

BOŻENA BORYCKA

FRAKCJE WŁÓKNA POKARMOWEGO Z WYTŁOKÓW ARONIOWYCH W RELACJACH Z JONAMI Pb I Cd ORAZ Ca I Mg

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu składu frakcyjnego włókna pokarmowego wytłoków aroniowych oraz warunków środowiska (pH i temperatury) na zdolność wiązania wybranych metali: kadmu, ołowiu, wapnia i magnezu. Eksperyment przeprowadzono w warunkach symulujących: przewód pokarmowy człowieka, środowisko mleka i środowisko jogurtu.

Stwierdzono, w sposób statystycznie istotny, że błonnik aroniowy jest sorbentem Pb i Cd. Charakteryzuje się przy tym zróżnicowaną zdolnością sorpcji jonów tych metali w zależności od pH środowiska. Wykazano, że sorpcja ołowiu w środowisku kwaśnym zależy istotnie wprost proporcjonalnie od składu frakcyjnego włókna. W przypadku desorpcji magnezu z włókna aroniowego nie stwierdzono istotnego wpływu rodzaju preparatu oraz warunków procesu na jej poziom, natomiast poziom desorpcji jonów wapnia w wytłokach zależał od warunków środowiska.

Słowa kluczowe: wytłoki aroniowe, włókno pokarmowe, mikroelementy, makroelementy, sorpcja metali, desorpcja metali

Wprowadzenie

Funkcjonalny charakter żywności wiąże się m.in. z obecnością w niej błonnika pokarmowego, którym są węglowodany nieulegające trawieniu w jelicie cienkim i stanowiące pożywkę dla mikroflory bakteryjnej w jelicie grubym [20].

Zaletą włókna pokarmowego jest równocześnie zdolność wiązania metali ciężkich. Zależy ona od źródła pochodzenia włókna oraz jego składu frakcyjnego. Bogatym źródłem błonnika pokarmowego są m.in. wytłoki aroniowe. Funkcjonalność materiałów roślinnych, w tym wytłoków aroniowych, zależy od zawartości w nich frakcji błonnika pokarmowego. Od obecności grup karboksylowych pochodzących z hemice-luloz i pektyn oraz grup fenolowych zawartych w ligninie zależy m.in. zdolność wiązania kationów metali [6, 16, 17]. Rozpatrując zjawisko wiązania jonów metali przez

błonnik pokarmowy należy podkreślić, że jego właściwości sorpcyjne są funkcją wielu czynników, a w szczególności m.in. warunków eksperymentu (pH i temperatura) oraz rodzaju adsorbowanego jonu [2, 4].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu składu frakcyjnego włókna pokarmowego wyłoków aroniowych oraz warunków środowiska (pH i temperatury) na zdolność wiązania wybranych metali: kadmu, ołowiu, wapnia i magnezu w warunkach symulujących: przewód pokarmowy człowieka, środowisko mleka i środowisko jogurtu.

Material i metody badań

W badaniach użyto przemielonych i przesianych przez sito o średnicy oczek 2 mm wyłoków aroniowych, pochodzących z prób przemysłowych z ZPOW „Agriko” w Łęczycy.

Do sporządzenia adsorbatów stosowano roztwory standardowe firmy Merck. Przygotowano adsorbaty zawierające: Cd – 0,1 mg/dm³, Pb – 0,5 mg/dm³, Ca – 1200 mg/dm³, Mg – 165 mg/dm³. Pominięto wartość stężenia Cd i Pb pochodzącego z roztworów buforowych ze względu na oznaczone w nich śladowe ilości (w buforach 14 ÷ 20 µg/kg).

Przesłanką do analizy oddziaływania wyłokowych preparatów aroniowych wobec: Cd²⁺, Pb²⁺, Ca²⁺ i Mg²⁺ był przyjęty model doświadczenia, w którym symulowano środowisko żołądka oraz wzbogacanie tymi preparatami produktów mleczarskich na przykładzie jogurtów. Wartość pH środowiska przyjęto na podstawie danych Harpera i wsp. [9] (żołądek: pH = 1,0 ÷ 2,5) oraz Świderskiego [21] (mleko: pH ~ 6,6; jogurt: pH ~ 4,5). Próby preparatów błonnikowych nasączano, stosując 10 ml buforowanego adsorbentu na 1 g preparatu. Nasączenie próbek aroniowych prowadzono w temp. 37 °C przy pH = 2,0; w 20 °C przy pH = 4,0 oraz w 20 °C przy pH = 6,0. Próbkę wirowano po upływie 1 h, przez 15 min z prędkością 4000 obr./min. Sorbent przemywano wodą redestylowaną, powtarzając trzykrotnie procedurę wytrząsania i odwirowywania próbki, po czym suszono go w temp. 55 °C do stałej masy. Każde doświadczenie powtarzano sześciokrotnie.

W celu określenia przydatności preparatów wyłokowych do celów żywnościowych, w tym sorpcji metali, określano ich skład chemiczny. Badania prowadzono na 6 próbach.

Fracje włókna pokarmowego (WP) oznaczano metodą van Soesta [22]. Metoda ta polega na selektywnym wyodrębnianiu w określonych warunkach różnych frakcji poprzez oddzielenie ich od innych składników, przy wykorzystaniu związków powierzchniowo-czynnych. W celu usunięcia skrobi zastosowano modyfikację McQuena i Nicholsona [15].

Fracje włókna pokarmowego oznaczano następującymi metodami:

- kwaśne detergentowe włókno (ADF) (celuloza, lignina) metodą van Soesta [22],
- frakcja ligninowa kwaśnego włókna (ADL) zgodnie z metodyką AOAC wg procedury nr 973,18,C [19],
- frakcję celulozową obliczano jako różnicę pomiędzy zawartością kwaśnego błonnika detergentowego a zawartością ligniny,
- neutralne detergentowe włókno (NDF) (celuloza, hemiceluloza, lignina) metodą van Soesta [22],
- zawartość hemicelulozy obliczano jako różnicę pomiędzy zawartością neutralnego błonnika detergentowego a zawartością kwaśnego błonnika detergentowego.

Fracje włókna pokarmowego oznaczano w Katedrze Technologii i Żywności Człowieka Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Fracje pektynowe ogółem wydzielano na gorąco za pomocą 0,5 M HCl zgodnie z procedurą Kinga [11], natomiast frakcję rozpuszczalną w wodzie izolowano metodą ekstrakcji Kawabaty [10]. Do określenia zawartości kwasów uronowych w ekstraktach stosowano spektrofotometryczną metodę boranową Bittera [12]. Zdolność wymiany kationów sodu (CEC) określano metodą McConnella [14].

Charakterystykę mineralną prób błonnikowych oraz określenie poziomu sorpcji i desorpcji wybranych metali wykonywano przy użyciu atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej ASA, w Katedrze Chemii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Do oznaczeń Mg i Ca używano palnika jednoszczelinowego o długości szczeliny 10 cm. Do oznaczania zawartości Pb i Cd stosowano bezpłomieniową AAS z zastosowaniem kuwety grafitowej [13]. Wielkość sorpcji wyliczano z procentowego stosunku zawartości pierwiastka związanego z kompozycją błonnikową do ogólnej ilości tego pierwiastka wprowadzonego do układu.

Poziom desorpcji wyliczano z procentowego stosunku wielkości ubytku pierwiastka zawartego w kompozycji do wyjściowego stężenia metalu w próbce.

Celem udzielenia odpowiedzi na pytanie, czy warunki prowadzenia procesu (pH i temperatura) wpływają na poziom sorpcji i desorpcji wybranych jonów metali w wyciekach aroniowych zastosowano metodę jednoczynnikowej analizy wariancji. Odpowiednią hipotezę zerową weryfikowano testem F Fishera-Snedecora, przy poziomie istotności $p = 0,05$.

Metodą analizy korelacji prostoliniowej testowano wpływ składu frakcyjnego błonnika i jego jonowymienności na poziom sorpcji i desorpcji wybranych metali w produktach aroniowych, a także wpływ składu frakcyjnego błonnika aroniowego na kształtowanie się jego zdolności do wymiany kationów sodu (CEC) [7]. Analiza korelacji obejmowała wyznaczenie macierzy wartości współczynnika korelacji prostoliniowej oraz weryfikację hipotezy o istotności tych wartości testem t-Studenta ($p = 0,05$). Obliczenia wykonano za pomocą procedury Anova komputerowego pakietu Statistica.

Wyniki i dyskusja

Stwierdzono, że wytloki aroniowe zawierały około 50 % włókna pokarmowego (WP = NDF + pektyny) oraz ok. 11 % pektyn aktywnych w wymianie jonowej (tab. 1). Z badań Boryckiej i Góreckiej [3] wynika, że wytloki z czarnych porzeczek zawierają wprawdzie o około 10 % większą zawartość NDF, ale o ponad 50 % mniejsze udziały frakcji pektynowych.

Tabela 1

Skład frakcyjny aroniowego włókna pokarmowego oraz CEC w s.m.
Fractional composition of dietary fibre in aronia and on CEC in dry matter.

Parametr / Parameter	Próbka / Sample
$\bar{x} \pm S_x$ [%]	
Neutralne włókno pokarmowe NDF / Neutral dietary fibre NDF	37,28 ± 0,40
Celuloza / Cellulose	17,73 ± 0,32
Hemicelulozy / Hemicelluloses	8,57 ± 0,52
Lignina / Lignin	11,03 ± 0,37
Pektyny ogółem / Total pectins	11,3 ± 0,13
Pektyny rozpuszczalne w H ₂ O / H ₂ O-soluble pectins	1,03 ± 0,014
CEC [mEq/1 g]	0,149 ± 0,003

CEC – zdolność do wymiany jonów sodu / Na-ion exchange capacity

Stwierdzono, że próby wytlóków aroniowych sorbowały jony ołowiu (SPb), a ich średni poziom był zróżnicowany w zależności od warunków prowadzenia procesu (tab. 2). Z wcześniejszych badań podatności odpadów z owoców jagodowych na wiązanie jonów metali wynika, że wysoką sorpcją ołowiu (średnio SPb: ok. 85 %) charakteryzują się np. preparaty wytlokowe z czarnych porzeczek, bez względu na warunki prowadzonego eksperymentu [2].

Wytłoki aroniowe cechowała stosunkowo mała i zróżnicowana sorpcja jonów kadmu (SCd), głównie w zależności od warunków przeprowadzania tego procesu. Podobnie niewielkie poziomy sorpcji kadmu, nie przekraczające 8 % uzyskiwała autorka [5] w próbach wytlókowych pochodzących z surowców z innego sezonu. Porównując dane SCd z tab. 2. z wynikami badań sorpcji Cd²⁺ przez wytloki z czarnych porzeczek [4] należy zauważyć, że były one znacząco niższe. Poziom SCd w wytlókach aroniowych wynosił ok. 2 %, natomiast w próbach z czarnych porzeczek średnio około 36 %.

T a b e l a 2

Wiązanie jonów Pb i Cd oraz Ca i Mg przez wyciekowe włókno aroniowe, w zależności od pH i temperatury.
Binding of Pb and Cd, and Ca and Mg ions by dietary fibre in aronia pomace depending on pH and temperature.

Poziom metalu Metal level	Pb	Cd	Mg	Ca
	$\bar{x} \pm S_x$ [mg/kg]			
Przed eksperymentem Prior to the experiment	0,28 ± 0,34	0,19 ± 0,01	924,80 ± 11,64	2803,00 ± 4,58
	Proces / Process			
Warunki eksperymentu (pH/temp.) Experimental conditions (pH/temp.)	Sorpcja Pb Pb sorption	Sorpcja Cd Cd sorption	Desorpcja Mg Mg desorption	Desorpcja Ca Ca desorption
	$\bar{x} \pm S_x$ [%]			
2/37 °C	27,11 ± 4,700	2,84 ± 0,207	97,86 ± 0,700	27,06 ± 3,073
4/20 °C	78,97 ± 6,527	1,40 ± 0,278	97,97 ± 0,235	27,93 ± 4,240
6/20 °C	80,31 ± 9,147	1,57 ± 0,194	96,69 ± 0,196	5,84 ± 1,172
Wyniki analizy wariancji – wartości F Results of analysis of variance – F values	167,463*	106,866*	2,168	146,704*

Symbol * oznacza, że wartość testu F pozwala na odrzucenie hipotezy zerowej (przy poziomie $p = 0,05$) / Symbol * indicates that F- test value allows to reject the null hypothesis (at a level of $p = 0.05$).

Badania nad zdolnością uwalniania kationów Mg^{2+} (DMg) z włókna aroniowego dowiodły wysokiej desorpcji jonów Mg (średni poziom DMg > 95 %) (tab. 2). Stwierdzono ponadto zbliżony poziom desorpcji jonów magnezu, niezależnie od pH i temperatury. Podobne wyniki DMg uzyskano w przypadku włókna pokarmowego z wycieków z czarnych porzeczek i ich równowagowej kompozycji z wyciekami jabłkowymi [4]. Wycieki z czarnych porzeczek, także niezależnie od warunków prowadzonego procesu, charakteryzowały się stosunkowo wysoką desorpcją jonów magnezu. Kompozycje porzeczkowo-jabłkowe desorbowały więcej magnezu (DMg: 78 ÷ 92 %) niż wyciekowe preparaty z czarnej porzeczek (DMg: 55 ÷ 80 %) [4].

W wyciekach aroniowych zaobserwowano także desorpcję jonów wapnia (DCa) (tab. 2), przy czym jej średni poziom był zróżnicowany w zależności od warunków prowadzenia procesu. Najmniejszą desorpcję (DCa) z wycieków aroniowych stwierdzono w środowisku o pH = 6,0 (<6 %), a największą (ok. 27 %) w środowisku mocno kwaśnym.

Wpływ warunków procesu – pH i temperatury – na sorpcję i desorpcję badanych metali w wyciekach aroniowych potwierdzono w sposób statystycznie istotny. Wartość F w przypadku sorpcji ołowiu w wyciekach aroniowych wskazuje, że wydajność zależała od warunków prowadzenia procesu. Wartości średniej arytmetycznej SPb (tab. 2) pozwalają na stwierdzenie, że wydajność tego procesu zmniejszyła się istotnie przy obniżeniu pH środowiska do 2.

W przypadku sorpcji kadmu obliczone wartości F dowodzą, że SCd zależy od warunków prowadzenia procesu. Wartości średniej arytmetycznej SCd (tab. 2) wskazują ponadto, że w wyciekach aroniowych poziom sorpcji kadmu zmniejszył się istotnie wraz ze wzrostem pH z 2 do 4.

Poziom desorpcji jonów magnezu w wyciekach aroniowych (wartość F , tab. 2) był niezależny od warunków doświadczenia tj. pH i temperatury.

Z kolei poziom desorpcji wapnia w badanych wyciekach zależał od warunków prowadzenia procesu, a istotne zmniejszenie wydajności DCa występowało tylko przy wzroście pH z 4 do 6.

W niniejszej pracy oszacowano też korelacje pomiędzy składem frakcyjnym wyciekowych preparatów aroniowych a wydajnością procesów wiązania jonów Pb^{2+} i Cd^{2+} oraz Ca^{2+} i Mg^{2+} . W wyniku tej analizy wykazano, że SPb wycieków aroniowych w środowisku kwaśnym zależała istotnie wprost proporcjonalnie od zawartości celulozy, a odwrotnie proporcjonalnie od zawartości ligniny i hemiceluloz (tab. 3). W łagodniejszych warunkach środowiska (pH równe 4 i 6) wydajność procesu sorpcji jonów ołowiu w wyciekach aroniowych zależała istotnie i wprost proporcjonalnie od zawartości NDF oraz hemiceluloz i odwrotnie proporcjonalnie od zawartości ligniny. Źródła literaturowe [6, 8] podają wiele czynników determinujących zdolność wiązania pierwiastków, w tym obecność grup karboksylowych oraz grup fenolowych zawartych we frakcjach błonnikowych, ale ich wzajemne oddziaływanie, szczególnie przy bardzo niskim poziomie wyjściowym metali, jaki ma miejsce w niniejszej pracy, jest trudne do interpretacji.

Inną zależność zdolności wiązania Pb^{2+} przez frakcje w wyciekach z aronii, jabłek, gruszek i róży stwierdzili Nawirska i wsp. [16, 18]. Ustalili oni następujący szereg aktywności SPb w środowisku wodnym dla wyizolowanych składników włókna: polifenole > pektyny > hemicelulozy > celuloza > ligniny. Można wnioskować zatem, że mechanizm wiązania jest zależny od ilościowego i jakościowego składu włókna pokarmowego, pH środowiska oraz od stężenia Pb . Stężenie Pb ($0,5 \text{ mg/dm}^3$) w wybranym dla potrzeb tej pracy modelowym roztworze symulującym przetwory mleczne było 20-krotnie mniejsze od zastosowanego roztworu wodnego Pb^{2+} w doświadczeniach Nawirskiej i Oszmiańskiego [16]. Trzeba też podkreślić, że skład wyciekowego błonnika pokarmowego aronii jest niestabilny i trudno jest jednoznacznie określić mechanizm procesu sorpcji oraz wpływ zawartości poszczególnych frakcji na związanie

Pb²⁺ uzyskane w tej pracy, co potwierdzają też wyniki doświadczenia Nawirskiej [18] oraz Anioły i Góreckiej [1].

Tabela 3

Wiązanie jonów Pb i Cd oraz Ca i Mg przez wytloki aroniowe w zależności od składu frakcyjnego włókna pokarmowego – współczynniki korelacji.

Binding of Pb and Cd, and Ca and Mg ions by aronia pomace depending on fractional composition of dietary fibre – correlation coefficients.

Właściwość Characteristic	SPb			SCd		
	pH = 2; 37 °C	pH = 4; 20 °C	pH = 6; 20 °C	pH = 2; 37 °C	pH = 4; 20 °C	pH = 6; 20 °C
NDF	-0,03	-0,20	-0,54	0,40	0,02	-0,34
Lignina Lignin	-0,71*	-0,76*	-0,14	-0,37	-0,24	0,24
Celuloza Cellulose	0,85*	0,73*	-0,26	0,60*	0,44	-0,32
Hemiceluloza Hemicellulose	-0,75*	-0,59*	0,25	-0,35	-0,49	0,07
Pektyny ogółem Total pectins	-0,60*	-0,47	0,23	0,12	-0,21	-0,16
Pektyny rozpuszczalne Soluble pectins	-0,96*	-0,98*	-0,10	-0,52	-0,66*	0,24
CEC	0,34	0,05	-0,71*	0,07	0,35	-0,02
Właściwość Characteristic	DMg			DCa		
	pH = 2; 37 °C	pH = 4; 20 °C	pH = 6; 20 °C	pH = 2; 37 °C	pH = 4; 20 °C	pH = 6; 20 °C
NDF	0,53	0,05	0,07	-0,54	0,02	-0,32
Lignina Lignin	0,49	-0,46	-0,04	0,00	0,72*	-0,53
Celuloza Cellulose	-0,20	0,67*	0,16	-0,39	-0,81*	0,45
Hemiceluloza Hemicellulose	0,18	-0,64*	-0,19	0,32	0,67*	-0,42
Pektyny ogółem Total pectins	0,00	-0,53	-0,25	0,30	0,56	-0,34
Pektyny rozpuszczalne Soluble pectins	0,58	-0,53	0,04	0,06	0,98*	-0,82*
CEC	0,57	0,30	0,10	-0,76	-0,30	-0,15

Symbol * oznacza statystycznie istotną wartość współczynnika korelacji / Symbol * indicates a statistically significant value of correlation coefficient.

Wyniki analizy korelacji pomiędzy składem frakcyjnym włókna aroniowego a wydajnością procesu sorpcji jonów kadmu dowodzą, że sorpcja tego pierwiastka w środowisku o pH = 4 zależy istotnie i wprost proporcjonalnie od zawartości ligniny. Wyniki te korespondują z rezultatami Nawirskiej i Oszmiańskiego [16]. Określili oni następujący szereg aktywności SCd dla składników wyłoków z aronii, jabłek, gruszek i róży: pektyny > polifenole aronii > ligniny jabłek > celuloza aronii, gruszek i róży > hemicelulozy gruszek, jabłek i róży > ligniny aronii i róży > celuloza jabłek. Jednak modelowe warunki ich doświadczenia znacznie odbiegały od omawianych w niniejszej pracy, bowiem stężenie Cd ($0,1 \text{ mg/dm}^3$) i pH w modelowym roztworze symulującym przetwory mleczne w obecności jonów Pb, Ca i Mg, było 100-krotnie mniejsze od badanego przez Nawirską i Oszmiańskiego [16] roztworu wodnego Cd.

Wydajność procesu desorpcji jonów magnezu w wyłokach aroniowych, prowadzonego jedynie w środowisku o pH = 4, zależała istotnie (wprost proporcjonalnie) od zawartości celulozy i od zawartości hemiceluloz (odwrotnie proporcjonalnie), co może oznaczać, że magnez jest silniej związany przez frakcję hemicelulozową (tab. 3).

Analiza zależności procesu desorpcji jonów wapnia od składu frakcyjnego aroniowego włókna pokarmowego i zdolności wiązania kationów sodu pozwala na stwierdzenie, że wydajność DCa, podobnie jak w przypadku desorpcji magnezu, tylko w środowisku o pH = 4 zależy istotnie (wprost proporcjonalnie) od zawartości ligniny. Ponadto zależy ona istotnie (wprost proporcjonalnie) od zawartości hemiceluloz i (odwrotnie proporcjonalnie) od zawartości celulozy.

Wnioski

1. Błonnik aroniowy jest sorbentem ołowiu i kadmu, charakteryzuje się przy tym zróżnicowaną w warunkach pH zdolnością sorpcji kationów tych metali. Poziom sorpcji Pb^{2+} w wyłokach zależy od warunków prowadzenia procesu i obniża się istotnie przy zmniejszeniu pH środowiska do 2.
2. Poziom sorpcji ołowiu w wyłokach aroniowych w środowisku kwaśnym zależy istotnie wprost proporcjonalnie od zawartości celulozy, a odwrotnie proporcjonalnie od zawartości ligniny i hemiceluloz.
3. Poziom sorpcji kadmu we włóknie aroniowym zależy od warunków prowadzenia procesu, sorpcja tego pierwiastka w środowisku o pH = 4 zależy istotnie i wprost proporcjonalnie od zawartości ligniny.
4. Jedynie w przypadku desorpcji magnezu badanej z włókna aroniowego nie stwierdzono istotnego wpływu warunków procesu na jej poziom.
5. Poziom desorpcji jonów wapnia w wyłokach zależy od warunków prowadzenia procesu, przy czym zaobserwowano istotny spadek desorpcji tylko przy wzroście pH z 4 do 6, a tylko w pH = 4 zależy on istotnie (wprost proporcjonalnie) od za-

wartości ligniny oraz istotnie od zawartości hemiceluloz (wprost proporcjonalnie) i od zawartości celulozy (odwrotnie proporcjonalnie).

Literatura

- [1] Anioła J., Górecka D.: Charakterystyka zawartości i składu włókna pokarmowego nowych preparatów wysokobłonnikowych. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2004, **37**, 4, Supl., 145-148.
- [2] Borycka B.: Relationships between calcium and lead on pomace dietary fibre. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2000, **1**, 23-28.
- [3] Borycka B., Górecka D.: Charakterystyka nowych wysokobłonnikowych preparatów wyłokowych. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.* 2001, **2**, 30-33.
- [4] Borycka B., Borycki J.: Wiązanie kadmu w obecności magnezu przez wybrane preparaty wyłokowe. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość*, 2002, **3**, 77-87.
- [5] Borycka B., Stachowiak J.: Relations between cadmium and magnesium and aronia fractional dietary fibre. *Food Chem.*, 2008, **107**, 1, 44-48.
- [6] Cadwel E.F., Nelsen T.C.: Developments of an analytical, reference standard for total insoluble and soluble dietary fibre. *J. Food Sci.*, 1999, **44**, 5, 360-362.
- [7] Dobosz M.: Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań (Computer assisted statistical analysis of research results). *Akad. Oficyna Wyd. EXIT*, Warszawa 2001.
- [8] Dreher M.L.: Dietary fiber ingredients and food uses. In: *Handbook of dietary fiber*. Marcel Dekker. Inc, New York 1987.
- [9] Harper H.A., Rodwell V.W., Mayes P.A.: *Zarys chemii fizjologicznej*. PZWL, Warszawa 1983.
- [10] Kawabata A.: *Studies an chemical and physical properties of peptic substances from fruits*. Tokyo University of Agriculture, 1997, pp. 119-126.
- [11] King K.: Method of rapid extraction of pectic substances from plant materials. *Food Chem.*, 1987, **26**, 109-118.
- [12] Kłyszajko-Stefanowicz L.: *Ćwiczenia z biochemii*. PWN, Warszawa 1972.
- [13] Kułas-Krełowska M.: *Badania jakości produktów spożywczych*. PWE, Warszawa 1993.
- [14] McConnel A.A., Eastwood M.A., Mitchell W.D.: Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function. *J. Sci. Food Agric.* 1974, **25**, 1457-1463.
- [15] McQueen R.E., Nicholson J.W.G.: Modification of the neutral-detergent fiber procedure for cereals and vegetables by using amylase. *J. AOAC*, 1979, **62**, 3, 676-680.
- [16] Nawirska A., Oszmiański J.: Binding of metals ions by selected fractions of fruit pomace. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, **4** (29), 66-77.
- [17] Nawirska A., Kwaśniewska M.: Frakcje błonnika w wyłokach z owoców. *Acta Sci., Pol., Technol. Aliment.*, 2004, **3** (1), 13-20.
- [18] Nawirska A.: Binding of heavy metals to pomace fibers. *Food Chem.*, 2005, **90**, 395-400.
- [19] *Official Method of Analysis of the AOAC* (ed. Kenetch Helrich): Association of Official Analytical Chemists, INC., Arlington, Virginia 1990.
- [20] Schneeman B.O.: Dietary fiber: physical and chemical properties, method of analysis, and physiological effects. *Food Technol.*, 1986, **2**, 104-110.
- [21] Świdorski F.: *Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii*, SGGW, Warszawa, 2010.
- [22] Van Soest P.J.: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. *J. AOAC*, 1963 **13**, 5: 825-835.

**FRACTIONS OF DIETARY FIBRE FROM ARONIA POMACE IN RELATION TO
Pb, Cd, AND Mg IONS**

S u m m a r y

The objective of the research performed was to determine the effect of the fractional composition of dietary fibre in aronia pomace, as well as of the process conditions (pH and temperature) on the binding capability of selected metals: cadmium, lead, calcium, and magnesium. The experiment was conducted under the simulation conditions of: human gastrointestinal tract, milk environment, and yoghurt environment.

It was statistically significantly confirmed that the aronia fibre was a Pb and Cd sorbent. At the same time, the aronia fibre is characterized by a diversified ability to absorb the above named metal ions and the sorption depends on the pH value of environment. It was proved that the Pb sorption in an acid environment depended significantly and directly proportional on the fractional composition of the fibre. In the case of magnesium desorption from the aronia fibre, there was found no significant effect of the type of preparation or of the process conditions on the desorption level. However, the desorption level of calcium ions in the pomace depended on the conditions of the environment.

Key words: aronia pomace, dietary fibre, microelements, microelements, metal sorption, metal desorption ☒