

POLICHLOROWANE BIFENYLE WE FRAKCJACH ZIAREN PSZENICY RÓŻNYCH ODMIAN ORAZ W WYBRANYM PIECZYWIE

POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN FRACTIONS OF WHEAT GRAINS AND IN SELECTED BAKERY PRODUCTS

Elżbieta Brandt, Renata Pietrzak-Fiećko, S.S. Smoczyński

Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

Słowa kluczowe: odmiany pszenicy: Opatka, Zyta, Elena, Almari, frakcje, polichlorowane bifenyly

Key words: species wheat: Opatka, Zyta, Elena, Almari, fractions, polychlorinated biphenyls

STRESZCZENIE

Wprowadzenie. Polichlorowane bifenyly (PCBs) to grupa syntetycznych, aromatycznych związków chemicznych rozpowszechnionych w środowisku w wyniku uprzemysłowienia. Szerokie stosowanie tych związków w przeszłości spowodowało ich rozprzestrzenienie się we wszystkich elementach środowiska. Lipofilny charakter PCBs powoduje ich kumulację w organizmach żywych, co w organizmach ludzi może wywoływać szkodliwe działanie.

Cel badań. Celem badań było określenie zawartości PCBs w wybranych odmianach pszenicy i w wybranym pieczywie, a także ocena zależności pomiędzy wielkością ziaren badanych odmian pszenicy a zawartością polichlorowanych bifenyli. Porównano także stężenia PCBs w ziarnach zbóż i w badanym pieczywie.

Material i metoda. Zawartość PCBs określono w różnych wielkościach ziaren odmian pszenicy: Opatka, Zyta, Elena i Almari. Badaniem objęto również dwa rodzaje chleba pszennego. PCBs z frakcji tłuszczowej oznaczono po ekstrakcji chlorowanych węglowodorów n-heksanem po uprzedniej hydrolizie tłuszczu kwasem siarkowym. Oznaczanie wykonywano metodą chromatografii gazowej przy użyciu chromatografu PU 4600 Unicam z detektorem wychwytu elektronów.

Wyniki. Stwierdzono duże wahania poziomów PCBs między wielkościami ziaren pszenicy. W odmianie Opatka wraz ze wzrostem wielkości ziarna stwierdzano zwiększenie zawartości wszystkich badanych kongenerów PCBs. Najniższą zawartość PCBs stwierdzono w ziarnach najmniejszych (0,0090 mg/kg tł.), a najwyższą w ziarnach największych (0,0264 mg/kg tł.). W odmianie pszenicy Zyta zawartość PCBs była także najniższa w ziarnach najmniejszych, jednak różnice te nie były istotne statystycznie. W odmianie Elena stwierdzono wzrost zawartości PCBs wraz z wzrostem wielkości ziarniaków. Na podstawie współczynnika determinacji określono, iż stężenie PCBs w 24% zależy od wielkości ziarniaków. Najwyższe stężenie PCBs - 0,0366 mg/kg tłuszczu stwierdzono we frakcji największych ziaren zbóż, jednak różnice te nie były istotne statystycznie między badanymi frakcjami. Podobne tendencje zaobserwowano w odmianie pszenicy Almari. W chlebie pszennym zawartości PCBs były niższe niż we wszystkich badanych odmianach pszenicy.

Wnioski. Najwyższą zawartość PCBs stwierdzono we frakcji 2,8×25 mm ziarna wszystkich odmian pszenicy. Istniała tendencja do obniżenia poziomu tych związków wraz ze zmniejszaniem wielkości ziarna. Nie wykazano wpływu klasy jakościowej odmian na zawartość PCBs. Stwierdzono statystycznie istotne różnice ($\alpha = 0,05$) w zawartości PCBs między odmianami pszenicy w obrębie jednej wielkości frakcji. Zawartości PCBs w chlebie pszennym były na poziomie niższym niż we wszystkich badanych odmianach pszenicy, co mogło wynikać ze stosowania pszenicy z terenów o niskim zanieczyszczeniu PCBs. Niewiele wyższe stężenia PCBs stwierdzono w pieczywie pszennym razowym, co mogło być spowodowane ich kumulacją w dodawanych otrębach, które z uwagi na wyższą zawartość tłuszczu, przyczyniają się do wyższych stężeń PCBs w pieczywie.

ABSTRACT

Background. Polychlorinated biphenyls (PCBs) form a group of synthetic aromatic chemical compounds, commonly occurring in the environment as a result of industrialisation. Despite the ban on PCBs production, their wide application in the past resulted in their common occurrence in all elements of the environment. The lipophilic nature of the compounds resulting in their accumulation in live organisms and in the human body may trigger many harmful effects.

Adres do korespondencji: Renata Pietrzak-Fiećko, Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, 10-719 Olsztyn, ul. Oczapowskiego 2
tel. +48 89 523 35 70, fax +48 89 523 35 54, e-mail: renap@uwm.edu.pl

Objective. The aim of this study was to determine the PCBs content in the selected species of wheat and in bakery products. The studies aiming at confirming possible correlation between the size of the grain of the selected species of wheat and the content of polychlorinated biphenyls were presented in this paper. Moreover, PCBs concentration in cereals' grains and in bread was compared.

Material and method. The PCBs content was defined in different sizes of grains species of wheat i.e. Opatka, Zyta, Elena and Almari. The study included also two kinds of wheat bread. PCBs were determined after the extraction with n-hexane followed by sulphuric acid hydrolysis. Gas chromatography analysis was conducted on a PU 4600 Unicam apparatus with an electron capture detector.

Results. The large variations in PCBs content depending on the grain size were confirmed. In the Opatka species the increase in the content of all determined congeners and the size of grain was confirmed. The lowest PCBs concentrations were in smallest grains (0,0090 mg/kg of fat), and the highest in the largest grains (0,0264 mg/kg of fat). In Zyta species PCBs content was also lowest in the smallest grains, however these results were not statistically significant. In the Elena species the increase in the PCBs content together with the increase in the grain size was confirmed. Basing on the determination coefficient it was found that the concentration of PCBs depends on the size of grains in 24%. The highest concentration of PCBs (0,0366 mg/kg of fat) was found in the largest grains, however differences between the examined fractions were not statistically significant. Similar tendencies were observed in Almari species. PCBs content in wheat bread was on lower level than in all of the examined species.

Conclusions. It was confirmed that fraction 2,8×25 mm of all species of wheat grain had the highest PCBs content. The tendency to decrease of PCBs content with the decrease of the grain in size was observed. The relation between qualitative class of species and PCBs content was not confirmed. There were statistically significant differences in the PCBs concentrations between the wheat species within one size fraction. The results of PCBs content in wheat bread were lower than in all examined species of wheat. One can assume that for the production of bread collected for the study, the wheat originating from areas with low PCBs contamination was used. Somewhat higher PCBs content was observed in the wheat bread with bran added, probably due to higher PCBs accumulation in the bran, which contain higher fat and contribute therefore to the overall PCBs in the bran containing bread.

WSTĘP

Pszenica (*Triticum cereale*) – należy do jednych ze starszych zbóż chlebowych, występuje w kilku odmianach, charakteryzuje się dużą zawartością białka i skrobi, mało tłuszczu. Służy do produkcji mąk chlebowych i wiele rodzajów pieczywa, a także kasz, płatków i słodu, co wymaga szczególnej dbałości o jej jakość zdrowotną [3, 7, 12].

Polichlorowane bifenyle (PCBs) należą do grupy syntetycznych związków chemicznych rozpowszechnionych w środowisku w wyniku rozwoju przemysłu [10, 22]. znalazły zastosowanie w przemyśle elektrycznym, gumowym, papierniczym, do produkcji farb, lakierów, plastyfikatorów, w wymiennikach ciepła, kondensatorach [9, 11]. Pomimo aktualnego zakazu ich produkcji, szerokie stosowanie tych związków w przeszłości spowodowało ich rozprzestrzenienie się we wszystkich elementach środowiska [4, 10, 15, 17, 24]. Wysoce lipofilny charakter tych związków doprowadził do kumulacji w organizmach żywych [13, 25]. Wyniki badań potwierdzają, iż związki te wykazują działanie mutagenne, kancerogenne i estrogenne [6, 8, 26]. Polichlorowane bifenyle zostały zaklasyfikowane jako substancje rakotwórcze przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC). Wyraźnie zwiększoną zachorowalność na nowotwory zaobserwowano przede wszystkim u robotników zatrudnionych przy produkcji urządzeń elektrycznych [21].

Głównym źródłem przedostawania się tych związków do organizmu człowieka jest żywność [5, 25, 27]. Codzienna dieta człowieka zawiera ziarno zbóż w różnej formie produktów zbożowych z dużym udziałem pszenicy, która jest znaczącym źródłem energii. Pszenica i żyto są podstawowymi zbożami stosowanymi przy wypieku chleba. Dane prezentowane przez Główny Urząd Statystyczny dotyczące spożycia żywności w gospodarstwach domowych w 2003 r. wykazywały, że najwyższe spożycie w grupach żywności stwierdzono w przypadku pieczywa i produktów zbożowych – ok. 20 %. Aktualnie w krajach rozwiniętych gospodarczo spożycie przetworów zbożowych maleje. W Polsce spożycie chleba na 1 mieszkańca w roku 1934 oceniano na około 11 kg miesięczne, w roku 1994 - 7,49 kg, w roku 2006 – 5,57 kg, a w 2009 - 4,85 kg [16]. Należy podkreślić, iż w ciągu ostatnich lat stężenia PCBs w tkankach człowieka utrzymywały się na stałym poziomie, mimo iż w większości krajów uprzemysłowionych zaprzestano wytwarzania tych szkodliwych związków [11, 25]. Potwierdza to, że pomimo zakazu produkcji i stosowania, ekspozycja trwa nadal, gdyż znaczna część wyprodukowanych polichlorowanych bifenyli wciąż znajduje się w używanych obecnie transformatorach i innych urządzeniach elektrycznych, z których trafiają do środowiska [10].

Celem podjętych badań było stwierdzenie czy występuje zależność między wielkością ziaren wybranych odmian pszenicy a zawartością polichlorowanych bifenyli (PCBs) oraz próba oceny ich zawartości w wybranym pieczywie pszennym.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły cztery odmiany pszenicy jarej i ozimej klasy jakościowej „A” i „C”, pochodzące ze Stacji Hodowli Roślin we Wrocikowie (woj. warmińsko-mazurskie). Ponadto badaniem objęto losowo pobrane próbki pieczywa pszennego (chleb pszenny) z rynku olsztyńskiego. Przed przystąpieniem do badań, próbki ziarna oczyszczano przy użyciu separatora laboratoryjnego typ SŻD. Odpowiednie frakcje badanych odmian ziarna pszenicy uzyskano przesiewając je przez sita *Vogla* o następującym wymiarze otworów: $F_1 > 2,8 \times 25$ mm; $F_2 > 2,5 \times 25$ mm; $F_3 > 2,2 \times 25$ mm; $F_4 > 1,7 \times 25$ mm.

Tabela 1. Zestawienie badanych odmian pszenicy
The list of the studied wheat species

Gatunek	Odmiana	Forma odmianowa	Klasa jakościowa	Analizowane frakcje
Pszenica	Opatka	Jara	A	$F_1 > 2,8 \times 25$ mm
	Zyta	Ozima	A	$F_2 > 2,5 \times 25$ mm
	Elena	Ozima	C	$F_3 > 2,2 \times 25$ mm
	Almari	Ozima	C	$F_4 > 1,7 \times 25$ mm

W pobranych zgodnie z normą PN-ISO 13690:2000 próbkach pszenicy oznaczano zawartość PCBs, które wyodrębniono z wcześniej wyekstrahowanego tłuszczu metodą polegającą na ekstrakcji chlorowanych węglowodorów n-heksanem po uprzedniej hydrolizie tłuszczu kwasem siarkowym [14]. Rozdziału badanych związków dokonywano metodą chromatografii gazowej, przy użyciu chromatografu gazowego firmy PYE UNICAM – 4600 z detektorem wychwytu elektronów (ECD). Zastosowano następujące warunki rozdziału: kolumna szklana o długości 2,1 m i średnicy wewnętrznej 0,04 m; wypełnienie kolumny – nośnik Supelcoport 100/120 mesh pokryty fazą ciekłą 1,5 % SP 2250 + 1,95 % SP 2401; gaz nośny – argon, przepływ 60 cm³/min; temperatura kolumny 210°C, dozownika 225°C, detektora 250°C.

Identyfikację przeprowadzono w oparciu o porównanie czasów retencji badanych pików z pikami wzorca Aroclor 1260. Powierzchnie pików obliczono stosując program komputerowy UNICAM 4880. W celu sprawdzenia metody wykonano rozdział w oparciu o materiał referencyjny firmy Sigma. Uzyskane wyniki w mg/kg tłuszczu stanowią wartość średnią z trzech równoległych oznaczeń. Wyniki poddano analizie statystycznej i przeprowadzono: analizę korelacji i regresji; analizę wariancji, a także obliczono: wartość średnią, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności. Obliczenia i analizy statystyczne zostały wykonane z wykorzystaniem oprogramowania Microsoft Excel i Statistica firmy StatSoft.

WYNIKI I DISKUSJA

Wśród grup żywności pieczywo i przetwory zbożowe mają bardzo mały udział pobrania PCBs, jednak w przypadku dużego spożycia pieczywa razowego oraz przy włączaniu do diety otrąb, można mówić o zwiększonym pobraniu polichlorowanych bifenili z tych produktów [18].

Usunięcie z produkcji ziaren kumulujących największe ilości PCBs pozwoli ograniczyć narażenie organizmu na związki szkodliwe wpływające ze spożycia produktów zbożowych.

Uzyskane wyniki badań zawartości polichlorowanych bifenili we frakcjach ziaren pszenicy wykazały powszechną obecność tych związków. Ich zawartość kształtowała się poniżej dopuszczalnych zawartości zawartych w Rozporządzeniu Komisji (WE) Nr 1881/2006 [20]. Należy podkreślić, iż unijne komisje pracujące nad bezpieczeństwem środków spożywczych zalecają obniżenie dopuszczalnych zawartości PCBs w surowcach, paszach i żywności.

Porównano zawartości polichlorowanych bifenili w ziarnach pszenicy o różnej wielkości wytyczając proste regresji $y = a + bx$, odzwierciedlające zależności między wielkością ziarniaków a zawartością w nich PCBs.

W pracy analizowano zawartość polichlorowanych bifenili w ziarnach o różnej wielkości w obrębie jednej odmiany. Badano czy wielkość ziarna ma wpływ na zawartość PCBs w odmianie.

Tabela 2. Zawartość polichlorowanych bifenili w zależności od wielkości ziaren pszenicy w odmianie
Polychlorinated biphenyls content depending on the wheat grains size in species

Odmiana pszenicy	Frakcja	PCBs (mg/kg tłuszczu)
Opatka	$F_1 > 2,8 \times 25$ mm	0,0264 ^a
	$2,8 > F_2 > 2,5 \times 25$ mm	0,0134 ^b
	$2,5 > F_3 > 2,2 \times 25$ mm	0,0119 ^{bc}
	$2,2 > F_4 > 1,7 \times 25$ mm	0,0090 ^c
Zyta	$F_1 > 2,8 \times 25$ mm	0,0404 ^a
	$2,8 > F_2 > 2,5 \times 25$ mm	0,0314 ^b
	$2,5 > F_3 > 2,2 \times 25$ mm	0,0364 ^a
	$2,2 > F_4 > 1,7 \times 25$ mm	0,0354 ^a
Elena	$F_1 > 2,8 \times 25$ mm	0,0366 ^a
	$2,8 > F_2 > 2,5 \times 25$ mm	0,0248 ^b
	$2,5 > F_3 > 2,2 \times 25$ mm	0,0308 ^c
	$2,2 > F_4 > 1,7 \times 25$ mm	0,0278 ^{bc}
Almari	$F_1 > 2,8 \times 25$ mm	0,0089 ^a
	$2,8 > F_2 > 2,5 \times 25$ mm	0,0056 ^a
	$2,5 > F_3 > 2,2 \times 25$ mm	0,0082 ^a
	$2,2 > F_4 > 1,7 \times 25$ mm	0,0063 ^a

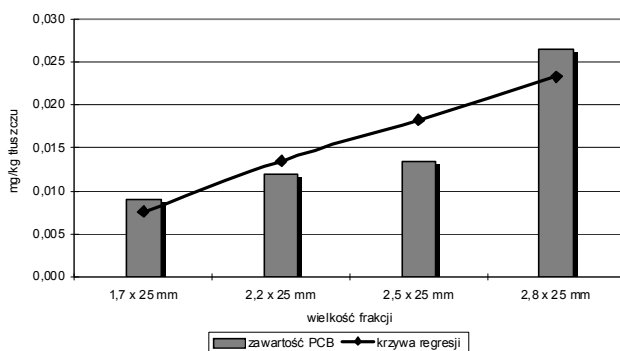
^{a,b,c} - różnice istotne statystycznie ($\alpha = 0,05$)

Obliczenia statystyczne wskazują na statystycznie istotne różnice na poziomie $\alpha = 0,05$, między wielkością ziarniaków a poziomem PCBs w obrębie badanych odmian.

Wyniki zawartości PCBs w odmianach pszenicy zestawiono w tabelach 2 i 3 oraz przedstawiono graficznie na rycinach 1 – 4, a dane statystyczne zaprezentowano w tabeli 4.

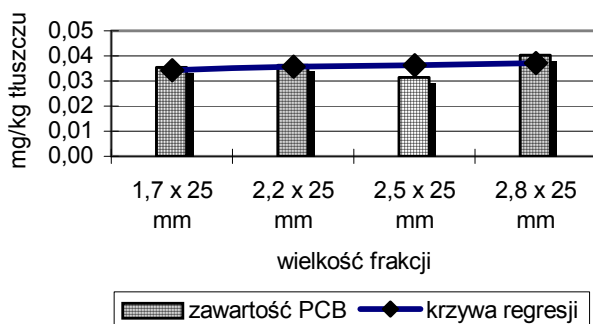
W odmianie Opatka stwierdzono zwiększenie zawartości wszystkich badanych kongenerów PCBs wraz ze wzrostem wielkości ziarna (Ryc.1); współczynnik korelacji wynosił $r = 0,85$ (Tab. 4).

Stwierdzono duże wahania w poziomie PCBs w zależności od wielkości ziaren; najniższą wartość stwierdzono w ziarnie najmniejszym (0,0090 mg/kg tł.), a najwyższą w ziarnie największym (0,0264 mg/kg tł.).



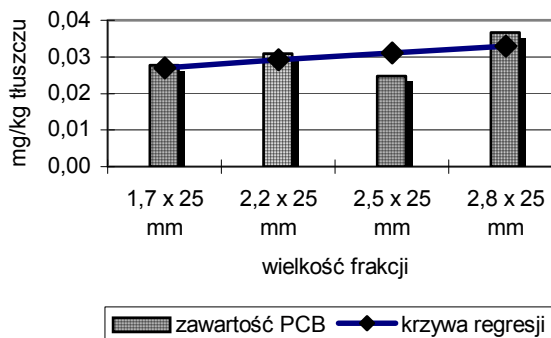
Ryc. 1 Zawartość PCB w zależności od wielkości ziarniaków w pszenicy odmiany Opatka
The content of PCB depending on the size of the grains in the wheat's species Opatka

W odmianie pszenicy Zyta (Ryc. 2), zawartość PCBs była także najniższa w ziarnach najmniejszych, jednak obliczenia statystyczne podważyły istotność występujących różnic, (Tab. 4).



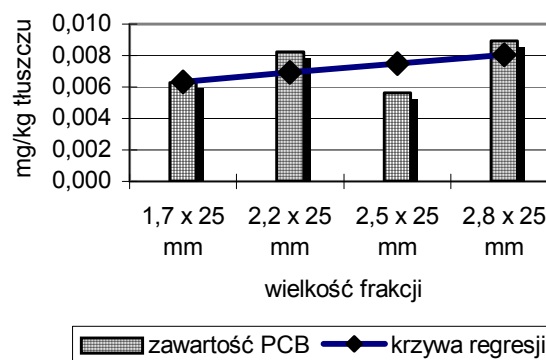
Ryc.2 Zawartość PCB w zależności od wielkości ziarniaków w pszenicy odmiany Zyta.
The content of PCB depending on the size of the grains in the wheat's species Zyta.

W odmianie Elena stwierdzono wzrost zawartości PCBs wraz ze wzrostem wielkości ziarniaków.



Ryc.3 Zawartość PCB w zależności od wielkości ziarniaków w pszenicy odmiany Elena.
The content of PCB depending on the size of the grains in the wheat's species Elena.

Na podstawie współczynnika determinacji określono, iż stężenie PCBs w 24 % zależy od wielkości ziarniaków (Tab. 4). Najwyższe stężenie PCBs - 0,0366 mg/kg tł. stwierdzono we frakcji największych ziarniaków zbóż (Tab. 2), jednak różnice w zawartości między frakcjami objętymi doświadczeniem nie były istotne statystycznie.



Ryc.4 Zawartość PCB w zależności od wielkości ziarniaków w pszenicy odmiany Almari.
The content of PCB depending on the size of the grains in the wheat's species Almari.

Podobne tendencje zaobserwowano w odmianie pszenicy Almari. (Tab. 2, Ryc. 4).

Z przedstawionych danych wynika, że zawartość badanych związków jest zróżnicowana w poszczególnych odmianach pszenicy (Tab. 2). Przeprowadzone wcześniej badania zależności między wielkością ziarniaków a zawartością związków szkodliwych [2], w przypadku lindanu (γ -HCH) przedstawiała się następująco: wraz ze wzrostem ziarna wzrastało stężenie badanego związku, wyjątek stanowiła odmiana Zyta, gdzie współczynnik korelacji był ujemny, co świadczy o tym, że wraz ze wzrostem wielkości ziarna malała ilość γ -HCH.

Średnia zawartość PCBs w badanych odmianach była zdecydowanie niższa od podawanej przez Tietz

i wsp. [23], i wynosiła 0,0221 mg/kg tłuszczu. Stężenia PCBs kształtowały się na takim samym poziomie jak podawane przez *Obiedzińskiego* i *Bartnikowską* [18].

Tabela 3. Zawartość polichlorowanych bifenyli w zależności od odmiany pszenicy
Polychlorinated biphenyls content depending on the wheat species

Frakcja	Odmiana pszenicy	PCBs (mg/kg tłuszczu)
$F_1 > 2,8 \times 25 \text{ mm}$	Opatka	0,0264 ^a
	Zyta	0,0404 ^b
	Elena	0,0366 ^c
	Almari	0,0089 ^d
$2,8 > F_2 > 2,5 \times 25 \text{ mm}$	Opatka	0,0134 ^a
	Zyta	0,0314 ^b
	Elena	0,0248 ^c
	Almari	0,0056 ^d
$2,5 > F_3 > 2,2 \times 25 \text{ mm}$	Opatka	0,0119 ^a
	Zyta	0,0364 ^b
	Elena	0,0308 ^c
	Almari	0,0082 ^d
$2,2 > F_4 > 1,7 \times 25 \text{ mm}$	Opatka	0,0090 ^a
	Zyta	0,0354 ^b
	Elena	0,0278 ^c
	Almari	0,0063 ^a

^{a,b,c} - różnice istotne statystycznie ($\alpha=0,05$)

Najniższy poziom zawartości PCBs (0,0072 mg/kg tł.) stwierdzono w odmianie Almari, natomiast najwyższym stężeniem charakteryzowała się Zyta (0,0359 mg/kg tł.). Zawartości PCBs wzrastała wraz ze wzrostem wielkości ziarna. Obecnie nie ma odpowiednich uregulowań prawnych dotyczących stężeń PCBs w badanych produktach. Tymczasowo przyjęto limit wynoszący 0,500 mg/kg tłuszczu [22].

W pracy dokonano także porównania zawartości poszczególnych związków w obrębie jednej wielkości ziarna, oraz pomiędzy badanymi odmianami (Tab. 3). We frakcji $2,8 \times 25 \text{ mm}$ zawartość PCBs charakteryzowała się statystycznie istotnymi różnicami na poziomie $\alpha = 0,05$ między wszystkimi odmianami.

Kolejną badaną frakcją była $2,5 \times 25 \text{ mm}$. W zawartości PCBs nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic na poziomie $\alpha = 0,05$ między Opatką a Zytą. Natomiast w zawartości PCBs stwierdzono różnice między Eleną a Almari (Tab. 3). W badaniach zaobserwowano istotne różnice między wszystkimi odmianami. W badanej frakcji $2,2 > F_4 > 1,7 \times 25 \text{ mm}$ stwierdzono statystycznie istotne różnice w zawartości PCBs na poziomie $\alpha = 0,05$ między Opatką a pozostałymi odmianami. Istotne różnice w stężeniach PCBs zaobserwowano w przypadku odmian Opatka, Zyta i Elena. Poziom PCBs w odmianach Almari i Opatka nie wykazywał różnic (Tab. 4).

Tabela 4. Analiza regresji wyników badań wpływu wielkości ziaren pszenicy na zawartość PCBs. Model funkcji $y = ax + b$ (a i b – wartości stałe modelu, r – współczynnik korelacji)

The regression analysis of results over the influence of a size of the wheat grains and the PCBs content. The model of the function the $y=ax + b$ (a and b - the solid values of the model, r - the coefficient of correlation)

Gatunek	Odmiana	Badane związki	Analiza regresji		
			a	b	r
Pszenica	Opatka	PCBs	-0,0171	0,0141	0,8551
	Zyta	PCBs	0,0302	0,0025	0,3145
	Elena	PCBs	0,0177	0,0053	0,4983
	Almari	PCBs	0,0037	0,0015	0,4576

Wyniki badania zawartości PCBs w losowo wybranych próbach pieczywa pszennego przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zawartość polichlorowanych bifenyli w pieczywie pszenным
Polychlorinated biphenyls content in wheat bread

Rodzaj pieczywa pszennego	Parametry	PCBs (mg/kg tłuszczu)
Chleb pszenny	Średnia zawartość	0,0026
	Odchylenie standardowe	0,0005
	Współczynnik zmienności	18,92
	Rozstęp	0,0019 - 0,0032
Chleb pszenny razowy	Średnia zawartość	0,0063
	Odchylenie standardowe	0,0013
	Współczynnik zmienności	20,99
	Rozstęp	0,0049 - 0,0074

Wartości średnie PCBs w chlebie pszenным były na poziomie niższym niż w odmianie Almari. Można przypuszczać, że do produkcji pieczywa pobranego do badań użyto pszenicy pochodzącej z o niskim skażeniu PCBs. Niewiele wyższe wartości PCBs uzyskano w pieczywie pszenным razowym, co może być spowodowane kumulacją badanego związku w otrębach, które były dodawane w procesie produkcji chleba razowego. Jak powszechnie wiadomo PCBs kumulują się w tłuszczach, co w konsekwencji przyczynia się do wyższej zawartości w otrębach.

Jak podaje *Arnich* i wsp. [1] zawartość PCBs w chlebie wynosiła średnio 0,13 ng/g produktu [1]. *Polder* i wsp. [19] stwierdzili w produktach zbożowych średnio 0,25 ng/g produktu, przy czym w chlebie ciemnym PCBs wyniosła 0,16 ng/g a w chlebie jasnym 0,12 ng/g produktu.

W prezentowanych badaniach po przeliczeniu ilości PCBs wyrażonej w mg/kg tłuszczu na zawartość w ng/g produktu i przyjmując zaw. tłuszczu w granicach od 1,0 do 2,5% stwierdzono, iż w pieczywie pszenным PCBs kształtowała się w przedziale od 0,03 do 0,07 ng/g, natomiast w pieczywie pszenным razowym od 0,06 do 0,16 ng/g produktu.

WNIOSKI

1. Istnieje tendencja do kumulacji PCBs w dużych ziarnach badanych odmian pszenicy Opatka, Elena oraz Almari.
2. Wraz ze zmniejszaniem się wielkości ziarna obniżał się poziom tych związków; najwyższą zawartość PCBs stwierdzono we frakcji 2,8×25 mm wszystkich odmian pszenicy.
3. Klasa jakościowa badanych odmian pszenicy nie miała wpływu na zawartość polichlorowanych bifenyli.
4. Stwierdzone zależności między frakcjami i odmianami były statystycznie istotne ($\alpha = 0,05$).

PIŚMIENNICTWO

1. *Arnich N., Tard A., Leblanc J.C., Le Bizec B, Narbonne J.F., Maximilien R.*: Dietary intake of non-dioxin-like PCBs (NDL-PCBs) in France, impact of maximum levels in some foodstuffs. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2009, 54, 287–293.
2. *Brandt E., Borejszo Z., Smoczyńska K., Radzyńska M., Dymkowska-Malesa M., Smoczyński S.S.*: Frakcje ziaren pszenicy różnych odmian – jako punkt krytyczny w systemie zapewnienia jakości zdrowotnej uwarunkowanej zawartością γ -HCH i DDT. *Towaroznawcze Problemy Jakości* 2005, 4(5), 67-76.
3. *Ceglińska A., Dubicka A.*: Wykorzystanie wybranych zbóż w produkcji piekarskiej. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 2009, 53, (12), 9-10.
4. *Czaplicki E., Podgórska B., Stobiecki S.*: Substancje organiczne trwale skażające środowisko- POP's. *Ochr. Rośl.* 1998, 9, 3-5.
5. *Cozel A., Obiedziński M. W.*: Występowanie pozostałości wybranych pestycydów chloroorganicznych (DDT) oraz polichlorowanych bifenyli (PCB) w olejach roślinnych dostępnych na rynku polskim w latach 1996-1998. *Tłuszcze Jadalne* 2000, 35, 3-4.
6. *Czech A., Krauz M., Truchliński J.*: Ksenobiotyki w żywności i żywieniu. *Przegl. Hodowlany* 2008, 5, 6-8.
7. *Czembor H.*: Kierunki hodowli zbóż w Polsce. *Więś jutra* 1999, 6 (11), 20-21.
8. *Davis D. L., Axelrod D., Bailey L., Gaynor M., Sasco A. J.*: Rethinking breast cancer risk and the environment: the case for the precautionary principle. *Environ. Health Perspect.* 1998, 106, 523-529.
9. *Donato F., Magoni M., Bergonzi R., Scarcella C., Indelicato A., Carasi S., Apostoli P.*: Exposure to polychlorinated biphenyls In residents near a chemical factory on Italy: The food chain as main source of contamination. *Chemosphere* 2006, 64, 1562-1572.
10. *Falandysz J.*: Ocena narażenia środowiskowego na trwałe i toksyczne związki halogenoorganiczne. *Roczn. PZH* 1996, 47 (1), 41-57.
11. *Falandysz J.*: Oszacowanie wielkości spożycia polichlorowanych dwufenyli w Polsce. *Roczn. PZH* 1998, 49 (5), 366-373.
12. *Gąsiorowski H.*: Aspekty żywieniowe pszenicy i jej przetworów Część 2 Wartość odżywcza przetworów zbożowych. *Przegląd zbożowo-młynarski* 2003, (7), 10-11.
13. *Góralczyk K., Struciński P.*: Kumulacja persystentnych związków chloroorganicznych na poszczególnych poziomach piramidy troficznej. *Ekol. Techn.* 1996, 1, 14-18.
14. *Ludwicki J.K., Góralczyk K., Czaja K., Struciński P.*: Oznaczanie pozostałości insektycydów chloroorganicznych i polichlorowanych bifenyli w środkach spożywczych metodą chromatografii gazowej. *Wydawnictwa Metodyczne PZH, Warszawa* 1996.
15. *Łozowicka B.*: Zanieczyszczenia chemiczne w żywności pochodzenia roślinnego. *Progress In Plant Protection/ Postępy w ochronie roślin* 2009, 49, 4.
16. *Mały Rocznik Statystyczny* 2009. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2010.
17. *Michna W.*: Raport z badań monitoringowych nad jakością gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych w 1996 roku. *Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa* 1996.
18. *Obiedziński M.W., Bartnikowska E.*: Skażenia żywności pochodzenia zwierzęcego dioksynami a zagrożenie konsumenta. *Przem. Spoż.* 2000, 1, 44-47.
19. *Polder A., Savinova T.N., Tkacheva A., Løken K.B., Odland J.O., Skaare J.U.*: Levels and patterns of Persistent Organic Pollutants (POPs) in selected food items from Northwest Russia (1998–2002) and implications for dietary exposure. *Sci. Total Environ.* 2010, 408, 5352–5361.
20. Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy dla niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych Dz.U.UE.L.06.364.5
21. *Sadowska A., Obidorska G., Rumowska M.*: Ekotoksykologia. Toksyczne czynniki środowiskowe i metody ich wykrywania. *SGGW, Warszawa* 2000.
22. *Starek A.*: Polichlorowane bifenyle – toksykologia - ryzyko zdrowotne. *Roczn. PZH* 2001, 52 (3), 187-201.
23. *Tietz U., Koball G., Mrowietz E.*: Metale ciężkie i pozostałości środków ochrony roślin w zbożach chlebowych z nowych krajów związkowych w Niemczech. *Przegl. Zboż. Młyn.* 1994, 38 (12), 15 - 17.
24. *Thao V.D., Kawano M., Tatsukawa R.*: Persistent organochlorine residues in soils from tropical and sub-tropical Asian countries. *Environ. Pollut.* 1993, 81, 61-71.
25. *Vaz R.*: Average Swedish dietary intakes of organochlorine contaminants via foods of animal origin and their relation to levels in human milk, 1975-90. *Food Addit. Contam.* 1995, 12, 559-566.
26. *Vidaeff A.C., Sever L.E.*: In utero exposure to environmental estrogens and male reproductive health: a systematic review of biological and epidemiologic evidence. *Reprod Toxicol.* 2005, 1: 5-20.
27. *Zuccato E., Grassi P., Davoli E., Valdicelli L., Wood D., Reitano G., Fanelli R.*: PCB concentrations in some foods from four European countries. *Food Chem. Toxicol.* 2008, 46, 1062-1067.

Otrzymano: 08.04.2011

Zaakceptowano do druku: 25.01.2012