

\*Maciej Bilek<sup>1</sup>, Wojciech Szwerc<sup>2</sup>, Ryszard Kocjan<sup>2</sup>

## Zawartość metali ciężkich (Pb, Cd, Cr, Ni) jako potencjalny czynnik ograniczający możliwość wykorzystania soku brzozonego

### Heavy metals (Pb, Cd, Cr, Ni) content as a potential risk factor, limiting birch tree sap usefulness

<sup>1</sup>Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski

Kierownik Katedry: prof. dr hab. inż. Stanisław Sosnowski

<sup>2</sup>Katedra Chemii, Zakład Chemii Analitycznej, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Analityki Medycznej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

Kierownik Zakładu: prof. dr hab. n. chem. Ryszard Kocjan

---

#### SUMMARY

**Introduction.** Birch tree sap is currently obtained by a large number of individual consumers and is also used as a raw material for beverage production, that is object of interest both for the food and pharmaceutical industry. The problem that affects as well as birch tree sap consumers and the processing industry is potential contamination by environmental toxins, ex. heavy metals.

**Aim.** The aim of this study was to determine the content of selected heavy metals in birch tree sap collected in the area of protected landscape in the Podkarpackie Voivodeship.

**Material and methods.** The birch tree sap was collected from seven individuals of silver birch. The intake was conducted for seven consecutive days (6-12 March 2016). The drilling technique was applied. Quantitative determination of heavy metals was performed by electrothermal technique of atomic absorption spectrometry.

**Results.** Despite the proximity of birch trees from the municipal road, the lead content in the tree sap examined was below the limit of quantification of the method used. The highest recorded chromium concentrations were 3.87 and 4.13 µg/l, for birch No. 6 on March 10<sup>th</sup> and birch No. 1 on March 12<sup>th</sup>, respectively. The cadmium content was highest for birches No. 6 and No. 7 for which the average, calculated from weekly measurements, was 4.03 ± 3.17 µg/l and 3.50 ± 1.97 µg/l, respectively. Also for sap of these two trees, the highest average weekly concentrations of nickel was found, i.e. 12.51 ± 5.99 and 7.09 ± 4.23 µg/l. Within the examined birch tree saps, very large variations, both interindividual and time-related, has been found, highest for the chromium concentrations and much smaller for the concentrations of cadmium and nickel.

**Conclusions.** The results obtained, in relation to standards (among others percentage implementation of the tolerable weekly intake for cadmium), indicate that birch tree sap can be considered as safe and non-threatening to health of individual consumers. However, it is desirable that the control laboratories of the food and pharmaceutical industry should conduct studies of the raw material purchased, just before the sap processing. This will eliminate the raw material delivered from the places contaminated by industry and agriculture.

---

**Keywords:** birch tree sap, heavy metals, medicinal plant material

---

#### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Sok brzozonego spożywany jest obecnie przez licznych konsumentów indywidualnych, znajduje również zastosowanie jako surowiec do produkcji napojów, stanowiących przedmiot zainteresowania przemysłu spożywczego i farmaceutycznego. Problemem, przed którym stają zarówno osoby pozyskujące sok brzozonego samodzielnie, jak również przemysł przetwórczy, jest potencjalne skażenie toksynami środowiskowymi, m.in. metalami ciężkimi.

**Cel pracy.** Celem niniejszych badań było określenie zawartości wybranych metali ciężkich w soku brzozowym pozyskiwanym na terenie chronionego krajobrazu w województwie podkarpackim.

**Materiał i metody.** Sok pobierano z 7 osobników brzozy zwisej przez 7 kolejnych dni (6-12 marca 2016 roku), stosując technikę nawiercania pnia drzewa. Oznaczenie ilościowe metali ciężkich wykonano techniką elektrotermiczną atomowej spektrometrii absorpcyjnej.

**Wyniki.** Pomimo nieodległego sąsiedztwa drzew od drogi gminnej, zawartość ołowiu w badanych sokach drzewnych była poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody. Najwyższe odnotowane stężenia chromu wynosiły 3,87 i 4,13 µg/l dla brzozy nr 6 w dniu 10 marca i brzozy nr 1 w dniu 12 marca. Zawartość kadmu była najwyższa dla brzozy nr 6 i 7, a średnia z tygodniowych pomiarów

wynosiła odpowiednio  $4,03 \pm 3,17$  i  $3,50 \pm 1,97$   $\mu\text{g/l}$ . Również dla tych dwóch drzew odnotowano najwyższe średnie tygodniowe stężenia niklu, wynoszące  $12,51 \pm 5,99$  i  $7,09 \pm 4,23$   $\mu\text{g/l}$ . W obrębie badanych soków brzożowych stwierdzono bardzo duże zróżnicowanie, zarówno międzyosobnicze, jak i w profilu czasu, największe dla chromu, mniejsze zaś dla kadmu i niklu.

**Wnioski.** Uzyskane wyniki odniesione do norm (m.in. procent realizacji tygodniowego tolerowanego pobrania dla kadmu) wskazują, że badane soki brzożowe można uznać za bezpieczne i niestwarzające zagrożenia dla konsumentów indywidualnych. Jest jednak wskazane, aby zaplecze analityczne przemysłu spożywczego i farmaceutycznego, przed przystąpieniem do przetwórstwa soku brzożowego, prowadziło badania kontrolne skupowanego surowca w celu wyeliminowania soku pozyskiwanego ze stanowisk i osobników wykazujących zanieczyszczenia przemysłowe i rolnicze.

**Słowa kluczowe:** sok drzewny brzożowy, metale ciężkie, roślinne surowce lecznicze

## Wstęp

Współczesne badania wskazują, że za wiele postulowanych przez dawną medycynę ludową kierunków działania biologicznego soków drzewnych odpowiedzialna jest wysoka zawartość składników mineralnych (1, 2). Gatunkiem, z którego na terenie Europy Środkowej pozyskiwano najczęściej sok, była brzoza zwisła (*Betula pendula* Roth) (3-6). Podobnie i dziś sok tego właśnie drzewa spożywany jest przez licznych konsumentów indywidualnych, jak również znajduje zastosowanie jako surowiec do produkcji napojów (7). Wysoka zawartość miedzi, cynku i manganu, odnotowane w soku brzożowym pozyskiwanym z terenu Podkarpacia, stwarza perspektywę wykorzystania go jako roślinnego surowca leczniczego, mogącego znaleźć zastosowanie m.in. w leczeniu niedoborów wymienionych składników mineralnych (8).

Problemem, przed którym stają zarówno osoby pozyskujące sok brzożowy samodzielnie, jak również przemysł przetwórczy jest nie tylko bardzo niska trwałość tego surowca (9), ale także potencjalne skażenie toksynami środowiskowymi. O ile pierwszy problem rozwiązać można poprzez zastosowanie zabiegów wydłużających trwałość (10, 11), o tyle zanieczyszczenie środowiska jest czynnikiem, który w zasadniczy i trwały sposób determinuje bezpieczeństwo zdrowotne spożywania soków brzożowych. Na słuszność tego twierdzenia wskazują przeprowadzone dotychczas badania surowca z terenu Podkarpacia. Mimo że sok brzoży zwisłej, niezależnie od stanowiska pobrania, okazał się pośród soków badanych gatunków jedynym wolnym od azotanów (12), stwierdzono w nim zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz pozostałości środków ochrony roślin (13). Wskazuje to na wysoką podatność składu soków drzewnych na antropopresję i konieczność odpowiedzialnego typowania miejsc pozyskiwania soku brzożowego, uwzględniającego ewentualne zanieczyszczenia przemysłowe i historię rolniczego wykorzystania terenu.

## Cel pracy

Celem niniejszych badań było określenie zawartości wybranych metali ciężkich, tj. ołowiu, kadmu, chromu oraz niklu, w soku brzożowym pozyskanym na terenie obszaru chronionego krajobrazu w województwie podkarpackim.

## Materiał i metody

Sok drzewny brzożowy został pozyskany na terenie miejscowości Niwiska (powiat kolbuszowski, województwo podkarpackie) z grupy siedmiu osobników rosnących na typowym, śródpolnym zadrzewieniu, sąsiadującym w odległości ok. 50 metrów od gospodarstwa rolnego i ok. 100 metrów od drogi gminnej. Sok pozyskiwano techniką nawiercania, zalecaną przez dane piśmiennictwa (14). Pnie drzew nawiercono na wysokości 0,5 metra, od strony południowej, wykorzystując wiertło o średnicy 16 mm. Nawiercenia dokonywano na głębokość ok. 50 mm, po czym do otworu w pniu drzewa wprowadzano wężyk silikonowy o średnicy 16 mm, uszczelniony dodatkowo taśmą izolacyjną. Drugi koniec wężyka umieszczano w butelkach z ciemnego tworzywa sztucznego, które uprzednio zostały odkażone 70% alkoholem etylowym. Zbiór soku drzewnego prowadzono w dniach 6-12 marca 2016 roku w trybie ciągłym. Próbkę przeznaczoną do analiz pozyskiwano począwszy od godziny 12 do czasu uzyskania objętości 50 ml. W związku z wykazaniem w poprzednich badaniach dużym zróżnicowaniem składu mineralnego soku brzożowego w profilu czasu (15), pozyskiwanie prowadzono w jednodniowych odstępach czasu przez okres 7 dni. Zebrany sok brzożowy umieszczano w plastikowych probówkach wirówkowych, które zamrażano w temperaturze  $-21^{\circ}\text{C}$ . Po zakończeniu pozyskiwania soku, w wywierconych otworach umieszczano kołki drewniane o średnicy 16 mm i długości odpowiadającej nawierceniu, które przed wbiciem do nawierconego otworu zanurzano w paście ogrodniczej. Postępowanie to minimalizuje ryzyko zakażenia drzewa, jak również zapewnia całkowite zahamowanie wypływu soku (9, 14).

Zawartość metali ciężkich w próbkach soku brzozonego oceniono za pomocą techniki elektrotermicznej atomowej spektrometrii absorpcyjnej. Roztwory wzorcowe o stężeniu 50  $\mu\text{g/l}$  dla ołowiu, 2  $\mu\text{g/l}$  dla kadmu, 60  $\mu\text{g/l}$  dla niklu oraz 20  $\mu\text{g/l}$  dla chromu przygotowano przez rozcieńczenie standardowych roztworów pierwiastków o stężeniu 1000  $\text{mg/l}$ . Odpowiednią ilość roztworu o stężeniu 1000  $\text{mg/l}$  przenoszono do kolby miarowej o pojemności 100 ml i uzupełniono do kreski 0,5% kwasem azotowym przygotowanym przez rozcieńczenie stężonego 65% kwasu azotowego (V) wodą dejonizowaną o oporności 18,2  $\text{m}\Omega/\text{cm}$ . Temperaturę pirolizy optymalizowano w zakresie 800-1100°C dla ołowiu, 900-1200°C dla niklu, 1000-1400°C dla chromu oraz 500-900°C dla kadmu. Po przeprowadzonej optymalizacji i ustaleniu temperatury pirolizy dla poszczególnych pierwiastków przystąpiono do optymalizacji temperatury procesu atomizacji. Temperatura atomizacji była zmieniana w zakresie 1800-2200°C w przypadku ołowiu, 2100-2500°C dla niklu oraz chromu i 1500-1800°C dla kadmu. Do optymalizacji poszczególnych temperatur użyto roztworów wzorcowych analizowanych pierwiastków o stężeniach opisanych powyżej. Temperaturę zmieniano w zakresie co 50°C dla każdego z analizowanych pierwiastków.

Oznaczenie ilościowe pierwiastków wykonano techniką elektrotermiczną atomowej spektrometrii absorpcyjnej z użyciem aparatu ContrAA 700 z ciągłym źródłem promieniowania. Zastosowano kuwetę grafitową z platformą L'vova. Objętość dozowania wynosiła za każdym razem 25  $\mu\text{l}$  roztworu oraz 5  $\mu\text{l}$  modyfikatora matrycy (jeśli był konieczny) na platformę kuwety grafitowej. Jako modyfikatora matrycy użyto  $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2/\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ . Parametry walidacyjne dla metody GF-AAS przedstawiono w tabeli 1.

## Wyniki

Wyniki oznaczania zawartości metali ciężkich w sokach drzewnych przedstawiono na rycinach 1-3. Pomimo bliskiego sąsiedztwa drzew z drogą gminną

zawartość ołowiu we wszystkich 49 próbkach soku drzewnego była poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody analitycznej, tj. 1,57  $\mu\text{g/l}$ .

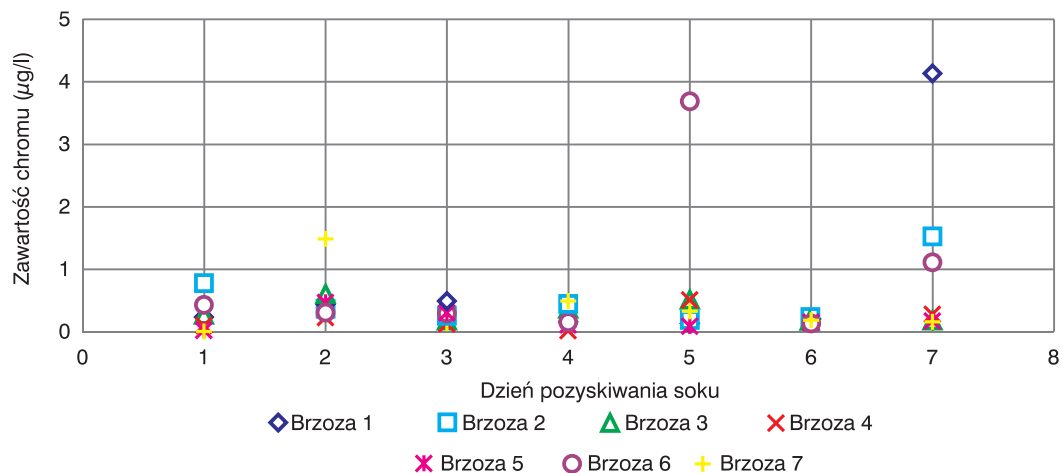
Stężenia chromu wynosiły poniżej 1  $\mu\text{g/l}$ , przy czym wartości w kolejnych dniach badań różniły się pomiędzy sobą kilkunasto-, a nawet kilkudziesięciokrotnie, wynosząc przykładowo dla brzozy nr 5 – 0,021  $\mu\text{g/l}$  w dniu 6 marca, 0,470  $\mu\text{g/l}$  w dniu 7 marca, 0,306  $\mu\text{g/l}$  w dniu 8 marca, 0,107  $\mu\text{g/l}$  w dniu 9 marca, 0,088  $\mu\text{g/l}$  w dniu 10 marca, 0,147  $\mu\text{g/l}$  w dniu 11 marca oraz 0,169  $\mu\text{g/l}$  w dniu 12 marca. Stwierdzono także epizodyczne wzrosty stężenia chromu. Przykładowo 6 marca stężenie chromu wynosiło 0,15  $\mu\text{g/l}$ , zaś 7 marca aż 3,87  $\mu\text{g/l}$  dla brzozy nr 6. Z kolei w dniu 9 marca dla brzozy nr 1 odnotowano stężenie chromu 0,2  $\mu\text{g/l}$ , zaś 10 marca – 4,13  $\mu\text{g/l}$  (ryc. 1).

Zawartość kadmu dla brzozy nr 1, 2, 4 i 5 kształtowała się poniżej 2  $\mu\text{g/l}$  soku, wynosząc średnio dla tygodniowego okresu badań odpowiednio 0,72  $\pm$  0,29, 0,55  $\pm$  0,26, 0,89  $\pm$  0,33 i 0,80  $\pm$  0,54  $\mu\text{g/l}$ , różnice pomiędzy kolejnymi dniami nie były zatem aż tak duże jak w przypadku stężeń chromu. Dla brzozy nr 3 zawartości kadmu w kolejnych dniach również wynosiły poniżej 2  $\mu\text{g/l}$ , odnotowano jednak jednorazowy wzrost stężenia z 0,97  $\mu\text{g/l}$  w dniu 11 marca do 3,99  $\mu\text{g/l}$  w dniu 12 marca. Natomiast dla brzozy nr 6 i 7 zawartość kadmu była wyższa na przestrzeni całego badania, a średnia z tygodniowych pomiarów wynosiła odpowiednio 4,03  $\pm$  3,17 i 3,50  $\pm$  1,97  $\mu\text{g/l}$ , przy czym największe jednorazowe wzrosty stężenia odnotowano dla brzozy nr 6, tj. z 0,8  $\mu\text{g/l}$  w dniu 10 marca do 3,32  $\mu\text{g/l}$  w dniu 11 marca oraz z 1,91  $\mu\text{g/l}$  w dniu 6 marca do 6,85  $\mu\text{g/l}$  w dniu 7 marca dla brzozy nr 7 (ryc. 2).

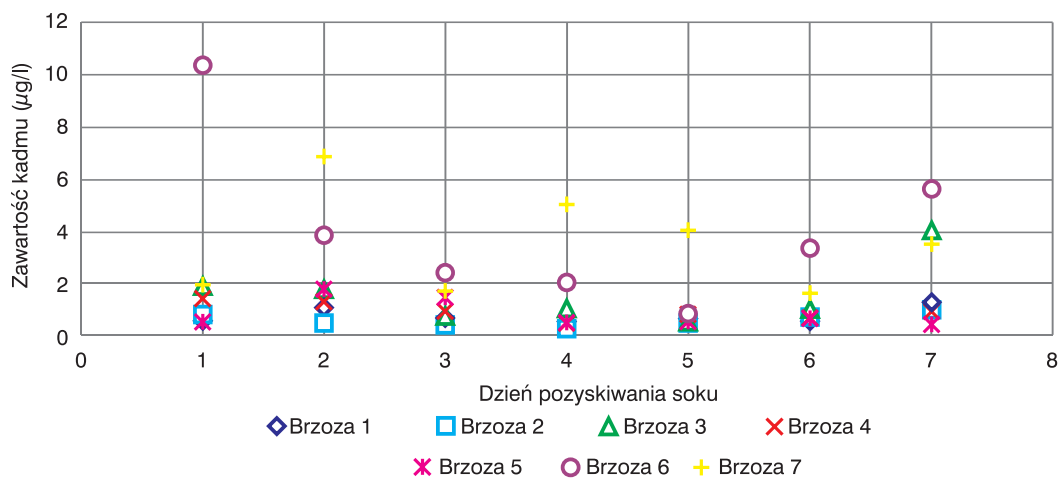
Również dla drzew nr 6 i 7 odnotowano najwyższe średnie tygodniowe stężenia niklu, wynoszące 12,51  $\pm$  5,99  $\mu\text{g/l}$  dla brzozy nr 6 i 7,09  $\pm$  4,23  $\mu\text{g/l}$  dla brzozy nr 7. Średnie tygodniowe stężenia niklu dla pozostałych próbek wynosiły 5,81  $\pm$  1,86, 4,79  $\pm$  1,99, 2,57  $\pm$  1,55, 5,85  $\pm$  2,76 i 3,16  $\pm$  1,65  $\mu\text{g/l}$ , odpowiednio dla osobników nr 1-5. Różnice pomiędzy kolejnymi

Tab. 1. Parametry walidacyjne dla metody GF-AAS

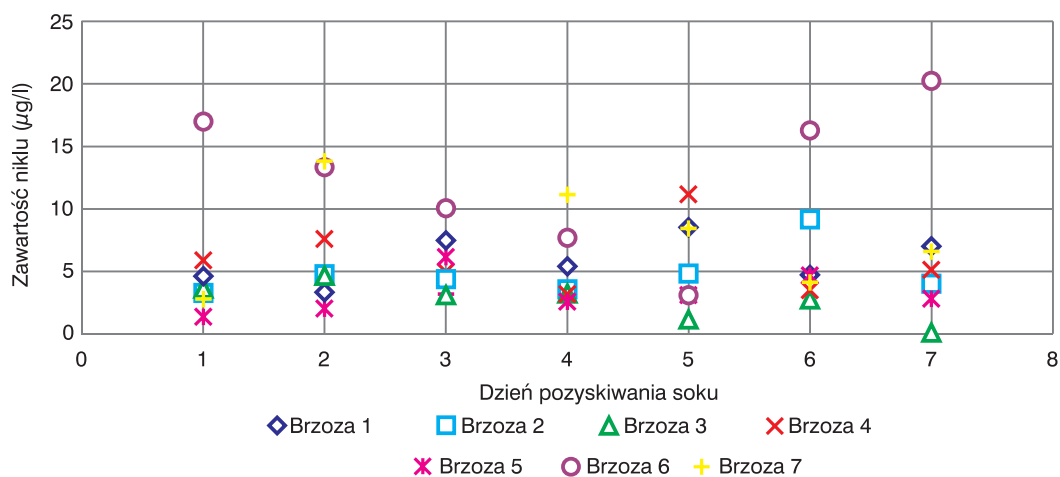
Pierwiastek	Długość fali (nm)	Temperatura suszenia (°C)	Temperatura pirolizy po optymalizacji (°C)	Temperatura atomizacji po optymalizacji (°C)	Zakres krzywej kalibracyjnej ( $\mu\text{g/l}$ )	Współczynnik liniowości	Precyzja (%RSD)
Pb	217,00	110	950	2050	0-50	0,9997	0,2-0,9
Ni	232,00	110	1050	2300	0-60	0,9999	0,8-1,2
Cr	357,87	110	1150	2300	0-20	0,9995	0,5-1,7
Cd	228,80	110	750	1700	0-2	0,9999	0,5-1,3



Ryc. 1. Zawartość chromu w soku drzewnym siedmiu brzóz w zależności od dnia pozyskiwania



Ryc. 2. Zawartość kadmu w soku drzewnym siedmiu brzóz w zależności od dnia pozyskiwania



Ryc. 3. Zawartość niklu w soku drzewnym siedmiu brzóz w zależności od dnia pozyskiwania

pomiarami były zatem kilkukrotne, znacznie mniejsze niż w przypadku chromu. Przykładowo największe różnice stężenia niklu, określane w jednodniowych odstępach czasu, odnotowano dla brzozy nr 7, tj. z  $2,7 \mu\text{g/l}$  w dniu 6 marca do  $13,79 \mu\text{g/l}$  w dniu 7 marca, oraz dla brzozy nr 6, tj. z  $3,3 \mu\text{g/l}$  w dniu 10 marca do  $16,27 \mu\text{g/l}$  w dniu 11 marca.

## Dyskusja

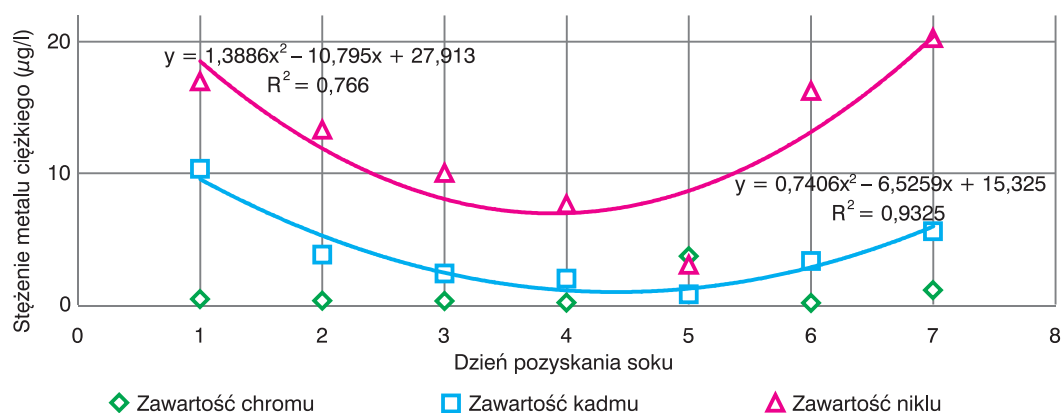
Uzyskane w niniejszej pracy wyniki potwierdzają postulowaną w naszych wcześniejszych badaniach zmienność w składzie soku brzozonego w profilu czasu (15). Dla stężeń wapnia, cynku czy potasu obserwowaliśmy wyraźne tendencje spadkowe lub wzrostowe, dające się opisać wielomianowymi liniami trendu o wysokich współczynnikach  $R^2$  (15). W przypadku metali ciężkich takich zależności nie odnotowano, charakterystyczne były natomiast jednorazowe, kilku-, a nawet kilkudziesięciokrotne wzrosty stężeń dla pojedynczych osobników w wybranych dniach w stosunku do pomiarów wykonanych w dniu poprzednim lub kolejnym (ryc. 1-3).

W naszych poprzednich badaniach podobnie dużą epizodyczną zmienność obserwowano dla soku pojedynczych osobników pod kątem zawartości miedzi i żelaza (15). Wśród badanych osobników wyróżniła się brzoza nr 6, dla której tygodniowy przebieg stężeń niklu i kadmu dawał się opisać wielomianową linią trendu drugiego stopnia o wysokim ( $0,766$  i  $0,9325$ ) współczynniku  $R^2$ , co w naszych wcześniejszych badaniach stwierdzono wyłącznie dla stężeń sodu w soku dwóch osobników brzozy zwisłej, przy czym współczynniki  $R^2$  były znacznie niższe (ryc. 4). Duża zmienność w zawartości metali ciężkich i brak wyraźnych tendencji w czasie wskazują na konieczność codziennego monitorowania składu soku brzozonego pozyskiwa-

nego jako surowiec dla przemysłu spożywczego czy farmaceutycznego.

W dotychczasowych badaniach drzewnego soku brzozonego wykazano zawartość niklu w soku pobieranym na terenie Łotwy (16), chromu w soku z terenu Litwy (17), ołowiu i kadmu w soku z terenu Korei Południowej (18) oraz kadmu w soku z terenu Podkarpacia (19, 20). Miejscem pozyskiwania drzewnego soku brzozonego w niniejszych badaniach było śródpolne zadrzewienie zlokalizowane na terenie gminy Niwiska. W sąsiedztwie miejsca poboru przebiegała sieć dróg gminnych, użytkowanych na co dzień przez komunikację zbiorową i mieszkańców. Teren gminy w połowie pokryty jest lasami, objęty obszarem chronionego krajobrazu i w promieniu kilkunastu kilometrów pozbawiony zakładów przemysłowych. Jest to więc obszar potencjalnie bardzo korzystny do pozyskiwania soku brzozonego z przeznaczeniem do przetwórstwa, jednak na skutek sąsiedztwa dróg jezdnych zagrożony skażeniem ołowiem. Ponadto, zgodnie z danymi piśmiennictwa, skażenie środowiska metalami ciężkimi może wiązać się nie tylko z bezpośrednim sąsiedztwem źródeł ich emisji, ale może do niego dochodzić również na skutek opadu atmosferycznego o bardzo odległych punktach emisji (chrom, nikiel). Do skażenia środowiska metalami ciężkimi przyczyniać może się także intensywna działalność rolnicza, związana ze stosowaniem nawozów fosforowych (kadmu) oraz nawożeniem gleby osadami dennymi (chrom i nikiel) (21-23).

Uzyskane w niniejszych badaniach wyniki odnieść można do norm precyzujących dopuszczalne zawartości metali ciężkich w środkach spożywczych, innych jednak niż sok drzewny, gdyż dla tego surowca nie istnieją regulacje prawne zarówno na



Ryc. 4. Zawartość chromu, kadmu i niklu w soku brzozy nr 6 w zależności od dnia pozyskania

poziomie narodowym, jak i europejskim. W badanych próbkach nie wykazano obecności ołowiu, bardzo szkodliwego metalu ciężkiego, często oznaczanego w środkach spożywczych pochodzenia roślinnego. Kolejnym metalem ciężkim, skażającym surowce roślinne na skutek zanieczyszczenia nawozami sztucznymi, jest kadm. Dla owoców i warzyw Komisja Europejska ustaliła najwyższy dopuszczalny poziom zawartości kadmu na  $50 \mu\text{g}/\text{kg}$  świeżej masy, dla warzyw korzeniowych i bulwiastych poziom  $100 \mu\text{g}/\text{kg}$ , zaś dla warzyw liściastych oraz świeżych ziół –  $200 \mu\text{g}/\text{kg}$  (24). Stężenie kadmu w żadnej z badanych próbek nie przekroczyło jednak dopuszczalnych wartości, niezależnie od ewentualnej próby klasyfikacji nietypowego surowca, jakim jest sok drzewny.

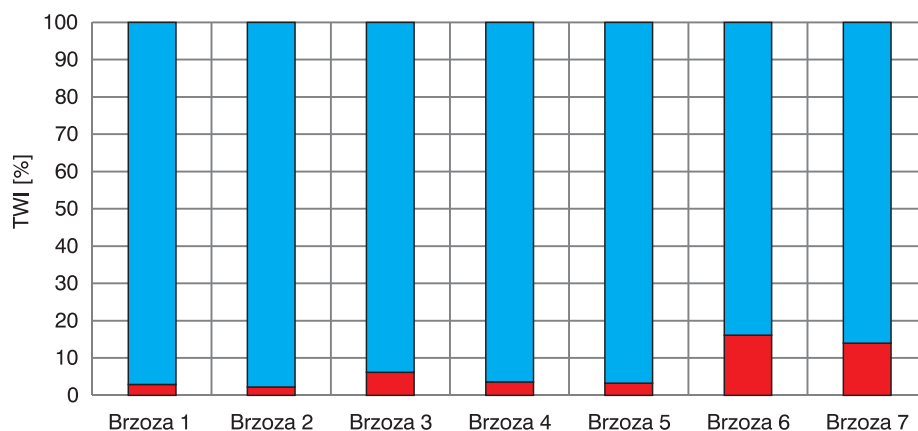
Uzyskane wartości odnieść można także do najwyższych dopuszczalnych norm dla wody pitnej, wynoszących według Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi: dla kadmu  $5 \mu\text{g}/\text{l}$ , dla niklu  $20 \mu\text{g}/\text{l}$  i dla chromu  $50 \mu\text{g}/\text{l}$  (25). Dopuszczalne normy dla kadmu zostały przekroczone dwukrotnie w ciągu tygodnia zarówno dla brzozy 6, jak i 7, natomiast dla niklu obserwujemy jednorazowe przekroczenie normy w ostatnim dniu badań dla brzozy nr 6.

Z metali ciężkich, których występowanie stwierdzono w badanych sokach drzewnych, wartość tolerowanego tygodniowego pobrania (ang. *tolerable weekly intake* – TWI) wynosząca  $2,5 \mu\text{g}/\text{kg}$  masy ciała, określona została wyłącznie dla kadmu (26). Biorąc pod uwagę wartość TWI i próbkę o najwyższym odnotowanym stężeniu, tj.  $10,35 \mu\text{g}/\text{l}$  dla brzozy nr 6

w pierwszym dniu badań, do przekroczenia TWI koniecznym byłoby spożycie przez osobę dorosłą ważącą 70 kg blisko 17 l soku brzozonego w ciągu tygodnia, co w przeliczeniu na jeden dzień daje ponad 2,4 l. Jednak przeprowadzenie całotygodniowego cyklu badań pozwala w znacznie bardziej precyzyjny i praktyczny sposób oszacować procentową wartość realizacji TWI dla każdego z drzew, przy założeniu spożycia przez konsumenta 1 l soku brzozonego dziennie przez okres 7 dni. Jak wykazano na rycinie 5, procentowa wartość realizacji normy TWI w trakcie spożycia soku brzozonego, oparta na całotygodniowym pomiarze stężeń kadmu, wynosi od 2,2% dla brzozy nr 2 do 16,1% dla brzozy nr 6 i jest niższa niż wynikałoby to z obliczeń opartych na najwyższym stężeniu uzyskanym dla każdego z drzew (zakres od 3,8% dla brzozy nr 2 do 41,4% dla brzozy nr 6). Spostrzeżenie to jest kolejnym przemawiającym za koniecznością regularnego, codziennego monitoringu składu soku brzozonego, cechującego się dużą zmiennością międzyosobniczą i zmiennością w profilu czasu.

## Wnioski

1. Uzyskane wyniki wskazują, że badany sok brzozonego można uznać za bezpieczny i niestwarzający zagrożenia dla konsumentów.
2. Wskazane jest, aby zaplecze analityczne przemysłu spożywczego i farmaceutycznego każdorazowo przed przystąpieniem do przetworstwa soku brzozonego prowadziło badania kontrolne skupowanego surowca w celu wyeliminowania soku pozyskanego z poszczególnych stanowisk i osobników poddanych silnej antropopresji.



Ryc. 5. Procentowa wartość realizacji normy tolerowanego tygodniowego pobrania kadmu (%TWI), obliczona na podstawie codziennych wyników siedmiodniowego cyklu badań

## Piśmiennictwo

1. Bilek M, Stawarczyk K, Gostkowski M i wsp. Mineral content of tree saps from Subcarpathian region. *J Elem* 2016; 21(3):669-79.
2. Bilek M, Siembida A, Gostkowski M i wsp. Variability of the minerals content as a factor limiting health properties of birch saps. *J Elem* 2017; 22(3):957-67.
3. Svanberg I, Söukand R, Łuczaj Ł i wsp. Uses of tree saps in northern and eastern parts of Europe. *Acta Soc Bot Pol* 2012; 81(4):343-57.
4. Papp N, Czégényi D, Hegedűs A i wsp. The uses of *Betula pendula* Roth among Hungarian Csángós and Székelys in Transylvania, Romania. *Acta Soc Bot Pol* 2014; 83(2):113-22.
5. Zyryanova OA, Terazawa M, Koike T i wsp. White birch trees as resource species of Russia: their distribution, ecophysiological features, multiple utilizations. *Eurasian J For Res* 2010; 13(1):25-40.
6. Söukand R, Pieroni A, Biró M i wsp. An ethnobotanical perspective on traditional fermented plant foods and beverages in Eastern Europe. *J Ethnopharmacol* 2015; 170:284-96.
7. Godyla S. Postawy konsumentów wobec soku z brzozy. *Think* 2015; 20:7-16.
8. Bilek M, Kuźniar P, Stawarczyk K i wsp. Zawartość manganu w sokach drzewnych z terenu Podkarpacia. *Post Fitoter* 2016; 17(4):255-61.
9. Bilek M, Pytko J, Sosnowski S. Badania trwałości soków drzewnych brzozonego. *Pol J Sust Develop* 2016; 20:7-14.
10. Bilek M, Sądej M, Rączy M i wsp. Turbidity changes of birch tree sap after addition of commonly available chemicals. *Biotech Food Sci* 2016; 80(2):83-90.
11. Bilek M, Victoris V, Ilko V. Shelf life extension and sensory evaluation of birch tree sap using chemical preservatives. *Potravinárstvo* 2016; 10(1):499-505.
12. Bilek M, Stawarczyk K, Kuźniar P i wsp. Evaluation of inorganic anions content in the tree saps. *J Elem* 2016; 21(4):1277-88.
13. Bilek M, Sadowska-Rociek A, Stawarczyk K i wsp. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne i pozostałości środków ochrony roślin w sokach brzozonego z terenu rolniczego. *Med Środ* 2017; 20(1):17-26.
14. Yoon SL, Jo JS, Kim TO. Utilization and tapping of the sap from Birches and Maples. *Mokchae Konghak* 1992; 20(4):15-20.
15. Bilek M, Szwerc W, Kuźniar P i wsp. Time-related variability of the mineral content in birch tree sap. *J Elem* 2017; 22(2):497-515.
16. Kūka M, Čakste I, Geršebeka E. Determination of bioactive compounds and mineral substances in Latvian birch and maple saps. *Proc Latvian Acad Sci, Section B* 2013; 4/5(685/686):437-41.
17. Viškelis P, Rubinskienė M. Beržų sulos cheminė sudėtis. *Sodininkystė Ir Daržininkystė* 2011; 30(1):75-81.
18. Kim J-H, Lee W-J, Cho Y-W i wsp. Storage-life and palatability extension of *Betula platyphylla* Sap using lactic acid bacteria fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2009; 38(6):787-94.
19. Bilek M, Kuźniar P, Cieślak E. Kadm w pitnym soku brzozonego z terenu rolniczego. *Med Środ – Env Med* 2016; 19(3):31-3.
20. Bilek M, Stawarczyk K, Gostkowski M i wsp. Zawartość kadmu w sokach wybranych gatunków drzew. *Pol J Sust Develop* 2016; 20:15-20.
21. Ociepa-Kubicka A, Ociepa E. Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi. *Inż Ochr Środ* 2012; 15(2):169-80.
22. Seńczuk W (red.). Toksykologia współczesna. Wyd Lek PZWL, Warszawa 2006.
23. Czczot A, Skrzycki M. Kadm – pierwiastek całkowicie zbędny dla organizmu. *Post Hig Med Dośw* 2010; 64:38-49.
24. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 488/2014 z dnia 12 maja 2014 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów kadmu w środkach spożywczych. *Dz U L* 2014; 138: 75-9.
25. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Dz U* 2015; 1989:1-32.
26. Cadmium in food Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA J* 2009; 980:1-139.

## Konflikt interesów

### Conflict of interest

Brak konfliktu interesów

None

otrzymano/received: 13.06.2017

zaakceptowano/accepted: 20.07.2017

Adres/address:  
\*dr n. farm. Maciej Bilek  
Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej  
Wydział Biologiczno-Rolniczy  
Uniwersytet Rzeszowski  
ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów  
tel.: +48 663-196-847  
e-mail: mbilek@ur.edu.pl