



**INSTYTUT BIOTECHNOLOGII  
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO  
im. prof. Waclawa Dąbrowskiego  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

# **ZIARNO KUKURYDZY ze zbiorów 2024 r.**

Badania zrealizowane w ramach Zadania 1. „Analiza jakości surowców rolnych z uwzględnieniem zagrożenia wystąpienia substancji skażających” realizowanego na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi

# **ZIARNO KUKURYDZY ze zbiorów 2024 r.**

Autorzy: dr hab. inż. Marcin Bryła, prof. IBPRS-PIB  
dr hab. inż. Marek Roszko, prof. IBPRS-PIB  
mgr inż. Joanna Kanabus  
mgr inż. Dominik Drewnowski  
mgr inż. Daria Padewska  
inż. Izabela Zalewska  
mgr inż. Magdalena Ziółkowska  
inż. Magdalena Szczepańska  
mgr inż. Angelika Kosowska  
mgr inż. Weronika Orzechowska  
inż. Magdalena Beczek  
dr Krystyna Szymczyk  
dr inż. Olga Świder  
dr Agata Żak-Kułakowicz  
dr Krystyna Leśnowolska-Wnuczek

Zakład Bezpieczeństwa i Analizy Chemicznej Żywności  
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego –  
Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa, grudzień 2024 r.

## 1. Wprowadzenie

Zapewnienie jakości i bezpieczeństwa żywności w krajach członkowskich stanowi jedno z głównych założeń polityki Unii Europejskiej. Aktualnie obowiązujące w tym zakresie regulacje zostały ujęte w rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/915 z dn. 25 kwietnia 2023 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności oraz uchylającym rozporządzenie (WE) nr 1881/2006. Jak wskazano w wyżej wymienionym dokumencie, najwyższe dopuszczalne poziomy powinny być określone na rygorystycznym poziomie, którego osiągnięcie jest rozsądnie możliwe dzięki korzystaniu z dobrych praktyk w zakresie rolnictwa, rybołówstwa i produkcji, oraz z uwzględnieniem ryzyka związanego z konsumpcją żywności. Żywność zawierająca zanieczyszczenia przekraczające najwyższe dopuszczalne poziomy nie tylko nie powinna być wprowadzana do obrotu jako taka, ale również nie powinna być stosowana jako składnik żywności ani mieszana z żywnością. W przypadku możliwego ryzyka dla zdrowia najwyższe dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń powinny zostać ustalone na najniższym rozsądnie osiągalnym poziomie. W oparciu o dane naukowe oraz stosowne ekspertyzy Komisja Europejska wdraża i aktualizuje regulacje w zakresie bezpieczeństwa żywności obowiązujące w państwach członkowskich. Mając na celu ochronę zdrowia konsumentów wymagania w odniesieniu do obecności zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych w żywności stają się coraz bardziej restrykcyjne.

Podstawową metodą ograniczania ryzyka występowania niedopuszczalnych zawartości zanieczyszczeń chemicznych w żywności jest strategia ograniczania ich obecności w surowcach rolnych, w tym poprzez stosowanie dobrych praktyk produkcyjnych. Niemniej, obecności licznej grupy zanieczyszczeń chemicznych w surowcach rolnych nie można wyeliminować metodami agrotechnicznymi z uwagi na ich środowiskowy charakter lub nie antropogeniczne źródło powstawania. Stąd też, składniki żywności oraz surowce rolne muszą być w tym zakresie kontrolowane. Technicznie nie jest możliwe wykonywanie badań analitycznych wszystkich partii surowców rolnych wytwarzanych przez krajowe rolnictwo. Z punktu widzenia ryzyka wystąpienia niedopuszczalnych zawartości substancji regulowanych przepisami prawa żywnościowego, nie ma to również uzasadnienia.

W zakresie prac corocznie realizowanych w IBPRS–PIB przeprowadzana jest analiza podstawowych surowców zbożowych z krajowych zbiorów, uwzględniająca występowanie substancji skażających takich jak pozostałości środków ochrony roślin, mykotoksyny, metale ciężkie, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oraz alkaloidy sporyszu (dot. ziarna żyta). Efektem prowadzonych przez Instytut prac jest udostępnienie rolnikom, producentom żywności oraz uczestnikom łańcucha dostaw żywności kompleksowej informacji o jakości surowców rolnych produkowanych przez polskie rolnictwo. Kluczowe jest zapewnienie informacji o ryzyku wystąpienia substancji skażających z uwagi na ryzyko w wymianie handlowej surowcami i ryzyko wystąpienia konieczności wycofania produktów lub surowców z rynku.

## 2. Identyfikacja substancji skażających

### 2.1. Mykotoksyny

Mykotoksyny są toksycznymi metabolitami grzybów pleśniowych znajdującymi w różnych produktach spożywczych na całym świecie. W produktach tych, nierzadko znajdujących jest więcej niż jeden związek, co może mieć negatywny wpływ na bezpieczeństwo żywności i zdrowie konsumentów (Juan i in. 2016). Skażenie roślin mykotoksynami ma poważne ekonomiczne konsekwencje dla światowej gospodarki. Szacuje się, że ok. 25% światowej produkcji zbóż i ok. 20% produkcji roślinnej ogółem, może być skażona samymi toksynami grzybów *Fusarium*, a poziom skażenia może różnić się znacznie w zależności od lokalnych warunków geograficznych. Obecność mykotoksyn w żywności i paszach, stwarza więc ogromne ryzyko dla ich bezpieczeństwa (Bryła et al. 2018).

Mykotoksyny mogą podlegać modyfikacjom na skutek warunków środowiska oraz aktywności organizmów. W literaturze najwięcej uwagi poświęca się roślinnym metabolitom mykotoksyn, powstałym w procesach detoksykacji. Związki z tej grupy często nazywane są "zamaskowanymi mykotoksynami", ponieważ nie są one wykrywalne w rutynowych analizach żywności w kierunku oceny zawartości mykotoksyn. Liczne badania prowadzone w ostatnich latach pozwoliły na odkrycie znacznej liczby nieznanych dotąd pochodnych mykotoksyn. Mnogość tych związków stała się przyczyną prób ich klasyfikacji. Zmodyfikowane mykotoksyny powstałe wskutek degradacji lub trawienia związków macierzystych często cechują się zmniejszoną toksycznością lub nawet nie wykazują żadnych efektów toksycznych. W zależności od mykotoksyny proces ten może mieć różne mechanizmy, wśród których wymienia się utratę grup funkcyjnych warunkujących toksyczność i zmniejszoną biodostępność. Jednocześnie nie brakuje badań wskazujących na wyższą toksyczność pochodnych mykotoksyn w porównaniu z ich podstawowymi analogami. Jednym z głównych problemów z oceną toksyczności mykotoksyn i współwystępujących z nimi zmodyfikowanych form w żywności jest wysoce prawdopodobna interakcja pomiędzy nimi w środowisku *in vivo*. Może ona prowadzić do zwiększenia toksyczności jej komponentów poprzez wywoływanie efektu synergistycznego. Wykazano także, że część pochodnych mykotoksyn jest absorbowana w jelitach w znacznie większym stopniu w odniesieniu do związków, z których powstały.

#### 2.2. Pozostałości środków ochrony roślin

Pestycydy obejmują ogromną liczbę substancji chemicznych o zróżnicowanej strukturze i właściwościach fizykochemicznych. Są substancjami, które z racji swojej natury mogą stanowić istotne zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt. Obecność pestycydów w żywności jest konsekwencją stosowania konwencjonalnych metod ochrony roślin w rolnictwie. Zabiegi agrotechniczne stosowane w ochronie roślin mogą ponadto powodować przedostawanie się substancji aktywnych środków ochrony roślin do gleby i wody.

#### 2.3. Metale i inne pierwiastki

Zawartość składników mineralnych, w tym metali ciężkich w ziarnie zbóż, podobnie jak i w innych płodach rolnych jest zależna od szeregu czynników środowiskowych. Czynniki te, to m.in. zasobność gleby w składniki mineralne, odczyn gleby i warunki klimatyczne, a w przypadku kadmu i ołowiu istotny wpływ na ich zawartość może mieć bliskość dróg szybkiego ruchu, większych aglomeracji miejskich czy zakładów przemysłowych. Pierwiastki śladowe, w tym również należące do grupy metali ciężkich, występują w sposób naturalny w każdym środowisku w ilościach odpowiadających wartości tzw. tła naturalnego. Rośliny są głównym odbiorcą składników mineralnych z gleby i jednocześnie głównym ich źródłem w żywieniu zwierząt i ludzi.

#### 2.4. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Cząsteczki WWA składają się z wielu skondensowanych pierścieni aromatycznych tworzących struktury płaskie. Powstają w wyniku niecałkowitego spalania materii zawierającej węgiel, w tym materii organicznej. WWA znajdują się również w ropie naftowej, w związku z tym ich obecność w surowcach rolnych może być związana z wydobyciem / produkcją i przetwarzaniem ropy naftowej (WWA pochodzenia petrogenicznego). WWA są wysoce tłuszczo rozpuszczalne, z wartościami współczynników podziału oktanol/woda (wyrażone jako log o/w) przekraczające 3 i są chemicznie umiarkowanie obojętne. Przyjmuje się, że powietrze atmosferyczne jest główną drogą skażenia rośliny przez WWA poprzez opad atmosferyczny pyłów zawieszonych. Migracja WWA z powietrza do roślin zależy od kilku czynników, są to m.in. obecność woskowatego naskórka lub obecność w ich składzie związków zdolnych do tworzenia kompleksów z cząsteczkami WWA. Dostępne dane wskazujące również ma inną możliwą drogę zanieczyszczenia – absorpcję WWA przez system korzeniowy roślin. Niemniej wskazuje się na ograniczone znaczenie tej drogi zanieczyszczenia. WWA są substancjami niebezpiecznymi.

Stosowane oznaczenia: ace – acenaften, acy – acenaftylen, ant – antracen, B[a]A – benzo[a]antracen, b[a]p – benzo[a]pyrene, b[b]fl – benzo[fluoranthren, b[c]f – benzo[c]fluoren, b[c]phe – benzo[c]fenantren, b[g,h,i]p – benzo[g,h,i]pyrelen, b[j]fl – benzo[j]flurantren, b[k]fl – benzo[k]fluorantren, Chr – chryzen, CP[c,d]P – cyclopenta[c,d]piren, db[a,h]a – dibenzo[a,h]antracen, db[a,e]pyr – dibenzo[a,e]pyrelen, db[a,h]pyr – dibenzo[a,h]pyrelen, db[a,i]pyr – dibenzo[a,i]pyrelen, db[a,l]pyr – dibenzo[a,l]pyrelen, flu – fluoren, i[c,d]p – indeno[c,d]piren, nap – naftalen, phe – fenantren, pyr – piren.

### 3. Metodyka badań

#### 3.1. Liczba próbek do badań

W ramach realizacji zadania 1 realizowanego we współpracy z Zakładem Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa IBPRS–PIB zgromadzono 89 próbek ziarna kukurydzy, które poddano badaniom w kierunku obecności substancji skażających (z wyjątkiem glifosatu, którego zawartość oznaczono w 65 próbkach). Probki do badań pozyskano bezpośrednio od rolników za pośrednictwem Ośrodków Doradztwa Rolniczego. Probki pochodziły z roku 2024 z różnych rejonów klimatyczno–uprawowych, przyjętych przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) dla potrzeb oceny odmian w Polsce. Badania prowadzono zgodnie z metodykami stosowanymi w Zakładzie Bezpieczeństwa i Analizy Chemicznej Żywności IBPRS–PIB.

### 4. Wyniki badań, analiza ryzyka i rekomendacje

#### 4.1. Zawartość mykotoksyn w ziarnie kukurydzy ze zbiorów 2024 r.

Maksymalne dopuszczalne zawartości mykotoksyn w ziarnie zbóż zostały określone w rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/915 z dn. 25 kwietnia 2023 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności oraz uchylającym rozporządzenie (WE) nr 1881/2006. W zakresie najwyższych dopuszczalnych zawartości deoksyniwalenolu wprowadzono do w/w dokumentu aktualizację – Rozporządzenie Komisji (UE) 2024/1022 z dnia 8 kwietnia 2024 r. zmieniające rozporządzenie (UE) 2023/915 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów deoksyniwalenolu w żywności. Wytyczne ujęte w Rozp. 2023/915 zostały również zaktualizowane w zakresie występowania toksyn HT-2 i T-2 – Rozporządzenie Komisji (UE) 2024/1038 z dnia 9 kwietnia 2024 r. zmieniające rozporządzenie (UE) 2023/915 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów toksyn T-2 i HT-2 w żywności. W niniejszym raporcie uwzględniono aktualnie obowiązujące NDZ mykotoksyn określone w wymienionych dokumentach.

Zearalenon (ZEN) był obecny we wszystkich badanych próbkach kukurydzy, a jego średnia zawartość była równa 85,6 µg/kg (11,9–1000). Deoksyniwalenol (DON) był obecny w 79,8% badanych próbek kukurydzy, podczas gdy pozostałe badane mykotoksyny – suma HT-2 i T-2 oraz fumonizyny B1+B2 występowały z częstotliwością odpowiednio 39,3 i 25,8% (Tabele 1 i 2).

Tabela 1. Zbiorcze zestawienie zawartości mykotoksyn w badanych próbkach kukurydzy.

Toksyna	n pozytywnych	średnia	mediana	min	max	max % NDZ
		[µg/kg]				
DON	71	381,1	202	50	2915,6	194
ZEN	89	85,6	27,7	11,9	1000	286
HT-2+T-2	35	50,5	35,4	10,7	150,7	151
Fumonizyny B1+B2	23	750,0	441,6	102,2	3517,8	88

W tabeli 2 przedstawiono maksymalne dopuszczalne zawartości w ziarnie kukurydzy w odniesieniu do toksyn *Fusarium*. W żadnej z badanych próbek nie odnotowano

przekroczenia dopuszczalnych maksymalnych zawartości fumonizyn B1 i B2. Najwyższa zawartość tych związków w badanych próbkach kukurydzy stanowiła 88% NDZ. Po 4 próbki badanych ziaren kukurydzy charakteryzowały się zawartościami DON, ZEN i sumy HT-2 i T-2 na poziomie przekraczającym NDZ. Maksymalne zawartości tych toksyn stanowiły odpowiednio 194, 286 i 151% NDZ.

Tabela 2. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach kukurydzy w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne zawartości.

Toksyna	% pozytywnych	NDZ	≥NDZ		≥0,5NDZ		≥0,25NDZ	
		[µg/kg]	n	%	n	%	n	%
DON	79,8	1500	4	5,6	7	9,9	20	28,2
ZEN	100,0	350	4	4,5	9	10,1	12	13,5
HT-2+T-2	39,3	100	4	11,4	15	42,9	21	60,0
Fumonizyny B1+B2	25,8	4000	0	-	2	8,7	5	21,7

W próbkach kukurydzy w których zawartość badanych toksyn była na poziomie poniżej wartości LOQ, przyjęto założenie, że zawartość ta w odniesieniu do wszystkich toksyn wynosi  $0,5 \cdot \text{LOQ}$ . Tym samym, w przypadku toksyn o relatywnie niskim odsetku próbek zawierających toksyny powyżej poziomu LOQ, średnia zawartość tych toksyn w kukurydzy była niższa w porównaniu z zawartością tych toksyn w próbkach pozytywnych (powyżej LOQ) (tabele 1–4).

Tabela 3. Zbiorcze zestawienie zawartości mykotoksyn w badanych próbkach kukurydzy, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ( $<\text{LOQ} = 0,5 \cdot \text{LOQ}$ )

Toksyna	n badanych	średnia	mediana	min	max	max % NDZ
		[µg/kg]				
DON	89	309,1	134	25	2915,6	194
ZEN		85,6	27,7	11,9	1000	286
HT-2+T-2		22,9	5	5	150,7	151
Fumonizyny B1+B2		230,9	50	50	3517,8	88

Tabela 4. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach kukurydzy w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne zawartości, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ( $<\text{LOQ} = 0,5 \cdot \text{LOQ}$ )

Toksyna	NDZ	≥NDZ		≥0,5NDZ		≥0,25NDZ		max % NDZ
	[µg/kg]	n	%	n	%	n	%	
DON	1500	4	4,5	7	7,9	20	22,5	194
ZEN	350	4	4,5	9	10,1	12	13,5	286
HT-2+T-2	100	4	4,5	15	16,9	21	23,6	151
Fumonizyny B1+B2	4000	0	-	2	2,2	5	5,6	88

#### 4.2. Pozostałości pestycydów w ziarnie kukurydzy ze zbiorów 2024 r.

W badanych 89 próbkach ziarna kukurydzy wykonano oznaczenia pozostałości środków ochrony roślin różnych grup chemicznych (patrz Załącznik 1. Wykaz substancji aktywnych

środków ochrony roślin). Dodatkowo w 65 badanych próbkach wykonano oznaczenia pozostałości glifosatu.

Spośród 89 próbek kukurydzy, pozostałości pestycydów zidentyfikowano w 2 próbkach, co stanowi 2%. Pozostałe próbki charakteryzowały się pozostałościami pestycydów na poziomie poniżej granicy oznaczalności stosowanej metody. Badane próbki zawierały ten sam związek aktywny – insektycyd flupyradifuron. Jego zawartość mieściła się w zakresie 0,01 – 0,02 mg kg<sup>-1</sup> i stanowiła maksymalnie 40 % NDP (Tabele 5 i 6).

Tabela 5. Substancje aktywne pestycydów wykryte w badanych próbkach kukurydzy.

L.p.	Substancja aktywna	n	Zawartość [mg kg <sup>-1</sup> ]		NDP [mg kg <sup>-1</sup> ]	Maksymalny % NDP
			min	max		
1	Flupyradifuron	2	0,01	0,02	0,05	40%

Tabela 6. Pozostałości pestycydów w badanych próbkach kukurydzy.

Substancja	Liczba próbek	Liczba s.a.*	Próbek z pozostałościami [n]	Próbek z pozostałościami [%]	Liczba próbek zawierających 1 s.a.	Liczba próbek zawierających 2 s.a.	Liczba próbek zawierających 3+ s.a.	Liczba próbek z przekroczeniami NDP*	Liczba próbek ≥ 0,5 NDP
Pestycydy z wyłączeniem glifosatu	89	1	2	2%	2	0	0	0	0

W żadnej z badanych próbek pozostałość glifosatu nie przekraczała maksymalnej dopuszczalnej wartości, która dla kukurydzy wynosi 1 mg kg<sup>-1</sup>. Wszystkie próbki charakteryzowały się pozostałościami glifosatu na poziomie poniżej granicy oznaczalności (0,08 mg kg<sup>-1</sup>) (Tabela 7).

Tabela 7. Pozostałości glifosatu w badanych próbkach kukurydzy.

Substancja aktywna	n	Liczba próbek z pozostałościami n (%)	Zawartość [mg kg <sup>-1</sup> ]		NDP [mg kg <sup>-1</sup> ]	Maksymalny % NDP
			min	max		
Glifosat	65	0 (0%)	<0,08	<0,08	1	<8%

#### 4.3. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w ziarnie kukurydzy ze zbiorów 2024 r.

Zbiornicze dane uzyskane na podstawie przeprowadzonych badań przedstawiono w Tabelach 8–9. Zawartości badanych substancji obliczono jako dolna granica oznaczalności przyjmując wartości poniżej granicy oznaczalności jako równe zero (Tabela 8). Zawartości przedstawiono również jako środkowa granica oznaczalności przyjmując wartości poniżej granicy jako równe stężeniom odpowiadającym połowie granicy oznaczalności (Tabela 9). Badania obecności zanieczyszczeń środowiskowych w żywności przyjmują założenie, że wszystkie badane substancje są obecne w żywności, a niemożność ich oznaczenia ilościowego wynika wyłącznie z ograniczeń stosowanych metod analitycznych.

W badanym materiale stwierdzono w przeważającej ilości obecność niskocząsteczkowych węglowodorów aromatycznych z przewagą naftalenu, fenantrenu, fluorenu, acenaftenu, acenaftylnu, fluorantenu, pirenu i antracenu. Ogólnie obserwowane poziomy zawartości węglowodorów można uznać za niskie.

Obowiązujące rozporządzenie Komisji Europejskiej 2023/915 nie określa maksymalnych dopuszczalnych zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w ziarnie zbóż. W odniesieniu do powyższego rozporządzenia określono dopuszczalne zawartości dla przetworzonej żywności na bazie zbóż przeznaczonych do żywienia niemowląt i małych dzieci. Dla powyższej kategorii maksymalna zawartość benzo[a]pirenu oraz sumy wskaźnikowych węglowodorów określona została na poziomie 1 µg/kg. Maksymalne zawartości benzo[a]pirenu obliczone jako środkowa granica oznaczalności w żadnej z badanych próbek nie przekroczyła wartości 1 µg/kg.

Na tej podstawie można wnioskować, że ziarno kukurydzy jest pod tym względem bezpieczne dla konsumentów a obecność węglowodorów aromatycznych nie stanowi istotnego zagrożenie również dla jego obrotu towarowego.

Profil węglowodorów (rys. 1 i rys. 2) oraz wzajemne stosunki poszczególnych substancji są wskaźnikiem źródeł zanieczyszczenia materiału roślinnego węglowodorami aromatycznymi. Rysunek 2 przedstawia stosunek zawartości fluorenu do sumy fluorenu oraz pirenu w odniesieniu do stosunku antracenu do sumy antracenu i fenantrenu obliczony dla badanych próbek kukurydzy. Uzyskane wyniki wskazują na zanieczyszczenie zależne od produktów ropopochodnych. Dodatkowo literatura wskazuje, że wysokie zawartości naftalenu mogą wskazywać na zanieczyszczenie będące wynikiem emisji spalin z transportu drogowego.

Tabela 8. Zawartość węglowodorów aromatycznych w ziarnie kukurydzy (dolna granica oznaczenia)

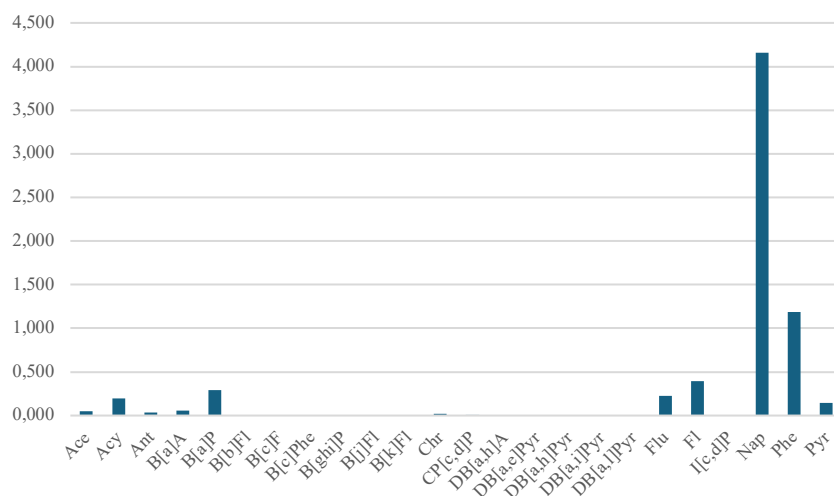
Związek	Średnia	Mediana	Min	Max	Odchylenie standardowe
	[µg/kg]				
Ace	0,048	0,033	0,000	0,236	0,046
Acy	0,195	0,138	0,000	0,708	0,154
Ant	0,036	0,036	0,008	0,062	0,014
B[a]A	0,060	0,061	0,015	0,154	0,031
B[a]P	0,293	0,258	0,021	0,966	0,237
B[b]Fl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B[c]F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B[c]Phe	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B[ghi]P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B[j]Fl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B[k]Fl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Chr	0,017	0,015	0,000	0,052	0,012
CP[c,d]P	0,001	0,000	0,000	0,012	0,003
DB[a,h]A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DB[a,e]Pyr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DB[a,h]Pyr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DB[a,i]Pyr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DB[a,l]Pyr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Flu	0,227	0,198	0,138	0,621	0,110
Fl	0,396	0,328	0,149	1,337	0,241
I[c,d]P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Nap	4,160	4,000	0,859	10,000	2,489
Phe	1,185	1,010	0,617	3,714	0,682



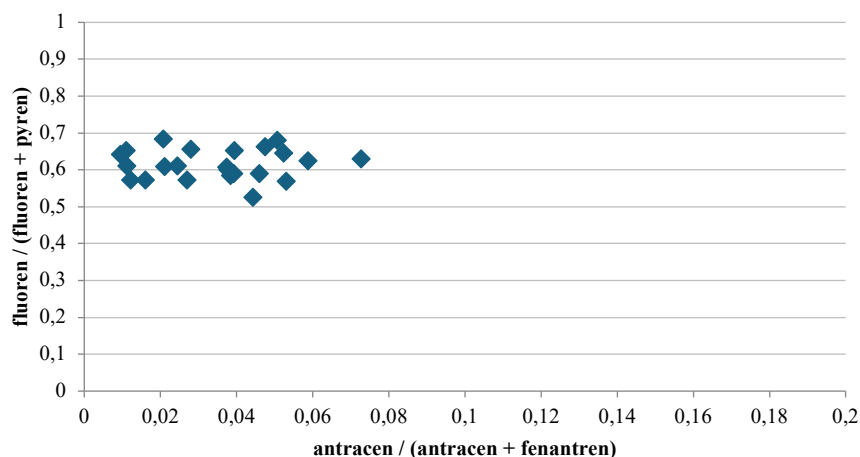
Pyr	0,147	0,126	0,065	0,465	0,088
-----	-------	-------	-------	-------	-------

Tabela 9. Zawartość węglowodorów aromatycznych w ziarnie kukurydzy (średkowa granica oznaczenia)

Związek	Średnia	Mediana	Min	Max	Odchylenie standardowe
	[µg/kg]				
Ace	0,045	0,020	0,020	0,236	0,047
Acy	0,195	0,138	0,020	0,708	0,153
Ant	0,033	0,036	0,018	0,062	0,015
B[a]A	0,056	0,035	0,035	0,154	0,031
B[a]P	0,293	0,258	0,043	0,966	0,238
B[b]Fl	0,028	0,028	0,028	0,028	0,000
B[c]F	0,028	0,028	0,028	0,028	0,000
B[c]Phe	0,028	0,028	0,028	0,028	0,000
B[ghi]P	0,080	0,080	0,080	0,080	0,000
B[j]Fl	0,028	0,028	0,028	0,028	0,000
B[k]Fl	0,028	0,028	0,028	0,028	0,000
Chr	0,016	0,010	0,010	0,052	0,011
CP[c,d]P	0,013	0,013	0,013	0,013	0,000
DB[a,h]A	0,043	0,043	0,043	0,043	0,000
DB[a,e]Pyr	0,020	0,020	0,020	0,020	0,000
DB[a,h]Pyr	0,020	0,020	0,020	0,020	0,000
DB[a,i]Pyr	0,020	0,020	0,020	0,020	0,000
DB[a,l]Pyr	0,020	0,020	0,020	0,020	0,000
Flu	0,227	0,198	0,138	0,621	0,110
Fl	0,396	0,328	0,149	1,337	0,241
I[c,d]P	0,040	0,040	0,040	0,040	0,000
Nap	4,160	4,000	0,859	10,000	2,489
Phe	1,185	1,010	0,617	3,714	0,682
Pyr	0,147	0,126	0,065	0,465	0,088



Rys 1. Profil węglowodorów aromatycznych w ziarnie kukurydzy.



Rys 2. Rozkład wartości diagnostycznych dla stężeń węglowodorów aromatycznych w ziarnie kukurydzy.

#### 4.4. Zawartość metali ciężkich w ziarnie kukurydzy ze zbiorów 2024 r.

Uzyskane wyniki zawartości metali ciężkich w próbkach kukurydzy ze zbiorów 2024 roku przedstawiono w tabelach 10–11.

Ołów był obecny na poziomie powyżej granicy oznaczalności we wszystkich badanych próbkach kukurydzy. Średnia zawartość ołowiu wynosiła 0,022 mg/kg (0,002–0,153). Maksymalna zawartość tego pierwiastka w ziarnie kukurydzy (0,153 mg/kg) stanowiła 77% NDZ, która dla ołowiu w ziarnie kukurydzy została ustalona na poziomie 0,2 mg/kg.

Kadm był obecny w 65,2% badanych próbek kukurydzy. Jego zawartość wahała się od wartości poniżej granicy oznaczalności do 0,035 mg/kg; średnio 0,004 mg/kg. W żadnej z badanych próbek kukurydzy zawartość kadmu nie przekraczała NDZ, a maksymalna zawartość stanowiła 70% NDZ.

Arsen był obecny w stężeniu równym granicy oznaczalności w 2,2% próbek. Rtęci nie wykryto w żadnej z badanych próbek kukurydzy.

Tabela 10. Zakres zawartości metali ciężkich w badanych próbkach kukurydzy. Wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ( $<LOQ = 0,5 * LOQ$ ).

Pierwiastek	n	$\geq LOQ$		Zawartość [mg kg <sup>-1</sup> ]			
		n	%	min	max	mediana	średnia
Ołów	89	89	100,0%	0,002	0,153	0,013	0,0216
Kadm	89	58	65,2%	0,000	0,035	0,003	0,0045
Arsen	89	2	2,2%	0,000	0,01	0,00	0,0002
Rtęć	89	0	0,0%	0,000	0,000	0,000	0,0000

Tabela 11. Zawartość metali ciężkich w badanych próbkach kukurydzy.

Pierwiastek	NDZ [mg kg <sup>-1</sup> ]	Próbki o stężeniu						Maks % NDZ
		$\geq NDZ$		$\geq 0,5 NDZ$		$\geq 0,25 NDZ$		
Ołów	0,2	0	-	4	4,5%	8	9,0%	77%
Kadm	0,05	0	-	2	2,2%	8	9,0%	70%

## 5. Podsumowanie

- ZEN był obecny we wszystkich badanych próbkach kukurydzy, DON w 79,8% badanych próbek, podczas gdy pozostałe mykotoksyny – suma HT-2 i T-2 oraz fumonizyny występowały z częstotliwością odpowiednio 39,3 i 25,8%. W żadnej z badanych próbek nie odnotowano przekroczenia NDZ fumonizyn. Najwyższa zawartość fumonizyn w ziarnie kukurydzy stanowiła 88% NDZ. W badanych próbkach wykryto przekroczenia najwyższych dopuszczalnych zawartości DON, ZEN i sumy HT-2 i T-2. Maksymalne zawartości tych toksyn w ziarnie kukurydzy stanowiły odpowiednio 194, 286 i 151% NDZ.
- Jedynym związkiem aktywnym środków ochrony roślin, który zidentyfikowano w ziarnie kukurydzy był flupyradifuron. Pestycyd ten został wykryty w 2% badanych próbek. Jego zawartość mieściła się w zakresie 0,01–0,02 mg kg<sup>-1</sup> i stanowiła maksymalnie 40 % NDP.
- Wszystkie badane próbki kukurydzy charakteryzowały się pozostałością glifosatu na poziomie <LOQ.
- WWA występowały w badanych próbkach ziarna kukurydzy na niskim poziomie nie stanowiącym zagrożenia zdrowotnego.
- Ołów był obecny na poziomie >LOQ we wszystkich badanych próbkach kukurydzy. Maksymalna zawartość tego pierwiastka (0,153 mg/kg) stanowiła 77% NDZ. Kadm był obecny w 65,2% badanych próbek. Jego maksymalna zawartość stanowiła 70% NDZ. Arsen był obecny w stężeniu równym granicy oznaczalności w 2,2% próbek. Rtęci nie wykryto w żadnej z badanych próbek kukurydzy.

Załącznik 1. Wykaz substancji aktywnych środków ochrony roślin

2,4'-Metoksychlor	Chinoklamina	Dimetoat	Fluksapyroksad
4,4'-Metoksychlor	Chinoksyfen	Dimetomorf	Fluoksastrobina
olefin	Chinomerak	Dimoksystrobina	Flupiradifuron
A	Chizalofop-p-etylu	Dinikonazol	Flupyrulfuron-metylu
Abamektyna	Chizalofop-p-tefurylu	Disulfoton	Flurochloridon
Acekwinocyl	Chlomazon	Dodyna	Fluroksypyr
Acetamipryd	Chlorantraniliprol	E	meptylu
Akrynatryna	Chlorbensid	Emamektyna	Flusilazol
Alankarb	Chlordan alfcis	Endosulfan alfa	Flutolanil
Aldikarb	Chlordan	Endosulfan beta	Flutriafol
Aldikarbu sulfon	Chlordan gammtrans	Endosulfan eter	Folpet
Aldikarbu sulfotlenek	Chlorfenson	Endosulfan	Fonofos
Aldryna	Chlorfenwinfos	siarczan	Foramsulfuron
Alletryna	Chloridazon	Endryna	Forat
Ametokradyna	Chloroneb	Endryny Aldehyd	Fosalon
Amisulbrom	Chlorotalonil	Endryny Keton	Fosfamidon
Antrachinon	Chlorpiryfos-etylowy	Epoksykonazol	Fosmet
Atrazyna	Chlorpiryfos-metylowy	Esfenvalerat	Fostiazat
Azadyrachtyna A	Chlorprofam	Etakonazol	Fuberidazol
Azoksystrobina	Chlorsulfuron	Etofumesat	Furatiokarb
B	Chlortiofos	Etiofenkarb	H
Beflubutamid	Cyflumetofen	Etion	Haloksyfop-metylu
Benfurakarb	Cyflutryna	Etirimol	HCH, Alfa
Bensulfuron metylu	Cyjanotraniliprol	Etofenproks	HCH, Beta
Bentazon	Cyjazofamid	Etoksazol	HCH, delta
Bentiowalikarb izopropylowy	Cymoksanil	Etrimfos	HCH, gamma
Benzowindyflupyr	Cypermetryna	F	Heksachlorobenze n-HCB
Benzyloadenina	Cyprodinil	Famoksadon	Heksakonazol
Benzyloamino puryna	D	Fenamidon	Heksytiazoks
Bifenoks	DDD p,p`	Fenamifos	Heptachlor
Bifentryna	DDD, o,p`	Fenarimol	Heptachloru epoksyd
Biksafen	DDE o,p`	Fenbukonazol	Hymeksazol
Bitertanol	DDE p, p`	Fenchlorfos	I
Boskalid (Nikobifen)	DDT o,p`	Fenheksamid	Imazalil
Bromfenwinfos	DDT p,p`	Fenitrotion	Imzamoks
Bromfenwinfos-metylu	Deltametryna	Fenmedifam	Imidaklopryd
Bromofos-etylu	Diazynon	Fenoksaprop-etylu	Indoksakarb
Bromofos-metylu	Dichlofluaniid	Fenotryna	Iodofenfos
Bromoksynil	Dichloro-benzofenon, 4, 4`	Fenpropidyna	Ipkonazol
Bromopropylat	Dichlorfos (DDVP)	Fenpropimorf	Iprodion
Bromukonazol	Dieldryna	Fenpyroksymat	Isoproturon
Bupiryamat	Difenokonazol	Fenson	Izodrin
Butokarboksym	Difenylamina	Fenwalerat	Izoksafutol
Butoksykarboksym	Diflubenzuron	Fipronil	Izopyrazam
Butotlenek piperonylu	Diflufenikan	Flonikamid	J
C	Diklobutrazol	Florasulam	Jodosulfuron-metylu
Cesmedifam	Dimetachlor	Fluazifop-P-butylu	K
	Dimetenamid_p	Fluazinam	Kaptan
		Fluchinkonzol	Karbendazym
		Flucytrynat	Karbofenotion
		Fludioksonil	
		Flufenacet	

Karboksyna	Oksamyl	Spinetoram B
Karfentrazon-etylu	Oksyfluorfen	Spinosad A
Kletodym	P	Spinosad D
Klofentezyna	Paklobutrazol	Spirodiklofen
Klopyralid	Paration (etylowy)	Spiroksamina
Klotianidyna	Paration	Spirotetramat
Krezoksym-metylu	(metylowy)	Sulfotep
Kumafos	Pencykuron	Sulkotrion
Kwintozen	Pendimetalina	Sulprofos
L	Penflufen	Symazyna
Laktofen	Penkonazol	T
Lambda	Penoksulam	Tau-fluwalinat
cyhalotryna	Pentachloroanisol	Tebufenpyrad
Lenacil	Pentachlorobenzen	Tebukonazol
Leptofos	Pentachlorotioanis	Tebutiuron
Linuron	ol	Teflutryna
M	Permetryna	Tembotrion
Malation	Pertan (Etylan)	Tepraloksydym
Mandipropamid	Petoksamid	Terbufos
Mefentriflukonazol	Pikoksystrobina	Terbutylazyna
Mekarbam	Pikolinafen	Tetrachlorwinfos
Mepanipiryum	Pimetrozyna	Tetradifon
Metabenziazuron	Pinoksaden	Tetrakonazol
Metabromuron	Pirydat	Tetrametryna
Metakrifos	Pirymetanil	Tiabendazol
Metalaksyl	Pirimifos-	Tiaklopryd
Metamidofos	metylowy	Tiametoksam
Metamitron	Pirimikarb	Tidiazuron
Metazachlor	Piryproksyfen	Tienkarbendazon
Metiokarb	Prochloraz	metylu
Metkonazol	Procymidon	Tifensulfuron
Metoksychlor A	Profenofos	metylu
Metoksyfenozyd	Prometryna	Tiofanat metylu
Metomyl	Propachizafop	Tolilfluamid
Metrafenon	Propachlor	Tolklofos-metylu
Metrybuzyna	Propamokarb	Transflutryna
Metsulfuron	Propargit	Triadimenol
metylu	Propikonazol	Triazofos
Metydation	Propoksur	Tribenuron metylu
Mewinfos	Propoksykarbazon	Trichlopyrd
Mezosulfuron	Propyzamid	Trifloksystrobina
metylu	Prosulfokarb	Triflumizol
Mezotrion	Protiofos	Trifluralina
Milbamektyna A3	Protiokonazol	Triflusulfuron
Milbamektyna A4	Pyraflufen etylu	metylu
Mireks	Pyraklostrobina	Trineksapak etylu
Myklobutanil	Pyridaben	Tritikonazol
N	Pyriofenon	W
Napropamid	Pyroksulam	Walifenalat
Nikosulfuron	R	Winklozolina
Nonachlor-cis	Resmetryna	Z
Nonachlor-trans	Rimsulfuron	Zoksamid
Nuarimol	S	
O	Sedaksan	
Oksadiksyl	Spinetoram A	



**INSTYTUT BIOTECHNOLOGII  
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO  
im. prof. Wacława Dąbrowskiego  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

**ZA**

**Zakład  
Bezpieczeństwa  
i Analizy Chemicznej  
Żywności**

Kierownik Zakładu

**dr hab. inż. Marcin Bryła, prof. IBPRS – p.o. Kierownika Zakładu**

tel. 22 606 38 42

e-mail: [marcin.bryla@ibprs.pl](mailto:marcin.bryla@ibprs.pl)

**dr Krystyna Szymczyk – Zastępca Kierownika Zakładu**

tel. 22 606 38 97

e-mail: [krystyna.szymczyk@ibprs.pl](mailto:krystyna.szymczyk@ibprs.pl)