego wartości badanego parametru rosły,



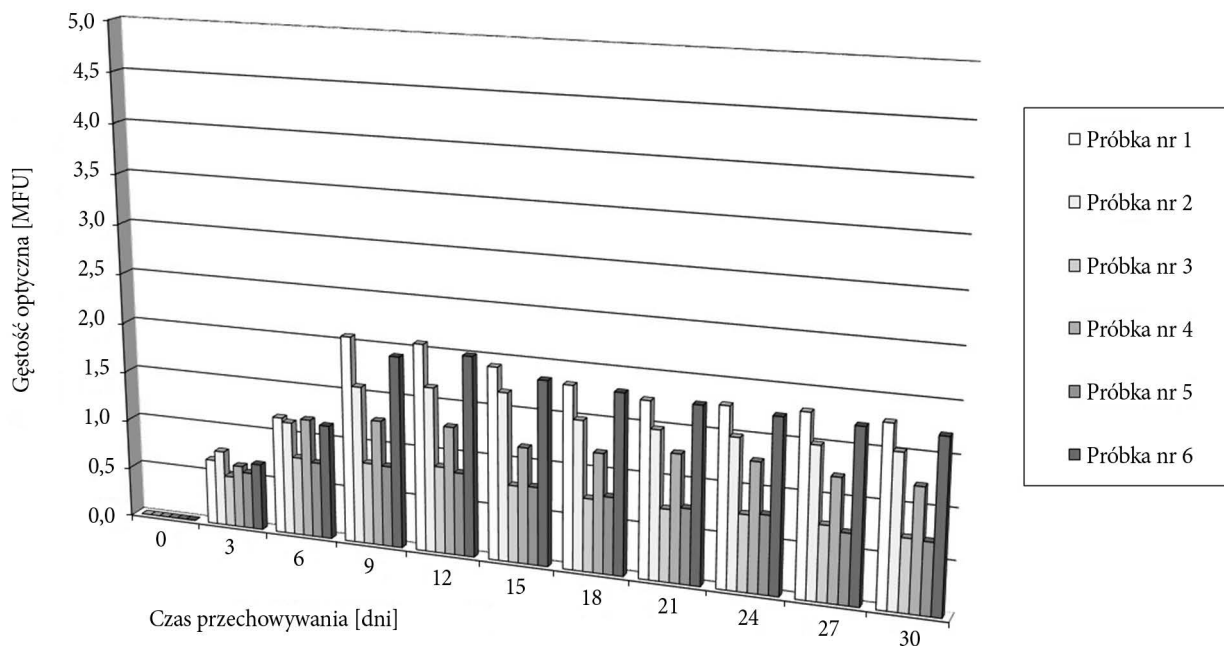
Ryc. 1. Gęstość optyczna niemikrofiltrowanego koncentratu soku brzożowego w miesięcznym teście przechowalniczym



Ryc. 2. Gęstość optyczna koncentratu soku brzożowego mikrofiltrowanego filtrami o średnicy porów 0,22 µm w miesięcznym teście przechwalniczym



Ryc. 3. Gęstość optyczna koncentratu soku brzożowego mikrofiltrowanego filtrami o średnicy porów 0,45 µm w miesięcznym teście przechwalniczym



Ryc. 4. Gęstość optyczna koncentratu soku brzożowego mikrofiltrowanego filtrami o średnicy porów 0,8 µm w miesięcznym teście przechowalniczym

stabilizując się po 9. dniu i finalnie osiągając w ostatnim terminie badań zakres od $3,33 \pm 0,03$ do $4,69 \pm 0,1$ MFU.

W przypadku koncentratu soku brzożowego mikrofiltrowanego filtrami o średnicy porów 0,22 i 0,45 µm w okresie 30 dni trwania testu przechowalniczego gęstość optyczna pozostała na wyjściowym poziomie, tj. $0,00 \pm 0,00$ MFU, co oznacza uzyskanie pełnej trwałości przechowalniczej badanych próbek i całkowite zahamowanie aktywności odnoustrojów, powodujących mętnienie koncentratu. Odmiennie wyniki uzyskano w przypadku koncentratu mikrofiltrowanego filtrami o średnicy porów 0,8 µm. Podobnie jak w przypadku koncentratu soku brzożowego, zmętnienie wystąpiło we wszystkich badanych próbkach już w 3. dniu i wynosiło ono od $0,51 \pm 0,01$ do $0,76 \pm 0,03$ MFU. W ostatnim dniu pomiarów oznaczone wartości gęstości optycznej były w zakresie od $0,71 \pm 0,03$ do $1,78 \pm 0,01$ MFU. Nie odnotowano zatem wydłużenia trwałości koncentratu soku brzożowego filtrowanego filtrami o największej średnicy porów, tj. 0,8 µm, stwierdzono jednak, że końcowe wartości gęstości optycznej dla tej partii próbek były niższe, aniżeli ostateczne wyniki uzyskane dla próbek niefiltrowanego koncentratu soku brzożowego.

DYSKUSJA

W naszych wcześniejszych pracach przyjęte zostało założenie konieczności wydłużenia trwałości soku brzożowego bez zastosowania podwyższonej temperatury, tak aby otrzymany środek spożywczy cechował się jak najmniej zmienionym składem chemicznym względem wyjściowego surowca. W tym celu z wysoką skutecznością zastosowano

rozwiązania konwencjonalne, takie jak dodatek etanolu lub zakwaszenie i wprowadzenie sorbinianu potasu (26, 27). Podjęto również próby stosowania tzw. nowych technologii przemysłu spożywczego (28), umożliwiających przetwarzanie soku bez podwyższonej temperatury. W przeciwieństwie do innych badaczy (29) wykazaliśmy efektywny wpływ promieniowania ultrafioletowego (30) na trwałość soku brzożowego, okazało się ono jednak mało skuteczne (31). W przypadku poddania soku brzożowego odpowiednio dobranemu cyklowi ultradźwięków (32) uzyskaliśmy z kolei blisko dwutygodniowe wydłużenie trwałości pod warunkiem przechowywania w warunkach chłodniczych (31). W ten sposób po raz pierwszy wykazaliśmy, że w przeciwieństwie do przyjętych poglądów (33) istnieje możliwość wydłużenia trwałości surowca pochodzenia roślinnego za pomocą ultradźwięków (31). Największą skuteczność uzyskano jednak w przypadku zastosowania technik membranowych (34), dla których inni badacze wykazali brak wpływu na trwałość soku brzożowego (29). Mikrofiltracja przeprowadzona w warunkach jałowych wydłużyła trwałość soku brzożowego do co najmniej roku (25, 35). Wykazaliśmy równocześnie, że na skuteczność tego procesu nie ma wpływu wielkość porów mikrofiltrów w zakresie od 0,22 do 0,8 µm (31).

Wymienione powyżej metody wydłużania trwałości soku brzożowego zastosowano również wobec koncentratu soku brzożowego. Sprawdzone w wielu doświadczeniach połączenie kwasów spożywczych z konserwantami chemicznymi okazało się nieskuteczne, a satysfakcjonujące wydłużenie trwałości uzyskano wyłącznie dla 10 i 15% stężenia etanolu, co nie ma jednak znaczenia z praktycznego punktu widzenia

wskutek nieakceptowalnego smaku (24). Nie wykazano również wpływu na trwałości koncentratu soku brzożowego ultradźwięków, dzięki którym z powodzeniem wydłużano trwałość soku brzożowego (31). Jedynym skutecznym rozwiązaniem okazała się natomiast przedstawiona w niniejszej pracy mikrofiltracja koncentratu soku brzożowego. W przeciwieństwie do soku brzożowego, gdzie trwałość uzyskiwano dla porów o średnicy 0,22, 0,45 i 0,8 μm (31), w przypadku koncentratu soku brzożowego skuteczne okazały się wyłącznie filtry o średnicy porów 0,22 i 0,45 μm . W przypadku średnicy 0,8 μm obserwowano zmętnienie analogicznie jak w przypadku koncentratu niefiltrowanego, jednak o mniejszym nasileniu. Można przypuszczać, że filtry o średnicy porów 0,8 μm przepuszczają zarodniki lub nawet dorosłe formy bakterii i grzybów, które pojawiają się w koncentracie w czasie długotrwałego procesu odwróconej osmozy soku brzożowego, prowadzonego w temperaturze pokojowej. Przypuszczenia te potwierdzają dane literaturowe, dotyczące wielkości przetrwalników drobnoustrojów. Typowa wielkości zarodników bakterii to od 0,82 do 1,66 μm długości oraz od 0,41 do 0,76 μm szerokości, natomiast ich form dorosłych – od 2,9 do 4,3 μm długości oraz od 0,6 do 0,8 μm szerokości. Z kolei dla grzybów, np. drożdży, wielkość zarodników to od 0,25 do 1,75 μm szerokości oraz od 0,38 do 2,5 μm długości, zaś dorosłych komórek – od 2 do 7 μm szerokości oraz od 3 do 10 μm długości (36, 37).

Przedstawiona w niniejszej pracy skuteczna metoda wydłużenia trwałości koncentratu soku brzożowego za pomocą mikrofiltracji pozwala uzyskać środek spożywczy o smaku poprawionym wobec krytykowanego smaku wyjściowego surowca (18), jak również o trwałości zapewnionej dzięki użyciu tzw. zimnej pasteryzacji, czyli mikrofiltracji – metody membranowej niewymagającej stosowania podwyższonej temperatury. Tak opracowany środek spożywczy nie tylko wpisuje się w coraz popularniejszą ideę *Clean label*, środków spożywczych pozbawionych dodatków chemicznych (38), ale dodatkowo odznacza się niezmiennym przez pasteryzację składem chemicznym, zachowując w pełni prozdrowotny skład. Tym samym mikrofiltrowany koncentrat soku brzożowego można uznać za innowacyjny, wysokiej jakości środek spożywczy (39), który adresowany może być do konsumentów z jednej strony pożąających żywności o niezmiennym składzie (40) i wywodzącej się z tradycyjnych surowców (41), z drugiej zaś – chętnie podchodzących do środków spożywczych produkowanych za pomocą nowoczesnych rozwiązań technologicznych (42-44). Wyrazem takiego właśnie podejścia konsumentów

do innowacji produktowych przemysłu spożywczego jest popularność piw mikrofiltrowanych (45), która z pewnością przeżyłaby się na rynek soków brzożowych butelkowanych. Mikrofiltrowany koncentrat soku brzożowego mógłby stać się zatem nie tylko wyróżniającym się na krajowym rynku innowacyjnym środkiem spożywczym, ale dodatkowo pomocnym narzędziem w praktyce lekarskiej, stanowiąc bardzo bogate, naturalne źródło składników mineralnych. Jak wykazaliśmy w naszych wcześniejszych pracach, w zależności od pochodzenia wyjściowego surowca, litr koncentratu soku brzożowego realizować może w kilkunastu procentach dzienną normę żywieniową dla miedzi, wapnia i magnezu, w ponad 50% dla cynku i w blisko 250% dla manganu. Koncentrat soku brzożowego stanowi zatem bardzo bogate, kompleksowe źródło składników mineralnych, konkurencyjne wobec często polecanych w praktyce lekarskiej suplementów diety. Należy przy tym zwrócić uwagę, że grupy środków spożywczych, jakimi są suplementy diety, dotyczą liczne, eksponowane w mediach i literaturze fachowej kontrowersje (46, 47). Zatem poziom współpracy lekarza z pacjentem może być w przypadku ordynowania suplementów diety niski, przyczyniając się do pogłębiania niedoborów składników mineralnych lub stanu chorobowego (48, 49). Tymczasem wyjątkowo bogaty w składniki mineralne koncentrat soku brzożowego to niskoprotworzony środek spożywczy pochodzenia naturalnego. Akceptacja tego typu środków przez pacjentów powinna być zatem znacznie wyższa niż w przypadku suplementów diety (50).

WNIOSKI

1. Mikrofiltracja koncentratu soku brzożowego okazała się skuteczną wyłącznie w przypadku zastosowania filtrów o średnicy porów 0,22 i 0,45 μm . Nie udało się natomiast wydłużyć trwałości koncentratu poprzez zastosowanie filtrów o średnicy porów 0,8 μm .
2. Uzyskany środek spożywczy odznacza się wydłużoną trwałością bez dodatku substancji chemicznych oraz bez zastosowania procesu pasteryzacji, jak również smakiem poprawionym względem wyjściowego surowca bez wprowadzenia środków słodzących.
3. Mikrofiltrowany koncentrat soku brzożowego dzięki skutecznemu zastosowaniu nowych technologii ma szansę zaistnieć na rynku spożywczym jako innowacyjny środek spożywczy i stanowić równolegle potencjalnie cenne, niezależne od suplementów diety, narzędzie w uzupełnieniu niedoborów składników mineralnych.

KONFLIKT INTERESÓW CONFLICT OF INTEREST

Brak konfliktu interesów
None

PIŚMIENICTWO

1. Staniszewski P, Nowacka WŁ, Gasek A: Potrzeby i wyzwania edukacji w zakresie nieдрzewnego użytkowania lasu. Stud Mat CEPL Rog 2016; 18: 155-161.
2. Nowacka WŁ, Staniszewski P, Gasek A: Współpraca: lasy – społeczności lokalne widziana okiem mieszkańców pobliza lasów. Stud Mat CEPL Rog 2017; 19: 193-200.

ADRES DO KORESPONDENCJI

Maciej Bilek
Zakład Agroekologii
Instytut Nauk Rolniczych,
Ochrony i Kształtowania Środowiska
Uniwersytet Rzeszowski
ul. Ćwiklińskiej 1a, 35-601 Rzeszów
tel.: +48 512-123-640
mbilek@ur.edu.pl

3. Staniszewski P, Nowacka WŁ: Regulacje użytkowania i obrotu leśnych grzybów jadalnych. *Stud Mat CEPL Rog* 2015; 17: 180-188.
4. Godyla S: Postawy konsumentów wobec soku z brzozy. *Think* 2015; 20: 7-16.
5. Bilek M: Perspektywy i warunki wykorzystania rodzimego soku brzożowego jako surowca dla przemysłu spożywczego. *Post Tech Leś* 2018; 143: 41-45.
6. Bilek M, Stawarczyk K, Łuczaj Ł, Cieślak E: Zawartość wybranych składników mineralnych i anionów nieorganicznych w sokach drzewnych z terenu Podkarpacia. *Żywn-Nauk Technol Jakość* 2015; 100: 138-147.
7. Bilek M, Kuźniar P, Stawarczyk K, Cieślak E: Zawartość manganu w sokach drzewnych z terenu Podkarpacia. *Post Fitoter* 2016; 17: 255-261.
8. Bilek M, Stawarczyk K, Gostkowski M et al.: Mineral content of tree saps from Subcarpathian region. *J Elem* 2016; 21: 669-679.
9. Bilek M, Olszewski M, Wityk P, Staniszewski P: Proteins of birch tree sap. *Forests in Science, Practice and Education Conference on the centenary of the Faculty of Forestry, Warsaw University of Life Sciences – SGGW Warsaw 18-19 June 2019. Warszawa* 2019: 49.
10. Kūka M, Čakste I, Geršēbeka E: Determination of bioactive compounds and mineral substances in Latvian birch and maple saps. *Proc Latvian Acad Sci, Section B* 2013; 685/686: 437-441.
11. Bilek M, Siembida A, Stawarczyk K et al.: Aktywność przeciwnadciśnieniowa soków drzewnych z terenu Podkarpacia. *Żywn-Nauk Technol Jak* 2015; 101: 151-161.
12. Sōukand R, Pieroni A, Biró M et al.: An ethnobotanical perspective on traditional fermented plant foods and beverages in Eastern Europe. *J Ethnopharmacol* 2015; 170: 284-296.
13. Lee C-H, Cho Y-M, Park E-S et al.: *In vivo* immune activity of sap of the white birch (*Betula platyphylla* var. *japonica*). *Korean J Food Sci Technol* 2009; 41: 413-416.
14. Peev C, Dehelean C, Mogosanu C et al.: Spring drugs of *Betula pendula* Roth.: Biologic and pharmacognostic evaluation. *Studia Universitatis Vasile Goldis, Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)* 2010; 20: 41-43.
15. Bilek M, Siembida A, Gostkowski M et al.: Variability of the minerals content as a factor limiting health properties of birch saps. *J Elem* 2017; 22: 957-967.
16. Bilek M, Szwerc W, Kuźniar P et al.: Time-related variability of the mineral content in birch tree sap. *J Elem* 2017; 22: 497-515.
17. Bilek M, Żurek N, Szwerc W et al.: Składniki mineralne i metale ciężkie w butelkowanych sokach brzożowych. *Bromat Chem Toksykol* 2018; 51: 284-292.
18. Hebda K: Sok z brzozy; <https://klaudynahebda.pl/sok-z-brzozy/> (data dostępu: 16.04.2020).
19. Bilek M, Pytko J, Sosnowski S: Badania trwałości soków drzewnych brzożowych. *Pol J Sust Develop* 2016; 20: 7-14.
20. Bilek M, Pytko J, Dżugan M et al.: Możliwość wydłużenia trwałości soku brzożowego poprzez sporządzenie napoju o polepszonych walorach smakowych i prozdrowotnych. *Post Nauk Technol Przem Rol Spoż* 2016; 71: 5-19.
21. Bilek M, Chachura A, Radochońska A et al.: Trwałe, niepasteryzowane napoje na bazie soku brzożowego. *Post Fitoter* 2018; 19: 230-236.
22. Wawer J, Bilek M: Prosty aparat wykorzystujący technologię osmozy odwróconej do zagęszczania rodzimego soku brzożowego. *Post Nauk Technol Przem Rol Spoż* 2017; 72: 51-67.
23. Bilek M, Wawer J, Szwerc W et al.: Birch sap concentrate as a potential modern food product. *Econtechmod* 2018; 7: 5-9.
24. Bilek M, Chynał B, Derendarz K et al.: Birch tree sap concentrate shelf life extending. *Biologically Active Compounds in Food: 3rd International Conference, Faculty of Biotechnology and Food Sciences Lodz University of Technology, Polish Society of Food Technologists – Lodz Branch Lodz 19-20 September 2019. Łódź* 2019: 37.
25. Bilek M, Piekarczyk S, Olszewski M, Sosnowski S: Mikrofiltracja jako skuteczny zabieg wydłużający trwałość soku brzożowego. *Post Nauk Technol Przem Rol Spoż* 2017; 72: 68-76.
26. Bilek M, Sądej M, Rączy M et al.: Turbidity changes of birch tree sap after addition of commonly available chemicals. *Biotech Food Sci* 2016; 80: 83-90.
27. Bilek M, Vietoris V, Ilko V: Shelf life extension and sensory evaluation of birch tree sap using chemical preservatives. *Potravinárstvo* 2016; 10: 499-505.
28. Grochowicz J, Sobczak P, Zawislak K: Nowoczesne technologie utrwalania żywności minimalnie przetworzonej i funkcjonalnej – stan badań i perspektywa rozwojowa. *Inż Przetw Spoż* 2015; 16: 5-10.

29. Jeong SJ, Jeong HS, Woo SH et al.: Consequences of ultrafiltration and ultraviolet on the quality of white birch (*Betula platyphylla* var. *japonica*) sap during storage. *Aust J Agric Res* 2013; 7: 1072-1077.
30. Dzwolak W: UV poprawia bezpieczeństwo. Zastosowanie promieniowania UV w przemyśle spożywczym. *Bezp Hig Żywn* 2011; 5: 34-35.
31. Bilek M, Cebula E, Krupa K et al.: New technologies for extending shelf life of birch tree sap. *Econtechmod* 2018; 7: 3-8.
32. Konopacka D, Płocharski W, Siucińska K: Możliwości zastosowania ultradźwięków w przemyśle owocowo-warzywnym. *Przem Ferm Owoc Warzyw* 2015; 59: 16-21.
33. Nowicka P, Wojdyło A, Oszmiański J: Zagrożenia powstające w żywności minimalnie przetworzonej i skuteczne metody ich eliminacji. *Żywn-Nauk Technol Jak* 2014; 93: 5-18.
34. Waczyński M, Kujawski W: Filtracja membranowa – techniki filtracji membranowej w przemyśle spożywczym. *Przem Ferm Owoc Warzyw* 2008; 52: 5-8.
35. Piekarz S, Bilek M, Sosnowski S: Year-round shelf life of birch tree sap after the use of microfiltration in sterile conditions. Human, nutrition, environment: 7th International Young Scientists Conference, Rzeszow 4-5 June 2018. Rzeszów 2018: 48.
36. Sokołowska B: Problemy mikrobiologiczne w przetwórstwie warzyw i owoców; <http://alicyclobacillus.com/public/index.php/pl/article/27,problemy-mikrobiologiczne-w-przetwroscie-owocw-i-warzyw.html> (data dostępu: 16.04.2020).
37. Carrera M, Zandomeni RO, Fitzgibbon J, Sagripanti J-L: Difference between the spore sizes of *Bacillus anthracis* and other *Bacillus* species. *J Appl Microb* 2007; 102: 303-312.
38. Cassidy L: Clean label: The next generation. *Inform* 2017; 28: 6-10.
39. Wawer J, Bilek M, Pilch K et al.: Sposób otrzymywania zatężonego soku brzoźowego. Zgłoszenie patentowe P.430407.
40. Dąbrowska A, Babicz-Zielińska E: Zachowania konsumentów w stosunku do żywności nowej generacji. *Hygeia Public Health* 2011; 46: 39-46.
41. Barska A: Atrybuty produktu żywnościowego a decyzje konsumentów. *Hand Wew* 2018; 3: 37-47.
42. Bednarz J: Prosumpcja jako rezultat zmian zachodzących w zachowaniach konsumentów na przykładzie przemysłu spożywczego. *Stuc Oecon Pos* 2017; 5: 7-24.
43. Kuźniar W, Kawa M, Kuźniar P: Konsumenty wobec bezpiecznych rozwiązań w zakresie produkcji żywności. *Zesz Nauk Szk Gł Gosp Wiej War Prob Rol Świat* 2016; 16: 243-250.
44. Barska A: Innowacje na rynku produktów żywnościowych z perspektywy polskich i czeskich konsumentów generacji Y. *Zesz Nauk Szk Gł Gosp Wiej War Prob Rol Świat* 2017; 17: 7-18.
45. Gabruś E: Badania wydajności procesu mikrofiltracji roztworów stosowanych w produkcji piwa. *Inż Ap Chem* 2009; 48: 30-31.
46. Najwyższa Izba Kontroli: Informacja o wynikach kontroli. Dopuszczanie do obrotu suplementów diety; <https://www.nik.gov.pl/plik/id,13031,vp,15443.pdf> (data dostępu: 16.04.2020).
47. Grembecka M: Suplementy diety – panaceum na wszystkie dolegliwości? *Gazeta AMG* 2019, 1: 18-22.
48. Kubica A, Ratajska A, Sinkiewicz W et al. Przyczyny złej współpracy lekarz-pacjent w terapii przewlekłej. *Fol Card Ex* 2010, 2: 78-83.
49. Wawer I: Dietetyczne niedobory mikrośkładników i suplementacja w chorobach neurologicznych. *Neurol Prakt* 2017, 6: 5-8.
50. Baraniak J, Kania M: Suplementy diety, środki spożywcze specjalnego przeznaczenia żywieniowego a lek roślinny w świetle współczesnej fitoterapii. *Post Fitoter* 2015, 3: 177-183.

nadesłano: 17.04.2020
zaakceptowano do druku: 8.05.2020