

AGNIESZKA NAWIRSKA, JAN OSZMIĄŃSKI

WIĄZANIE JONÓW METALI PRZEZ WYBRANE FRAKCJE SUBSTANCJI ZAWARTYCH W WYTŁOKACH Z OWOCÓW

Streszczenie

Celem pracy było określenie możliwości wiązania jonów wybranych metali (Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} i Zn^{2+}) z roztworów wodnych przez frakcje zawarte w wyciekach z owoców aronii, gruszek, jabłek i dzikiej róży. Zbadano, w jakim stopniu analizowane frakcje wycieków (polifenole, pektyny, hemicelulozy, celulozy i ligniny) wiążą jony poszczególnych metali ciężkich. W tym celu pozbawiono wycieki kolejnych frakcji, a następnie poddano te wycieki działaniu roztworów metali o stężeniach w zakresie od 4 do 10 g Me/m³. Stężenia jonów metali w roztworze wyjściowym oraz po 30 minutach kontaktu z wyciekami badano w temperaturze pokojowej przy pH w zakresie od 6,2 do 7,0. Następnie uzyskane wyniki przeliczano na 100 g frakcji.

Pektyny były frakcją wiążącą największe ilości jonów miedzi, kadmu i cynku, natomiast polifenole wiązały najwięcej jonów ołowiu, wykazując równocześnie odmienne właściwości w porównaniu z pozostałymi frakcjami. Polifenole zawarte w wyciekach z aronii wiązały wszystkie badane jony, natomiast uzyskane z pozostałych wycieków - jedynie jony ołowiu. Najgorzej wiążącą frakcją uzyskaną z wycieków były ligniny. Frakcja celulozy była najbardziej zróżnicowana, wiązała jony metali w różnym stopniu, w zależności od tego, z jakiego rodzaju wycieków była uzyskana.

Otrzymane wyniki mogą być przydatne w komponowaniu mieszanek z wycieków do usuwania jonów metali z roztworów wodnych.

Wprowadzenie

Włókno roślinne (błonnik) składa się z różnych frakcji, tj. pektyn, hemiceluloz, lignin, celulozy i innych [2]. Błonnik wchodzący w skład różnych surowców roślinnych ma zróżnicowaną strukturę chemiczną, aktywność fizjologiczną i wykazuje niejednakową zdolność wiązania mikroelementów [5, 14]. Sorpcyjny charakter włókna roślinnego zależy od jego budowy chemicznej i udziału poszczególnych elementów. Ze źródeł literaturowych wynika, że trwałość wiązań metal – błonnik jest zróżnicowana w zależności od metali i zależy od warunków prowadzonych doświadczeń oraz źródeł pochodzenia poszczególnych frakcji włókna roślinnego. Możliwość wiązania

metali przez wybrane składniki włókna roślinnego stwarza nadzieję na poprawę jakości zdrowotnej żywności [2]. Prowadzenie badań nad strukturą chemiczną, właściwościami i znaczeniem włókna roślinnego dla organizmu człowieka znajduje swoje uzasadnienie w, coraz silniej akcentowanej przez lekarzy i żywieniowców, roli tego składnika pokarmowego w etiopatogenezie tzw. chorób cywilizacyjnych [7]. Błonnik pokarmowy wykazuje silne właściwości sorpcyjne, może więc ograniczać wchłanianie z przewodu pokarmowego np. cholesterolu, kwasów żółciowych i tłuszczów oraz metali ciężkich [5].

Wiele prac poświęcono właściwościom sorpcyjnym włókna roślinnego oraz jego frakcji w warunkach symulujących środowisko panujące w przewodzie pokarmowym człowieka [2, 3, 4, 14, 15, 17]. W innych pracach zajęto się badaniem włókna roślinnego pochodzącego z różnych źródeł, np. z wyłoków z czarnej porzeczki i jabłek czy też wyłoków z jabłek i malin [1, 2].

Badania przeprowadzone przez Borycką [2] dotyczyły możliwości sorbowania metali przez preparaty błonnikowe pochodzące z wyłoków owocowych. Z analiz tych wynika, że najlepszą zdolność sorpcyjną metali toksycznych (Cd i Pb) przy pH = 6,0 wykazały preparaty z czarnej porzeczki. W środowisku symulującym soki żołądkowe (pH = 2,0), wszystkie badane preparaty sorbowały intensywnie jony ołowiu, natomiast jony miedzi były sorbowane w niewielkim stopniu [2]. Thompson [17] badając sorpcję miedzi, cynku i żelaza przez włókno roślinne, pochodzące z sześciu różnych źródeł (otręby pszenne, kukurydziane, ryżowe, sojowe, łuski owsiane i celuloza) wykazał, że większość sorbentów wiązała te jony przy pH = 6,8, natomiast uwalniała je przy pH = 0,65.

Poziomy sorpcji i desorpcji, w zależności od poszczególnych źródeł włókna roślinnego i metali, są zróżnicowane [17]. Surowcem zawierającym różne składniki włókna roślinnego są wyłoki z owoców, które ze względu na swój skład mogą być wykorzystane jako dodatek do żywności, w postaci różnego rodzaju preparatów [6].

Ze względu na swoją budowę, polifenole stanowią grupę związków mającą potencjalne możliwości wiązania metali ciężkich. Jednak badań dotyczących tego problemu jest niewiele i dotyczyły one ekstrakcji metali ciężkich przez kwercetynę w układach siarkowych [8, 9, 10].

W niniejszej pracy zajęto się zbadaniem, która z frakcji zawarta w wyłokach z owoców może wiązać jony metali i w jakim stopniu.

Materiał i metody badań

Materiałem stosowanym w badaniach były wyłoki z jabłek, gruszek, aronii i dzikiej róży. Wyłoki z jabłek i gruszek pochodziły z tłoczenia owoców z Zakładu Przetwórstwa Owoców w Prusicach, natomiast wyłoki z aronii i dzikiej róży otrzymywano z owoców tłoczonych w Katedrze Technologii Owoców i Warzyw Akademii Rolniczej

we Wrocławiu. Materiał do badań stanowiły wytlaki suszone w suszarce owiewowej, w temperaturze 50°C, przez 6 godzin. W badaniach użyto również wytlaków poddanych kolejnym modyfikacjom [12], tj. pozbawionych frakcji pektyn, hemicelulozy, celulozy i lignin.

Z wytlaków usuwano kolejne frakcje metodą Jaswala oraz Devera i wsp. [4], stosowaną przy oznaczaniu zawartości polisacharydów nieskrobiowych i lignin, zmodyfikowaną w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Akademii Rolniczej we Wrocławiu [16].

Usuwanie kolejnych frakcji przebiegało w następujący sposób: suche wytlaki poddawano działaniu 95% alkoholu etylowego, w celu usunięcia związków rozpuszczalnych w alkoholu, m. in. polifenoli. Po wysuszeniu wytlaki poddawano działaniu buforu fosforanu(V) sodu i potasu o pH = 6,9 przez 2 godz., a następnie działaniu α -amylazy w celu usunięcia skrobi. Pozostały, suchy materiał ekstrahowano 0,5% szczawianem amonu w temperaturze 90°C, przez 48 godz. Po ekstrakcji całość wirowano. Pozbawiony pektyn osad ekstrahowano kolejno 4% NaOH przez 24 godz., 10% NaOH przez 48 godzin oraz 17,5% NaOH przez kolejne 24 godz. w temperaturze pokojowej, w celu usunięcia hemicelulozy.

Osad zawierający celulozę i ligniny przemywano 95% alkoholem etylowym, acetonem i eterem. Następnie mieszano ze stężonym kwasem siarkowym, przetrzymywano w temperaturze 0÷4°C przez 48 godz. Następnie zawiesinę rozcieńczano wodą destylowaną do stężenia końcowego 10% H₂SO₄. Mieszaninę przetrzymywano przez 2 godz. w temperaturze 40°C. Po ochłodzeniu do 20°C neutralizowano 30% NaOH [11].

Wytlaki po usunięciu kolejnych frakcji poddawano działaniu roztworów metali.

Do badań sorpcji metali zastosowano następujące roztwory modelowe: Pb(NO₃)₂ o stężeniu 10 g Pb/m³, CuSO₄ o stężeniu 8 g Cu/m³, 3CdSO₄·8H₂O o stężeniu 4 g Cd/m³ oraz ZnSO₄·7H₂O o stężeniu 6 g Zn/m³ [11].

W celu zbadania zdolności wiązania jonów metali ciężkich przez wytlaki, do kolb stożkowych o pojemności 300 cm³ odważano 1 g wytlaków pozbawionych kolejnych frakcji i dodawano 100 cm³ odpowiednich roztworów modelowych. Po dokładnym wymieszaniu, całość przetrzymywano przez 30 min w temperaturze pokojowej. Ze wszystkich próbek pobierano następnie 7 cm³ roztworu do probówek wirówkowych i wirowano przez 10 min przy 6000 obr./min, w wirówce MPW 211 [11]. Analizy wykonano w trzech powtórzeniach.

Analizę zawartości jonów metali wykonano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej [13]. Badania metali prowadzono w aparacie AAS-30 (Carl-Zeis-Jena), przy następujących parametrach:

Metale Metals	Cynk Zinc	Miedź Copper	Kadm Cadmium	Ołów Lead
Długość fali [nm] Wavelength [nm]	213,9	324,8	228,8	283,4
Szczelina [mm] Interstice [mm]	0,21	0,19	0,15	0,17

Zdolność wytlóków do sorpcji kationów wyliczono ze wzoru:

$$A = V \frac{c_o - c_e}{m}$$

A – zdolność wytlóków do wiązania jonów, mg/g,

c_e – stężenie równowagowe metalu, mg/dm³,

c_o – stężenie początkowe metalu, mg/dm³,

V – objętość roztworu, dm³,

m – masa wytlóków, g.

Na podstawie różnic w wiązaniu jonów przez wytloki z daną frakcją i bez niej obliczano możliwość wiązania jonów metali przez kolejne frakcje zawarte w wytlókach.

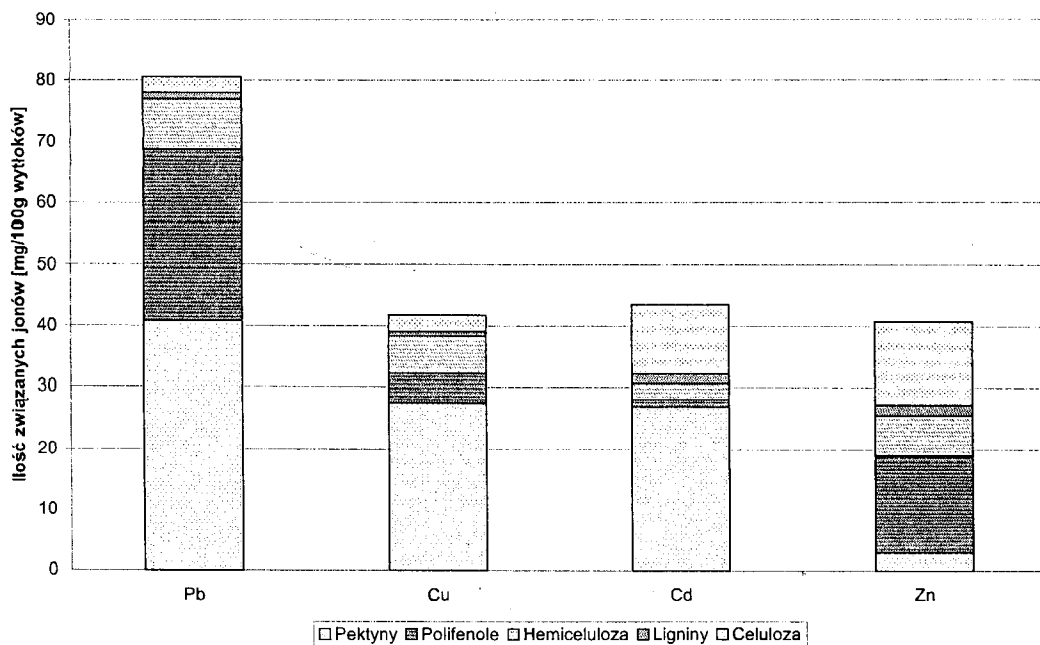
Wyniki badań i ich dyskusja

Wyniki badań wiązania jonów metali przez poszczególne frakcje zawarte w 100 g wytlóków z aronii, gruszek, jabłek i róży przedstawiono na rys. 1÷4. Obliczono również zdolność wiązania badanych metali przez 100 g poszczególnych frakcji wytlóków (rys. 5÷7).

Pośród frakcji zawartych w wytlókach z aronii (rys. 1), największe ilości ołowiu, kadmu i miedzi wiązały pektyny, a cynk był najlepiej usuwany przez polifenole. Dodatkowo polifenole zawarte w wytlókach z aronii wiązały wszystkie badane metale, co było cechą charakterystyczną tych wytlóków.

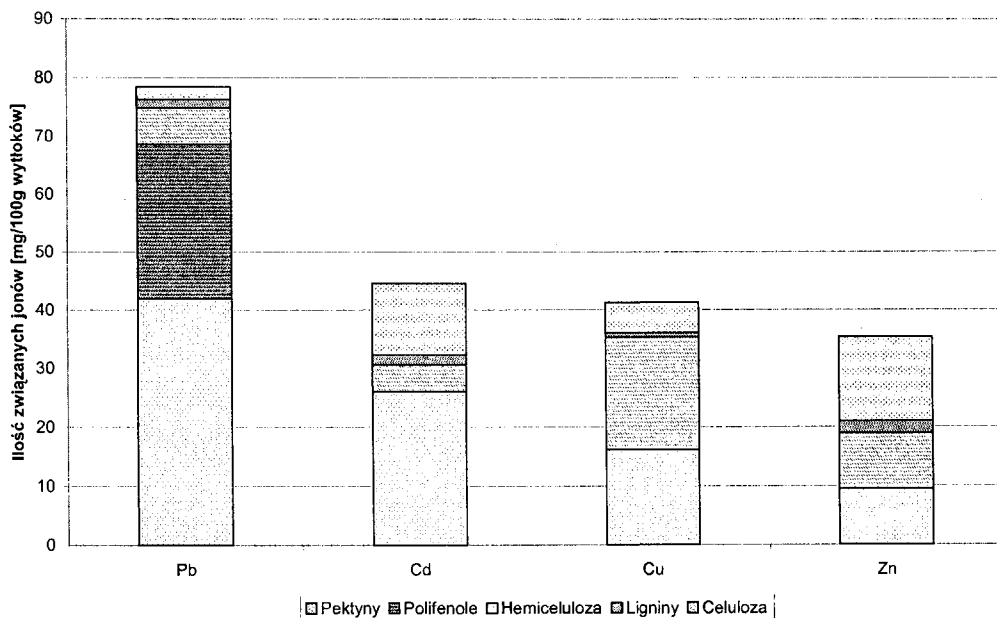
W wytlókach z gruszek (rys. 2), najbardziej aktywną frakcją były pektyny, szczególnie w stosunku do ołowiu (42 mg Pb/100 g) i kadmu (26 mg Cd/100 g), dużą zdolność usuwania miedzi (19 mg Cu/100g) miały hemicelulozy. Celuloza wykazała dużą zdolność do wiązania cynku (14 mg Zn/100 g) oraz kadmu (12 mg Cd/100 g). Najmniej skuteczna, podobnie jak w przypadku wytlóków z aronii, była frakcja lignin. Polifenole wiązały jedynie jony ołowiu w ilości 27 mg Pb/100 g.

Analogicznie, jak w przypadku wytlóków z aronii i gruszek, w wytlókach z jabłek (rys. 3) najskuteczniejszą frakcją były pektyny, które wiązały wszystkie badane metale w najwyższym stopniu. Znaczące ilości ołowiu (26 mg Pb/100 g) były usuwane przez polifenole. Pozostałe metale nie były wiązane przez tę frakcję. Małą skuteczność wykazały ligniny, jak również celulozy. Jedynie cynk był wiązany w ilości 12 mg Zn/100 g przez frakcję celuloz.



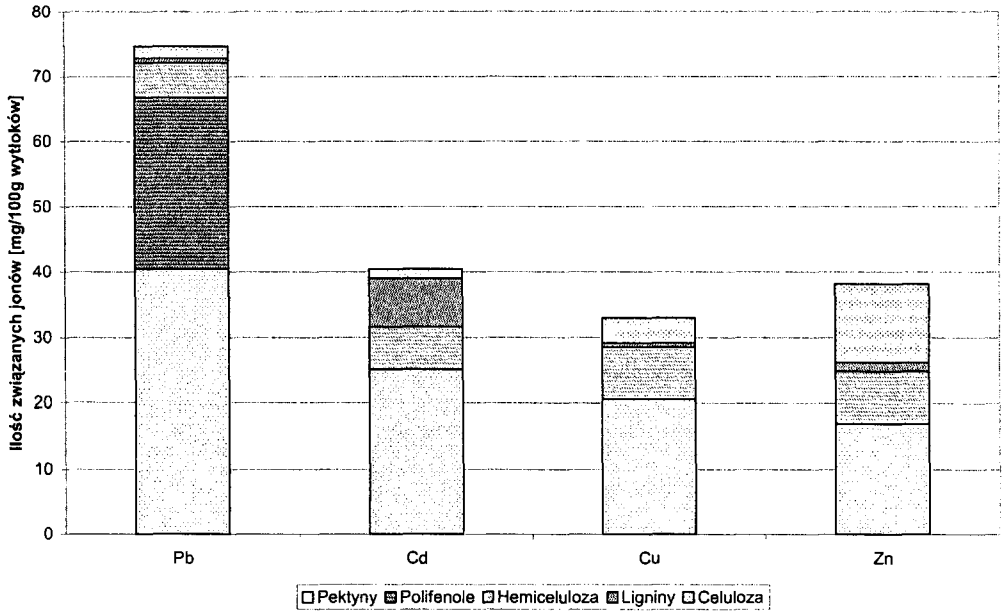
Rys. 1. Wiązanie jonów metali przez frakcje substancji zawartych w wyłokach z aronii.

Fig. 1. Efficiency of metal ions binding to chokeberry pomace components.

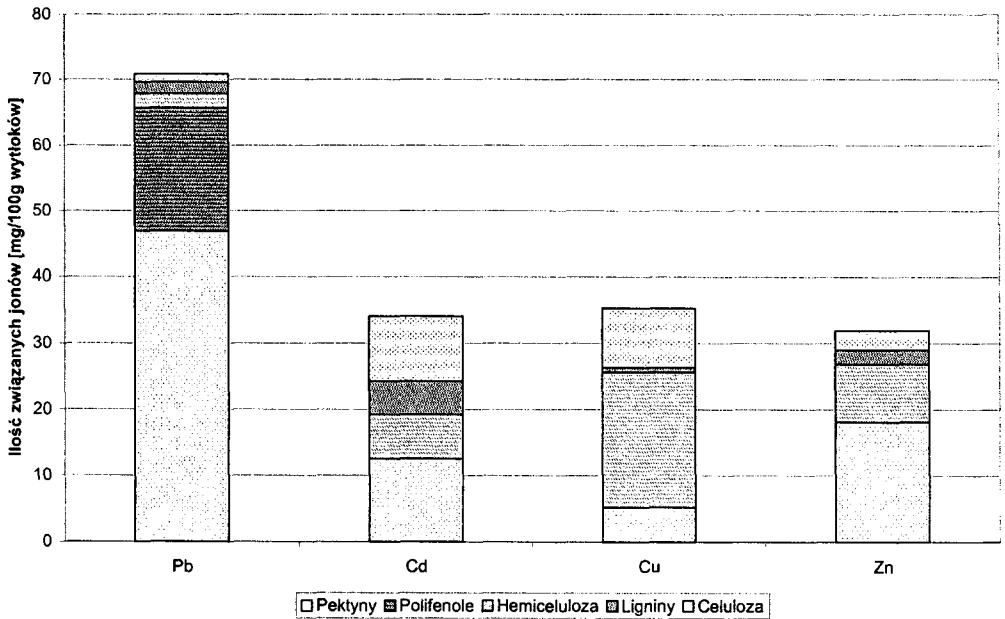


Rys. 2. Wiązanie jonów metali przez frakcje substancji zawartych w wyłokach z gruszek.

Fig. 2. Efficiency of metal ions binding to pear pomace components.



Rys. 3. Wiązanie jonów metali przez frakcje substancji zawartych w wytlókach z jabłek.
 Fig. 3. Efficiency of metal ions binding to apple pomace components.



Rys. 4. Wiązanie jonów metali przez frakcje substancji zawartych w wytlókach z owoców dzikiej róży.
 Fig. 4. Efficiency of metal ions binding to rosehip pomace components.

Fracje zawarte w wyciekach z owoców dzikiej róży różniły się skutecznością usuwania jonów metali w porównaniu z frakcjami zawartymi w pozostałych badanych wyciekach (rys. 4). Najskuteczniejsza była frakcja pektyn, która najlepiej zatrzymywała jony ołowiu (47 mg Pb/100 g), następnie cynku (18 mg Zn/100 g) oraz kadmu (12 mg Cd/100 g). Miedź łączyła się najlepiej z frakcją hemicelulozy w ilości 20 mg/100 g.

We wszystkich przebadanych wyciekach, frakcją najlepiej usuwającą metale były pektyny, natomiast najgorzej ligniny, które wiązały jony badanych metali w niewielkim stopniu. Polifenole zatrzymywały w znacznych ilościach jony ołowiu, natomiast polifenole występujące w wyciekach z gruszek, jabłek i róży nie wiązały wcale jonów cynku, miedzi i kadmu. Wyjątkiem były polifenole zawarte w wyciekach z aronii, które usuwały wymienione jony.

W celu pełniejszej oceny otrzymanych wyników obliczono procentowy udział każdej z frakcji w ilości zatrzymywanych jonów. Dane zastawiono w tab. 1.

Z analizy wyników przedstawionych w tab. 1. wynika, że frakcją zawartą w badanych wyciekach, decydującą w głównej mierze o usuwaniu jonów metali, była frakcja pektyn. Wyjątek stanowiły hemicelulozy zawarte w wyciekach z gruszek i róży, w stosunku do jonów miedzi oraz celulozy zawarte w wyciekach z gruszek, w stosunku do jonów cynku, jak również polifenole zawarte w wyciekach z aronii, również w stosunku do jonów cynku.

Następnie obliczono, jakie są możliwości wiązania jonów miedzi, kadmu, ołowiu i cynku przez 100 g badanych frakcji wycieków. W ten sposób uzyskano wyniki, które umożliwiły porównanie możliwości wiązania jonów metali przez poszczególne frakcje. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że największe możliwości wiązania jonów metali wykazywały polifenole w stosunku do jonów ołowiu – od 0,96 g Pb/100 g polifenoli w aronii do 24,22 g Pb/100 g polifenoli w gruszkach. Ilość wiązanych jonów ołowiu przez polifenole wszystkich badanych wycieków była największa spośród badanych frakcji i jonów metali. Polifenole zawarte w wyciekach z owoców gruszek, jabłek i dzikiej róży nie wiązały jonów miedzi, kadmu i cynku, natomiast polifenole z wycieków aronii wiązały kadm na poziomie 59 mg Cd/100 g, miedź – 170 mg Cu/100 g i cynk – 566 mg Zn/100 g.

Pektyny zawarte we wszystkich rodzajach wycieków wykazały wysoki i zróżnicowany poziom usuwania badanych jonów metali, od 1042 mg Pb/100 g przez pektyny zawarte w wyciekach z owoców dzikiej róży do 35 mg Zn/100 g przez pektyny z wycieków aronii.

Pektyny z wycieków aronii, gruszek i jabłek cechowały podobne właściwości, tj. taka sama kolejność wiązania metali: ołów > kadm > miedź > cynk. Jedynie pektyny zawarte w wyciekach z owoców dzikiej róży wykazywały inną kolejność w ilości wychwytywanych metali: ołów > cynk > kadm > miedź (rys. 5).

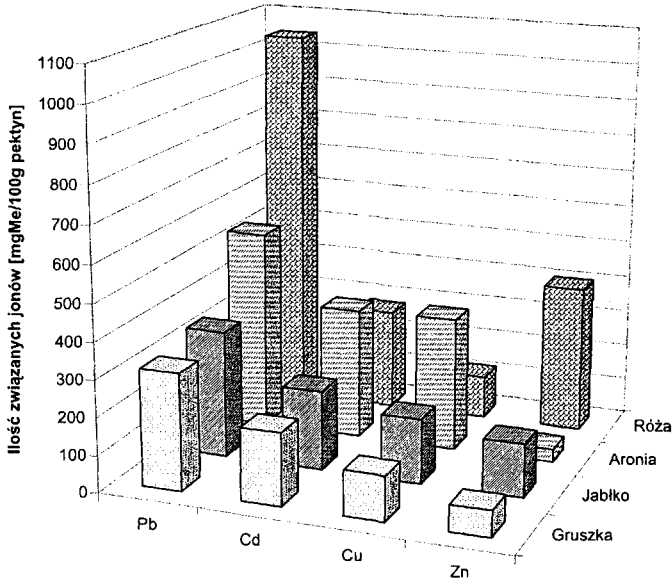
Tabela 1

Udział frakcji wyłoków w ilości wiązanych jonów metali, [%].

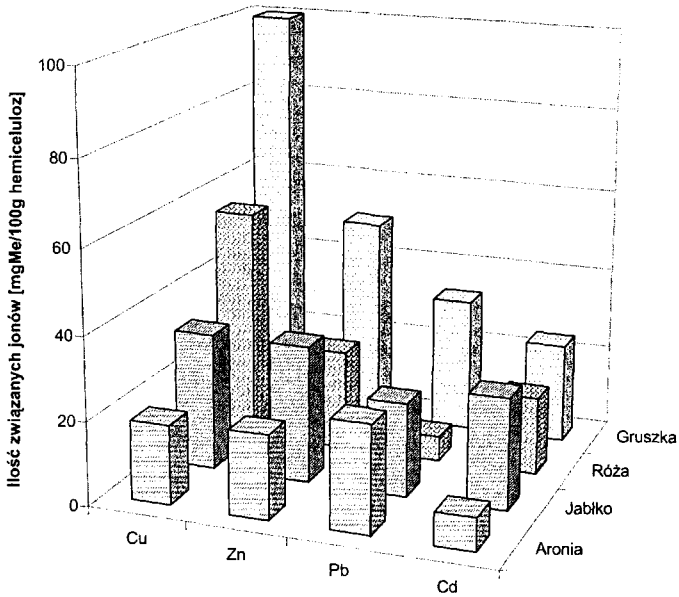
Contribution of individual fiber components to the total amount of bound metal ions, [%].

Metale Metals	Polifenole Polyphenols	Pektyny Pectin	Hemiceluloza Hemicellulose	Ligniny Lignin	Celuloza Cellulose
	Aronia / Chokeberry				
Cu	11,83	65,69	14,44	1,78	6,26
Cd	2,68	61,56	5,83	3,94	25,99
Pb	34,76	50,60	10,18	1,29	3,18
Zn	40,30	6,51	15,65	4,33	33,20
Gruszka / Pear					
Cu	0,00	39,09	46,61	1,77	12,53
Cd	0,00	58,35	10,21	4,02	27,42
Pb	33,97	53,52	7,87	1,94	2,70
Zn	0,00	26,74	26,77	6,08	40,41
Jabłko / Apple					
Cu	0,00	62,25	24,16	2,06	11,53
Cd	0,00	62,24	15,94	18,31	3,51
Pb	35,19	54,14	7,23	1,00	2,42
Zn	0,00	44,34	20,84	3,54	31,28
Róża / Rosehip					
Cu	0,00	14,90	57,78	2,01	25,31
Cd	0,00	36,70	19,72	14,93	28,65
Pb	26,53	66,23	3,05	2,50	1,69
Zn	0,00	56,83	27,35	6,70	9,12

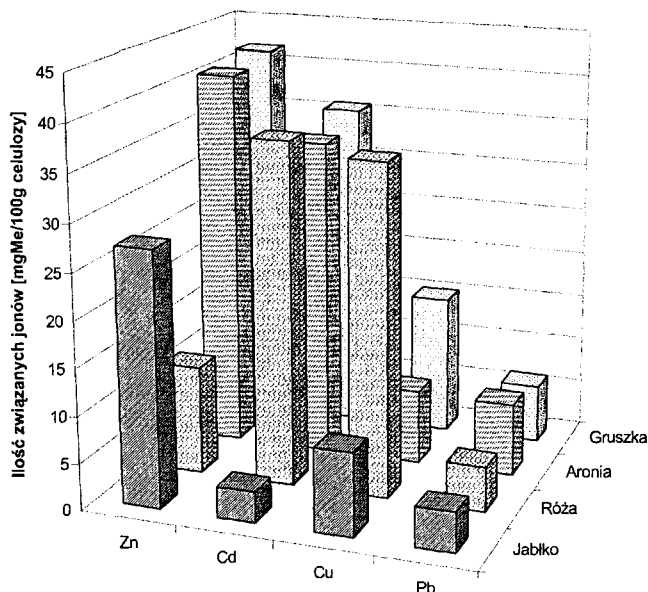
Hemicelulozy zawarte w badanych wyłokach wykazywały duże zróżnicowanie wiązania jonów metali, w zależności od pochodzenia. Hemicelulozy zawarte w wyłokach z gruszek usuwały najwięcej jonów miedzi – 102 mg Cu/100 g, cynku – 50 mg Zn/100 g, ołowiu – 33 mg Pb/100 g i kadmu – 24 mg Cd/100 g. Na równie wysokim poziomie wiązane były jony cynku od 20 mg Zn/100 g (aronia) do 50 mg Zn/100 g (gruszka). Pozostałe jony były wiązane na średnim poziomie, tj. jony ołowiu między 6 mg Pb/100 g hemicelulozy z róży, a 33 mg Pb/100 g hemicelulozy w wyłokach z gruszek, natomiast jony kadmu na poziomie od 8 mg Cd/100 g (aronia) do 27 mg Cd/100 g (jabłko) (rys. 6).



Rys. 5. Wiązanie jonów metali przez pektyny zawarte w wyciekach z owoców.
 Fig. 5. Efficiency of metal ions binding to pectin of fruit pomace.



Rys. 6. Wiązanie jonów metali przez hemicelulozy zawarte w wyciekach z owoców.
 Fig. 6. Efficiency of metal ions binding to hemicellulose of fruit pomace.



Rys. 7. Wiązanie jonów metali przez celulozy zawarte w wyciekach z owoców.
Fig. 7. Efficiency of metal ions binding to cellulose of fruit pomace.

Ligniny zawarte w badanych wyciekach wykazywały niewielką zdolność do wiązania badanych jonów metali. Wyjątek stanowiły ligniny z wycieków z jabłek w stosunku do kadmu, wiążąc go w ilości 36 mg Cd/100 g i ligniny z wycieków z róży, wiążąc również kadm w ilości 16 mg Cd/100 g. Pozostałe jony metali były wiązane w ilości od 2 mg Cu/100 g przez ligniny zawarte w wyciekach z gruszek do 8 mg Zn/100 g przez ligniny z wycieków aronii.

Celulozy, podobnie jak hemicelulozy, wykazywały duże zróżnicowanie w usuwaniu badanych jonów metali. Największa zdolność wiązania metali cechowała celulozy zawarte w wyciekach z gruszek: 42 mg Zn, 36 mg Cd, 15 mg Cu i 6 mg Pb/100 g frakcji celulozowej. Podobne wyniki uzyskano w odniesieniu do celuloz zawartych w wyciekach z dzikiej róży – 37 mg Cd/100 g, 35 mg Cu/100 g, 12 mg Zn/100 g oraz 5 mg Pb/100 g. Ogólnie wszystkie badane rodzaje celuloz najslabiej wiązały jony ołowiu w ilości od 4 mg Pb/100 g (wycieki z jabłek) do 8 mg Pb/100 g (wycieki z aronii). Najlepiej natomiast był usuwany cynk w ilości od 42 mg Zn/100g (celulozy z gruszek) do 12 mg Zn/100 g (celulozy z dzikiej róży) (rys. 7).

Podsumowanie

Reasumując można stwierdzić, że frakcja pektyn wszystkich badanych wycieków wiązała badane jony w wysokim stopniu. Kolejną frakcją wykazującą duże możliwości

wiązania jonów metali była frakcja hemiceluloz. Ligniny wiązały jony metali w niewielkim stopniu, jedynie ligniny zawarte w jabłkach i dzikiej róży wykazały większą możliwość wiązania jonów kadmu. Frakcja polifenoli ze wszystkich rodzajów wytlóków wiązała jony ołowiu w największym stopniu, natomiast inne jony wiązała tylko frakcja polifenoli pochodząca z wytlóków aronii. Frakcja celuloz była najbardziej zróżnicowana. Wiazała jony badanych metali w różnym stopniu, w zależności od tego, z którego rodzaju wytlóków była uzyskana.

Uogólniając, można ułożyć szereg, w jakim poszczególne frakcje badanych wytlóków wiązały metale:

- miedź – pektyny > hemiceluloza > celuloza > ligniny > polifenole,
- kadm – pektyny > polifenole aronii > ligniny jabłek > celuloza aronii, gruszek i róży > hemiceluloza gruszek, jabłek i róży > ligniny aronii, jabłek i róży > celuloza jabłek,
- ołów – polifenole > pektyny > hemiceluloza > celuloza > ligniny,
- cynk – pektyny > hemiceluloza gruszek > celuloza aronii i gruszek > hemiceluloza pozostałych wytlóków > celuloza jabłek i róży > ligniny.

W badaniach Castrline'a i Ku [3] nad wiązaniem cynku, szereg frakcji wiążących był nieco inny: ligniny > pektyny > celuloza. Może być to związane z innym pochodzeniem lignin, gdyż Carsterlin wykorzystał ligniny Indulin AT firmy Sigma, zaś w powyższych badaniach używane były ligniny zawarte w wytlókach owocowych.

W analogicznych badaniach Stachowiak [15] uzyskała wyniki podobne do otrzymanych w niniejszej pracy. W badaniach tych użyto pektyn otrzymanych z ZPOW w Jaśle, lignin otrzymanych z wiórków sosnowych metodą Tapi oraz celulozy CF firmy Whatman nr 1111. Analizy prowadzone były przy dwóch wartościach pH, tj. 2,2 oraz 6,8, odpowiadających odczynowi w żołądku i w jelicie człowieka. W niniejszej pracy pH było na poziomie 6,2÷7,0, w zależności od badanych wytlóków i frakcji.

Z uzyskanych przez Stachowiak wyników przy pH = 6,8 można ułożyć szereg wiązania cynku w następujący sposób: pektyny > celuloza > ligniny, który jest analogiczny do otrzymanego w tej pracy.

LITERATURA

- [1] Borycka B., Borycki J., Żuchowski J.: Błonnikowe sorbenty metali z wytlóków owocowych, *Przem. Spoż.*, **12**, 1996, 42.
- [2] Borycka B., Żuchowski J.: Bogatobłonnikowe sorbenty metali z wytlóków owocowych, *Przem. Ferm. i Owoc.-Warz.*, **3**, 1997, 26.
- [3] Casterline J.L., Yuoh Ku: Binding of Zinc to Apple Fiber, Wheat Bran and Fiber Components, *J. of Food Sci.*, **58**, 1993, 365.
- [4] Dever J.E., Bandurski R.S., Kiviliaan A.: Partial chemical characterization of corn root cell walls, *Plant Physiol.*, **43**, 1964, 50.

- [5] Gawęcki J., Stachowiak J.: Sorpcja Cu, Zn i Mn na preparatach błonnikowych ziemniaka otrzymanych w zróżnicowanych warunkach obróbki termicznej, *Przem. Spoż.*, 3, 1991, 71.
- [6] Górecka D., Anioła J.: Kierunki wykorzystania preparatów błonnikowych w przemyśle spożywczym, *Przem. Spoż.*, 9, 1999, 46.
- [7] Hasik J., Bartnikowska E.: Włókno roślinne w żywieniu człowieka. PZWL, Warszawa 1987,
- [8] Kalemekiewicz J.: Badanie ekstrakcji jonów chromu(III), manganu(II), żelaza(III), kobaltu(II) i niklu(II) z kwercytną w układach siarczanowych, *Materiały II Konferencji „Flawanoidy i ich zastosowanie”*, Rzeszów, 1998, 229.
- [9] Kopacz M.: Badania ekstrakcji jonów Zn, Cd, Cu i Ag z kwercytną w układach siarkowych, *Materiały I Konferencji „Flawanoidy i ich zastosowanie”*, Rzeszów, 1996, 195.
- [10] Kopacz M., Śliwska M., Nowak D., Kopacz S.: Sulfonowe pochodne kwercytny jako odtrutki na rtęć, kadm i ołów, *II Konferencja Flawanoidy i ich zastosowanie*, Rzeszów, 1998, 175.
- [11] Nawirska A.: Wiązanie jonów wybranych metali ciężkich przez wytloki z owoców aronii, gruszek, jabłek i róży w roztworach wodnych, *Praca doktorska, maszynopis*, 1999.
- [12] Nawirska A.: Składniki chemiczne wytloków z aronii, gruszek, jabłek i róży oraz ich zastosowanie do wiązania metali ciężkich, *Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu*, (w druku) 2001,
- [13] PN-92/C-04570.10; Woda i Ścieki. Badanie związków metali metodą adsorpcyjnej spektroskopii atomowej. Oznaczenie Zn, Cu, Pb i Cd bez wstępnego zagęszczania.
- [14] Platt S.R.; Clydesdale F.M.: Binding of iron by cellulose, lignin, sodium phytate and beta-glucan, alone and in combination, under simulated gastrointestinal pH conditions, *J. of Food Sci.*, 49, 1984, 531.
- [15] Stachowiak J.: Właściwości sorpcyjne błonnika pokarmowego i jego głównych frakcji, *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*, CCLVI, 9, 1993, 57.
- [16] Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G.: Oznaczenie polisacharydów nieskrobiowych w bulwach ziemniaka. *Mat. XXVIII Sesji Naukowej KTChiŻ "Postęp w Technologii i Chemii Żywności"*, 1997, 270.
- [17] Thomson S.A., Weber C.W.: Influence of pH on the binding of copper, zinc and iron in six fiber sources, *J. of Food Sci.*, 44, 1979, 752.

BINDING OF METAL IONS BY SELECTED FRACTIONS OF FRUIT POMACE

Summary

The objective of the study was to determine the capacity of chokeberry, pear, apple and rosehip pomace fractions to bind four heavy metal ions of choice (Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} and Zn^{2+}) for their removal from aqueous solutions. The pomace fractions under analysis were polyphenols, pectin, hemicellulose, cellulose and lignin. The pomace samples were subjected to sequential modifications by removing successive fractions and thereafter exposed to heavy metals in solutions which varied in concentration from 4 to 10 g Me/m^3 . Metal ion concentrations were measured in the starting solution and after 30 minutes of exposure at room temperature and pH from 6.2 to 7.0. The results obtained were calculated per 100 g of fraction. Of the fruit pomace fractions examined, pectin was found to bind the greatest amounts of copper, cadmium and zinc ions, whereas polyphenols showed the highest capacity for binding lead ions, and differed in properties from the remaining fractions. The polyphenols fraction of chokeberry pomace was capable of binding all of the investigated metal ions, but the polyphenols fractions of the other pomace types had the capacity to bind lead ions alone. The capacity of the cellulose fraction for heavy metal binding varied from one pomace type to another. The lignin fraction was found to be the least effective metal ion binder. The results of the study may be of utility in selecting the components of a pomace mixture for the removal of heavy metal ions from aqueous solutions. ☒