



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

ZIARNO KUKURYDZY ze zbiorów 2021 r.



BADANIA ZREALIZOWANE W RAMACH ZADANIA 2.

**BADANIA ZREALIZOWANE W RAMACH ZADANIA 1. : ANALIZA JAKOŚCI SUROWCÓW ROLNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM
ZAGROŻENIA WYSTĄPIENIA SUBSTANCJI SKAŻAJĄCYCH REALIZOWANYCH NA ZLECENIE
MINISTERSTWA ROLNICTWA I ROZWOJU WSI**

fotografia na okładce: Pixabay

ZIARNO KUKURYDZY ze zbiorów 2021 r.

Opracował:

dr hab. inż. Marek Roszko, prof. IBPRS

dr hab. inż. Marcin Bryła, prof. IBPRS

Zakład Bezpieczeństwa i Analizy Chemicznej Żywności
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego

Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa, grudzień 2021 r.

BADANIA ZREALIZOWANE W RAMACH ZADANIA 2.

**BADANIA ZREALIZOWANE W RAMACH ZADANIA 1. : ANALIZA JAKOŚCI SUROWCÓW ROLNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM
ZAGROŻENIA WYSTĄPIENIA SUBSTANCJI SKAŻAJĄCYCH REALIZOWANYCH NA ZLECENIE
MINISTERSTWA ROLNICTWA I ROZWOJU WSI**

1. Wprowadzenie

Prawo żywnościowe Unii Europejskiej wskazuje jednoznacznie, że dla ochrony zdrowia publicznego konieczne jest zapewnienie warunków, aby żywność nie zawierała zanieczyszczeń w ilościach przekraczających dopuszczalne z punktu widzenia toksykologicznego poziomów.

Jak wskazano w Rozporządzeniu Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 roku z późniejszymi zmianami w celu zapewnienia skutecznej ochrony zdrowia publicznego, do obrotu handlowego nie mogą być wprowadzane ani same produkty zawierające zanieczyszczenia w ilościach przekraczających najwyższe dopuszczalne poziomy, ani mieszaniny tych produktów z innymi środkami spożywczymi; produkty te nie mogą też być stosowane jako składniki innych środków spożywczych.

W odniesieniu do maksymalnych dopuszczalnych poziomów mykotoksyn i metali w żywności, w tym w zbożach, obowiązuje Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 roku z późniejszymi zmianami, w tym w uzupełniającym je Rozporządzeniem Komisji (WE) Nr 1126/2007 z dnia 28 września 2007 roku ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do mykotoksyn wytwarzanych przez *Fusarium* w kukurydzy i jej przetworach; Rozporządzeniem Komisji (UE) 2021/1317 z dnia 9 sierpnia 2021 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów ołowiu; Rozporządzeniem Komisji (UE) 2021/1323 z dnia 10 sierpnia 2021 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów kadmu w niektórych środkach spożywczych. Wymagania w tym zakresie, dotyczące ziarna zbóż przeznaczonych do celów paszowych ustanawia Dyrektywa 2002/32/EC wraz ze zmianami wprowadzonymi Dyrektywą 2006/77/EC. W kontekście obecności toksyn HT-2 i T-2 w ziarnie zbóż, nie ma regulacji prawnych w zakresie maksymalnych dopuszczalnych zawartości, niemniej jednak w 2013 r. opublikowano Zalecenie Komisji nr 2013/165/UE, w którym zawarto poziomy wskaźnikowe dla sumy toksyn HT-2 i T-2, od których/powyżej których badania powinno się przeprowadzać badania nad czynnikami związanymi z obecnością toksyn T-2 i HT-2 w ziarnie (poziomy wskaźnikowe nie stanowią poziomów bezpieczeństwa dla paszy i żywności). Maksymalne dopuszczalne pozostałości środków ochrony roślin w ziarnie zbóż wskazano w Rozporządzeniu 396/2005 Komisji Europejskiej z późniejszymi zmianami.

Obecnie europejskie prawo żywnościowe staje się niezwykle restrykcyjne w zakresie stosowania środków ochrony roślin. Z europejskiego rejestru substancji aktywnych środków ochrony roślin dopuszczonych do stosowania wycofywane są liczne (grupy) substancje. Zmianom ulegają również wskazane w prawie maksymalne dopuszczalne pozostałości dla poszczególnych substancji aktywnych. Tym samym poza etykietowe stosowanie środków ochrony roślin lub stosowane preparatów pochodzących z importu z krajów trzecich może skutkować przekroczeniem maksymalnych dopuszczalnych zawartości. Działania takie mogą stanowić zagrożenie w rozumieniu bezpieczeństwa żywności oraz powodować istotne ryzyko handlowe w obrocie towarowym ziarnem. Wdrażanie założeń strategii Europejskiego Zielonego Ładu zakłada radykalne ograniczenie stosowania środków ochrony roślin w krajach Unii Europejskiej. Należy spodziewać się, że uprawa roślin w przyszłych sezonach wegetacyjnych będzie trudna również w kontekście występowania mykotoksyn w płodach rolnych.

Obecność mykotoksyn stanowi istotny problem w produkcji ziarna zbóż na świecie z uwagi na postępujące zmiany klimatu oraz występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych wpływających na infekcje grzybowe roślin zbożowych. Powyższe zjawisko jest typowe również dla obszaru Polski.

2. Identyfikacja substancji skażających.

2.1. Mykotoksyny

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).

Obecność toksyn *Fusarium* w ziarnie kukurydzy związana jest z infekcjami roślin kukurydzy przede wszystkim w okresie poprzedzającym jej kwitnienie jak i w trakcie tego procesu. Infekcje kukurydzy wywołane przez grzyby *Fusarium* to przede wszystkim dwie główne choroby: *Fusarium* ear rot (FER) oraz *Gibberella* ear rot (GER). Ponadto należy wspomnieć, że choroby te mogą się rozwijać w tym samym czasie. Na częstotliwość i stopień infekcji wpływają warunki klimatyczne, stosowane praktyki rolnicze oraz cechy genetyczne roślin związane ich podatnością roślin

na infekcje. Ważnym czynnikiem w rozprzestrzenianiu się *Fusarium* są również niektóre owady (np. *Ostrinia nubilalis*, *Thysanoptera*), które z jednej strony powodują uszkodzenie kolb kukurydzy, z drugiej zaś przyczyniają się do rozprzestrzeniania się zarodników patogenu. Głównym gatunkiem *Fusarium* odpowiedzialnym za FER jest *F. verticillioides*, który powoduje zanieczyszczenie ziaren kukurydzy fumonizynami i jest to prawdopodobnie najczęściej izolowany gatunek z zainfekowanych kolb. Również ważnymi czynnikami sprawczymi FER są *F. proliferatum* i *F. subglutinans*, które także posiadają zdolność biosyntezy fumonizyn. Natomiast dominującymi gatunkami wywołującymi GER są *F. graminearum*, *F. culmorum* i w mniejszym stopniu *F. avenaceum*. Kilka innych gatunków, takich jak *F. equiseti*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. acuminatum*, *F. semitectum*, *F. solani* i *F. temperatum* również izolowano z zainfekowanych kolb kukurydzy. Z rozwojem GER na roślinach kukurydzy wiązana jest obecność w ziarnie kukurydzy takich toksyn jak trichoteceny i zearalenon. Dynamice infekcji i kolonizacji grzybów zaangażowanych w GER sprzyja wysoka temperatura (27-35°C) i wilgotność (średnia wilgotność względna >85%). W porównaniu z GER, FER występuje w cieplejszych i suchszych warunkach. *F. verticillioides* często jest kojarzony z *F. subglutinans*, który zajmuje tę samą niszę ekologiczną i w ten sposób konkuruje o składniki odżywcze i przestrzeń. Dynamika kolonizacji grzybów odpowiedzialnych za FER jest silnie uzależniona od czynników środowiskowych. Uważa się, że *F. subglutinans* i *F. proliferatum* do rozwoju wymagają niższych wartości temperatury niż *F. verticillioides*, który charakteryzuje się dużą zdolnością adaptacji do gorących warunków.

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 współwystępującymi z nimi zmodyfikowanymi formami 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 mykotoksyn, z których powstały.

2.2. Pozostałości środków ochrony roślin

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

2.3. Metale ciężkie

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 czy 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.

3. Metodyka badań

3.1. Liczba próbek do badań

W ramach programu badań realizowanego we współpracy z Zakładem Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa IBPRS-PIB zgromadzono 50 próbek ziarna kukurydzy. Próbkę do badań pochodziły z elewatorów zbożowych i firm zajmujących się przetwórstwem ziarna kukurydzy ze zbiorów z roku 2021. Próbkę pochodziły z różnych rejonów klimatyczno-uprawowych, przyjętych przez Centralny Ośrodek Badania Roślin Uprawnych (COBORU) dla potrzeb oceny odmian w Polsce.

4. Wyniki badań, analiza ryzyka i rekomendacje.

4.1. Zawartość mykotoksyn w ziarnie kukurydzy ze zbiorów 2020 roku

Najczęściej znajdowanymi mykotoksynami w ziarnie zbóż były DON, jego metabolit DON-3G oraz ZEN. Odsetek próbek pozytywnych w których stwierdzono obecność tych związków wynosił kolejno 58, 52 i 52% a średnia zawartość tych substancji kształtowała się na poziomie 328 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (50-1678 $\mu\text{g}/\text{kg}$) dla DON, 152 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (38-617 $\mu\text{g}/\text{kg}$) dla DON-3G oraz 446 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (5-2699 $\mu\text{g}/\text{kg}$). ZEN-14S obecny był u 14% próbek a jego średnia zawartość kształtowała się na poziomie 361 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (144-877 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Również relatywnie wysoki odsetek próbek pozytywnych odnotowano w przypadku sumy FB1 i FB2 (34% próbek). Sumaryczna zawartość tych substancji (FB1+FB2) była na średnim poziomie 547 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (63-1765 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Sumę zawartości toksyn HT-2 i T-2 w stężeniu powyżej wartości LOQ wykazano u 22% próbek przy średniej zawartości 123,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (3,6 – 652,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$). W próbkach, w których stwierdzano obecność toksyn HT-2 i T-2, obserwowano obecność ich metabolitów. T-2-3 α -G, HT-2-3 α -G, oraz HT-2-3 β -G, w stężeniach powyżej LOQ obecny był u odpowiednio 8, 12 i 10% próbek (średnio 90,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 44,6 – 144,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dla T-2-3 α -G, 29,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 2,4-118,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dla HT-2-3 α -G oraz 53,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 4,6-210,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dla HT-2-3 β -G). T-2-3 β -G (w stężeniach powyżej LOQ) nie identyfikowano w żadnej z analizowanych próbek. NIV obecny był u 12% próbek a jego średnia zawartość wynosiła 230 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (87-507 $\mu\text{g}/\text{kg}$), natomiast jego metabolit obecny był u 8% (średnio 119 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 36-218 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (tabela 1).

TABELA 1. ZBIORCZE ZESTAWIENIE ZAWARTOŚCI MYKOTOKSYN W BADANYCH PRÓBKACH KUKURYDZY.

Toksyna	% próbek pozytywnych	Średnia [µg/kg]	Mediana	Min	Max	% MAX NDZ
DON	58	328	155	50	1678	96
DON3G	52	152	87	38	617	
NIV	12	230	133	87	507	
NIV3G	8	119	111	36	218	
T2	20	81,2	39,2	3,6	282,1	
HT-2	12	90,9	52,8	3,4	370	
T2+HT2	22	123,4	45,9	3,6	652,1	185
T-2-3α-G	8	90,1	85,7	44,6	144,5	
T-2-3β-G	0	-	-	-	-	
HT-2-3α-G	12	29,1	11,2	2,4	118,4	
HT-2-3β-G	10	53,6	18,5	4,6	210,4	
ZEN	52	446	127	5	2699	771
ZEN-14G	0	-	-	-	-	
ZEN-14S	14	361	299	144	877	
FB1	34	389	192	63	1381	
FB2	28	192	136	54	543	
FB3	14	169	163	77	294	
FB1+FB2	34	547	288	63	1765	44

W tabeli 2 przedstawiono maksymalne dopuszczalne zawartości w ziarnie kukurydzy w odniesieniu do toksyn Fusarium. Spośród wszystkich badanych toksyn w ziarnie kukurydzy, przekroczenie dopuszczalnej maksymalnej zawartości (lub wartości orientacyjnej dla sumy zawartości HT-2 i T-2) odnotowano w przypadku ZEN (16% próbek) oraz sumy HT-2 i T-2 (4% próbek) (tabela 2). Odsetek próbek zawierających mykotoksyny na poziomie 0,5*NDZ wynosił 4% (dla DON), 22% dla ZEN oraz 6% (dla sumy HT-2 i T-2). Obecności FB1+FB2 powyżej poziomu 0,5*NDZ nie stwierdzono.

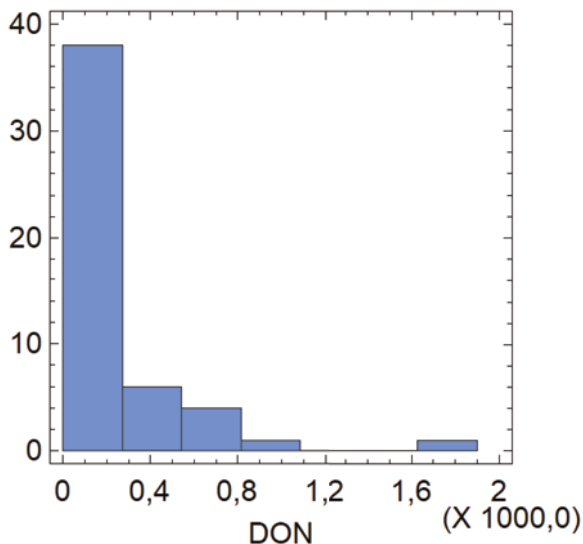
TABELA 2. ZAWARTOŚCI MYKOTOKSYN W BADANYCH PRÓBKACH KUKURYDZY W STOSUNKU DO KTÓRYCH OKREŚLONO MAKSYMALNE DOPUSZCZALNE ZAWARTOŚCI.

Toksyna	% próbek pozytywnych	NDZ [ug/kg]	% próbek > NDZ	% próbek > 0,5 NDZ	Maksymalny %NDZ
DON	58	1750	0	4	96
T2+HT2	22	200	4	6	185
ZEN	52	350	16	22	771
FUM	34	4000	0	0	44

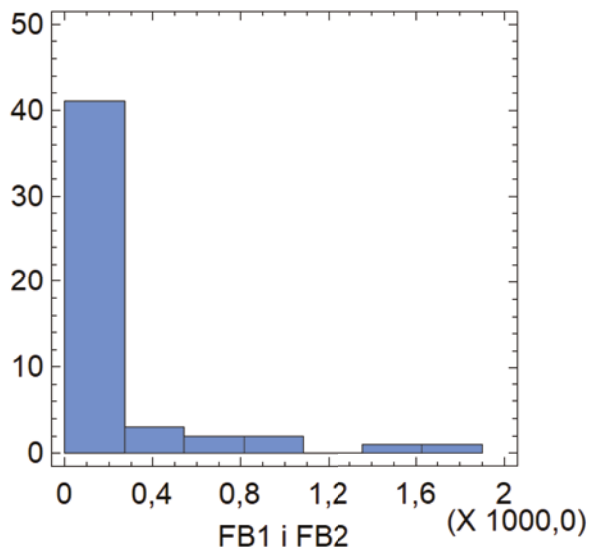
W próbkach kukurydzy w których zawartość badanych toksyn była na poziomie poniżej wartości LOQ, przyjęto założenie że zawartość ta w odniesieniu do wszystkich toksyn wynosi $0,5 * LOQ$. Tym samym, szczególnie w przypadku toksyn o relatywnie niskim odsetku próbek powyżej LOQ, średnia zawartość tych toksyn w kukurydzy była niższa w porównaniu z zawartością tych toksyn w próbkach pozytywnych (powyżej LOQ) (tabela 1 - 3). Szczegółowy rozkład częstości występowania i stężeń DON, ZEN, HT-2+T-2 oraz FB1+FB2 w badanym ziarnie kukurydzy, zaprezentowano na rysunku 1 – 4.

TABELA 3. ZBIORCZE ZESTAWIENIE ZAWARTOŚCI MYKOTOKSYN W BADANYCH PRÓBKACH KUKURYDZY, WYNIKI PRZEDSTAWIONO JAKO ŚRODKOWA GRANICA OZNACZENIA ($LOQ = 0,5 * LOQ$).

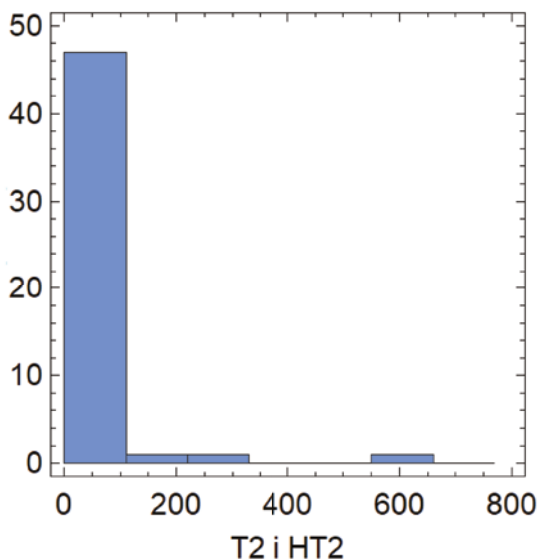
Toksyna	Średnia	Mediana	Min	Max	% MAX NDZ
[μg/kg]					
DON	203	57	76	1678	96
DON-3G	91	38	38	617	
NIV	45	20	20	507	
NIV-3G	33	25	25	218	
T2	18,6	3	3	282,1	
HT-2	15,3	5	5	370	
T2+HT2	33,9	8	8	652,1	185
T-2-3α-G	7,7	0,5	0,5	44,6	
T-2-3β-G	0,5	0,5	0,5	-	
HT-2-3α-G	4,4	1,0	1,0	2,4	
HT-2-3β-G	6,3	1,0	1,0	4,6	
ZEN	234	8	3	2699	771
ZEN-14G	10	10	10	-	
ZEN-14S	59	10	10	877	
FB ₁	141	13	13	1381	
FB ₂	63	13	13	543	
FB ₃	35	13	13	294	
FB ₁ +FB ₂	203	25	25	1765	44



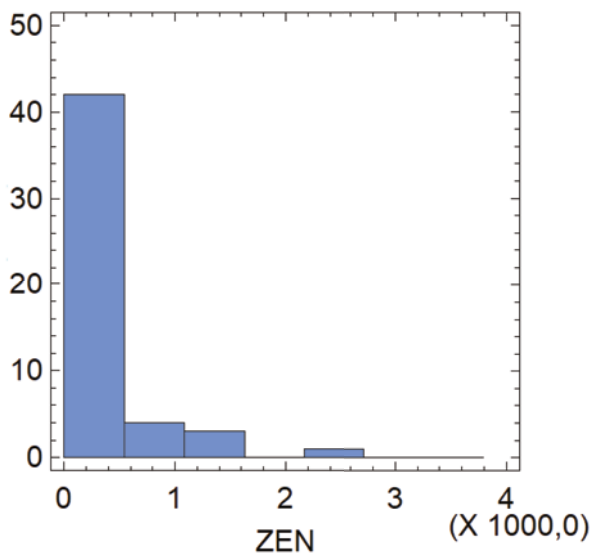
RYS 1. ROZKŁAD STĘŻEŃ DON W BADANYCH PRÓBKACH KUKURYDZY [$\mu\text{g kg}^{-1}$] (ŚRODKOWA GRANICA OZNACZENIA).



RYS 2. Rozkład stężeń Fumonizyn w badanych próbkach kukurydzy [$\mu\text{g kg}^{-1}$] (ŚRODKOWA GRANICA OZNACZENIA).



RYS 3. Rozkład stężeń sumy HT2 i T2 w badanych próbkach kukurydzy [$\mu\text{g kg}^{-1}$] (średkowa granica oznaczenia).



RYS 4. Rozkład stężeń Zearalenonu w badanych próbkach kukurydzy [$\mu\text{g kg}^{-1}$] (średkowa granica oznaczenia).

4.2. Pozostałości pestycydów w ziarnie kukurydzy

W badanych 50 próbkach ziarna kukurydzy wykonano oznaczenia pozostałości środków ochrony roślin różnych grup chemicznych (patrz wykaz substancji aktywnych). Dodatkowo w 25 badanych próbkach wykonano oznaczenia pozostałości substancji aktywnej herbicydu Roundup – glifosatu.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano obecność pozostałości w 14% badanych próbek (wyłączając glifosat). W większości zidentyfikowano próbki wielopozostałościowe. Stwierdzono występowanie przekroczeń pozostałości badanych pestycydów. Spośród wykrytych substancji aktywnych pirimifos metylowy (dezynsekcja nasion, magazyny, silosy), sedaksam, tritikonazol są zarejestrowane w uprawie kukurydzy, natomiast fluksapyroksad i cypermetryna nie są zarejestrowane. Stwierdzono występowanie przekroczeń substancji aktywnych tritikonazol, fluksapyroksad i sedaksam. Zarówno tritikonazol jak i sedaksam są zarejestrowane w uprawie kukurydzy jako zaprawy nasienne.

TABELA 4. 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 \geq 0,5 NDP
Pestycydy z wyłączeniem glifosatu	50	5	7	14	3	2	2	4	4
Glifosat	25	1	12	48	-	-	-	1	1

Pozostałości glifosatu wykryto w 48% badanych próbek. Zakres zawartości oscylował od granicy oznaczalności 0,01 – 2,38 mg/kg. W odniesieniu do ustalonej maksymalnej dopuszczalnej pozostałości wynoszącej 1 mg/kg obserwowane występowały przekroczenia.

TABELA 5. SUBSTANCJE AKTYWNE PESTYCYDÓW WYKRYTE W BADANYCH PRÓBKACH KUKURYDZY.

L.p.	Substancja aktywna	n	Zawartość [mg/kg]		NDP [mg/kg]	Maksymalny % NDP
			min	max		
1	pirimifos metylowy	4	<0,01	0,066	0,5	13
2	tritikonazol	2	<0,01	0,07	0,01	700
3	cypermetryna	1	<0,01	0,01	0,03	33
4	fluksapyroksad	3	<0,01	0,546	0,01	5460
5	sedaksam	4	<0,01	0,22	0,01	2200
6	glifosat	12	<0,01	2,38	1	238

4.3. Zawartość metali ciężkich w ziarnie kukurydzy ze zbiorów 2021 r.

Uzyskane wyniki zawartości metali ciężkich w próbkach kukurydzy ze zbiorów 2021 roku przedstawiono w sposób zbiorczy w tabeli 6 i 7. W tabeli 8 i 9 przedstawiono dane dotyczące zawartości metali ciężkich w odniesieniu do przyjętych najwyższych dopuszczalnych zawartości.

TABELA 6. ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W BADANYCH PRÓBKACH KUKURYDZY, DOLNA GRANICA OZNACZENIA.

Pierwiastek	n	Metale ciężkie					Maksymalny % NDZ
		% próbek > LOQ	NDZ [µg/kg]	próbek ≥ NDZ	próbek ≥ 0,5 NDZ	próbek ≥ 0,25 NDZ	
Ołów	50	98%	200	0	0	22	41
Kadm	50	94%	100	0	0	24	33
Arsen	50	0%	-	-	-	-	-
Rtęć	50	0%	-	-	-	-	-

TABELA 7. ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W BADANYCH PRÓBKACH KUKURYDZY, WYNIKI PRZEDSTAWIONO JAKO ŚRODKOWA GRANICA OZNACZENIA (<LOQ = 0,5*LOQ).

Pierwiastek	n	Metale ciężkie				Maksymalny % NDZ
		NDZ [µg/kg]	próbek ≥ NDZ	próbek ≥ 0,5 NDZ	próbek ≥ 0,25 NDZ	
Ołów	50	200	200	0	0	22
Kadm	50	100	100	0	0	24
Arsen	50	-	-	-	-	-
Rtęć	50	-	-	-	-	-

TABELA 8. ZAKRES ZAWARTOŚCI METALI CIĘŻKICH W BADANYCH PRÓBKACH KUKURYDZY, DOLNA GRANICA OZNACZENIA.

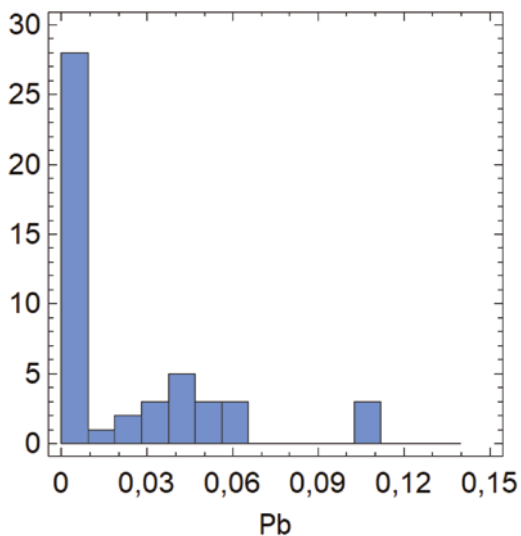
Pierwiastek	n	Zawartość [µg/kg]			
		min.	max.	mediana	średnia
Ołów	50	5	82	30	34
Kadm	50	1	33	5	10
Arsen	50	-	-	-	-
Rtęć	50	-	-	-	-

TABELA 9. ZAKRES ZAWARTOŚCI METALI CIĘŻKICH W BADANYCH PRÓBKACH KUKURYDZY, WYNIKI PRZEDSTAWIONO JAKO ŚRODKOWA GRANICA OZNACZENIA (<LOQ = 0,5*LOQ).

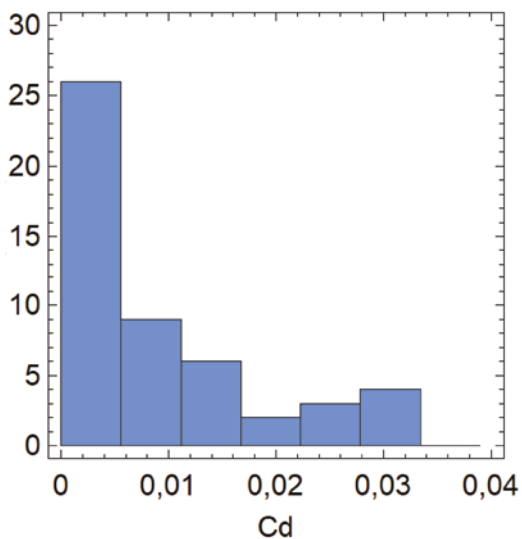
Pierwiastek	n	Zawartość [µg/kg ⁻¹]			
		min.	max.	mediana	średnia
Ołów	50	1	82	3	32
Kadm	50	1	33	5	10
Arsen	50	10	10	10	10
Rtęć	50	1	1	1	1

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że:

- Zawartość kadmu wahała się w granicach od 1 µg/kg do 33 µg/kg; średnio 10 µg/kg. W żadnej z badanych próbek nie stwierdzono przekroczenia najwyższej dopuszczalnej zawartości dla kadmu wynoszącej 200 µg/kg.
- Zawartość ołowiu wahała się od 5 µg/kg do 82 µg/kg; średnio 34 µg/kg. W żadnej z badanych próbek nie stwierdzono przekroczenia najwyższej dopuszczalnej zawartości dla ołowiu, wynoszącej 200 µg/kg.
- W przypadku ołowiu i kadmu stwierdzono przypadki zawartości wynoszące odpowiednio 41 i 33 % dopuszczalnej pozostałości.
- W żadnej z badanych próbek nie stwierdzono obecności arsenu i rtęci powyżej granicy oznaczalności stosowanych metod.



RYS 5. Rozkład stężeń ołowiu w badanych próbkach kukurydzy [mg/kg]



RYS 6. Rozkład stężeń kadmu w badanych próbkach kukurydzy [mg/kg]

5. Podsumowanie

- Obecność DON w próbkach kukurydzy stwierdzono w przypadku 58% próbek na średnim poziomie 328 µg/kg (50 – 1678 µg/kg). W żadnej z badanych próbek nie odnotowano przekroczenie maksymalnej dopuszczalnej zawartości.
- NIV stwierdzono w przypadku 12% próbek, a jego średnia zawartość była niższa niż w przypadku DON (średnio 152 µg/kg, 38 – 617 µg/kg).
- ZEN, podobnie jak DON obecny był w próbkach kukurydzy poziomie 52 próbek). Średnia zawartość ZEN wyniosła 446 µg/kg (5-2699 µg/kg). W przypadku 16% próbek stwierdzono przekroczenia maksymalnej dopuszczalnej zawartości.
- Sumę zawartości toksyn HT-2 i T-2 stwierdzono w przypadku 22% próbek kukurydzy, przy czym przekroczenie wskaźnikowego poziomu (200 µg/kg) odnotowano w przypadku 22% próbek.
- Obecność fumonizyn (FB1+FB2) w próbkach kukurydzy stwierdzono w przypadku 34% próbek, jednakże ich zawartość była na bezpiecznym poziomie (poniżej wartości NDZ i 0,5*NDZ).
- Obecność zmodyfikowanych form DON, NIV, ZEN-14S oraz toksyn HT-2 i T-2 w próbkach ziarna kukurydzy zwiększa całkowitą zawartość podstawowych analogów. Im wyższa zawartość toksyn, tym wyższa zawartość ich pochodnych i wyższe ryzyko niedoszacowania zawartości mykotoksyn.
- W badanych próbkach kukurydzy obserwowano przekroczenia pozostałości środków ochrony roślin.
- Duży odsetek próbek zawierał pozostałości glifosatu, ale na granicy oznaczenia ilościowego.
- Badane próbki kukurydzy były generalnie wolne od zanieczyszczenia arsenem i rtęcią.
- Stwierdzane zawartości kadmu i ołowiu były poniżej dopuszczalnych zawartości.

ZAŁĄCZNIK 1. BADANE SUBSTANCJE AKTYWNE ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN.

	2,4'-Metoksychlor	Chloroneb	Endryna	Fonofos
	4,4'-Metoxychlor olefin	Chlorotalonil	Endryny Aldehyd	Foramsulfuron
A	Abamektyna	Chlorpiryfos-etylowy	Endryny Keton	Forat
	Acekwincyl	Chlorpiryfos-metylowy	Epoksykonazol	Fosalon
	Acetamipryd	Chlorprofam	Esfenvalerat	Fosamidon
	Akrynatryna	Chlorsulfuron	Etakonazol	Fosmet
	Aldryna	Cyflumetofen	Ethofumesat	Fostiazat
	Alletryna	Cyflutryna	Etion	Fuberidazol
	Ametokradyna	Cyjanotraniliprol	Etirimol	H Haloksyfop-metylu
	Amisulbrom	Cyjazofamid	Etofenproks	HCH, Alfa
	Antrachinon	Cymoksanil	Etoksazol	HCH, Beta
	Atrazyna	Cypermetryna	Etrimfos	HCH, delta
	Azadyrachtyna A	Cyprodinil	F Famoksadon	HCH, gamma
	Azoksystrobina	Cyprokonazol	Fenamidon	Heksachlorobenzen-HCB
B	Beflubutamid	D DDD p,p`	Fenarimol	Heksakonazol
	Bensulfuron metylu	DDD, o,p`	Fenbukonazol	Heksytiazosks
	Bentazon	DDE o,p`	Fenheksamid	Heptachlor
	Bentiowalikarb izopropy-	DDE p, p`	Fenitrotion	Heptachlor epoksyd
	lowy	DDT o,p`	Fenmedifam	Hymeksazol
	Benzowindiflupyr	DDT p,p`	Fenoksaprop-etylu	I Imazail
	Benzyloadenina	Deltametryna	Fenotryna	Imazamoks
	Benzyloamino puryna	Desmedifam	Fenpropidyna	Imidaklopyrd
	Bifenoks	Diazynon	Fenpropimorf	Indoksakarb
	Bifentryna	Dichlofluaniid	Fenpyroksymat	Ipkonazol
	Biksafen	Dichloro-benzofenon, 4, 4`	Fenson	Iprodion
	Bitertanol	Dichlorwos (DDVP)	Fenvalerat	Isoproturon
	Boskalid (Nikobifen)	Dieldryna	Fipronil	Izodrin
	Bromoksynil	Difenokonazol	Flonikamid	Izoksafutol
	Bromopropylat	Difenylamina	Florasulam	Izopyrazam
	Bromokonazol	Diflubenzuron	Fluazifop-P-butylu	J Jodosulfuron-metylu
	Bupirymat	Diflufenikan	Fluazinam	K Kaptan
	Butotlenek piperonylu	Diklobutrazol	Fluchinkonzol	Karbendazym
C	Chinoklamina	Dimetachlor	Flucytrynat	Karboksyna
	Chinoksyfen	Dimetenamid_p	Fludioksonil	Karfentrazon-etylu
	Chinomerak	Dimetoat	Flufenacet	Kletodym
	Chizalofop-p-etylu	Dimetomorf	Fluksapyroksad	Klofentezyna
	Chizalofop-p-tefurylu	Dimoksyfobina	Fluoksastrobina	Klopyralid
	Chlomazon	Dinikonazol	Flupiradifuron	Klotianidyna
	Chlorantraniliprol	Disulfoton	Flupyrsulfuron-metylu	Krezoksym-metylu
	Chlorbensid	Dodyna	Flurochloridon	Kwintozen
	Chlordan alfcis	E Eamektyna	Fluroksypyr meptylu	L Laktofen
	Chlordane gammtrans	Endosulfan alfa	Flusilazol	Lambdcyhalotryna
	Chlorfenson	Endosulfan beta	Flutolanil	Lenacil
	Chlorfenwinfos	Endosulfan eter	Flutriafol	Linuron
	Chloridazon	Endosulfan siarczan	Folpet	M Malation

ZAŁĄCZNIK 1 CD. BADANE SUBSTANCJE AKTYWNE ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN.

Mandipropamid	Permetryna	Tebukonazol
Mefentriflukonazol	Pertan (Etylan)	Teflutryna
Mekarbam	Petoksamid	Tembotrion
Mepanipiryum	Picoksystrobina	Tepraloksydym
Metabromuron	Pikolinafen	Tepraloksydym
Metalaksyl	Pimetrozyna	Terbutylazyna
Metamidofos	Pinoksaden	Tetradifon
Metamitron	Pirydat	Tetrakonazol
Metazachlor	Pirymetanil	Tetrametryna
Metazachlor	Pirimifos-metylowy	Tiabendazol
Metiokarb	Pirywikarb	Tiaklopyrd
Metkonazol	Piryproksyfen	Tiametoksam
Metoksychlor A	Prochloraz	Tienkarbendazon metylu
Metoksifenozyd	Procymidon	Tifensulfuron-metylu
Metrafenon	Prometryna	Tiofanat_metylu
Metrafenon	Propachizafop	Tolilfluamid
Metrybuzynq	Propachlor	Translutryna
Metsulfuron_metylu	Propamokarb	Triadimenol
Metydation	Propargit	Triazofos
Mewinfos	Propikonazol	Tribenuron_metylu
Mezosulfuron_metylu	Propoksur	Trichlopyr
Mezotrion	Propoksykarbazon	Trifloksystrobina
Milbamektyna A3	Propoksykarbazon sodu	Triflumizol
Milbamektyna A4	Propyzamid	Trifluralina
Mireks	Prosulfokarb	Triflulsulfuron_metylu
Myklobutanil	Protiokonazol	Trineksapak-ethylu
N Napropamid	Pyraflufen etylu	Tritikonazol
Nicosulfuron	Pyraklostrobina	W Walifenalat
Nonachlor-cis	Pyridaben	Winklozolina
Nonachlor-trans	Pyriofenon	Z Zoksamid
Nuarimol	Pyroksulam	
O Oksadiksyl	R Resmetryna	
Oksamyl	Rimsulfuron	
Oksyfluorfen	S Sedaksan	
P Paklobutrazol	Spinetoram A	
Paration (etylowy)	Spinetoram B	
Paration-metylowy	Spinosad_A	
Pencykuron	Spinosad_D	
Pendimetalina	Spirodiklofen	
Penflufen	Spiroksamina	
Penkonazol	Spirotetramat	
Penoksulam	Sulkotriion	
Pentachloroanisol	Symazyna	
Pentachlorobenzen	T Tau-fluwalinat	
Pentachlorotioanisol	Tebufenpyrad	



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

ZA **ZAKŁAD BEZPIECZEŃSTWA
I ANALIZY CHEMICZNEJ ŻYWNOSCI**

RAKOWIECKA 36
02-532 WARSZAWA
T: +48 22 606 38 97
za@ibprs.pl