

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

Występowanie wybranych substancji skażających w zbożach ze zbiorów 2025 r.

Badania zrealizowane w ramach Zadania 3. „Analiza jakości surowców rolnych z uwzględnieniem zagrożenia wystąpienia substancji skażających” realizowanego na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Występowanie wybranych substancji skażających w zbożach ze zbiorów 2025 r.

Autorzy:

dr hab. inż. Marcin Bryła, prof. IBPRS–PIB
mgr inż. Dominik Drewnowski
dr inż. Joanna Kanabus
mgr Weronika Orzechowska
mgr inż. Daria Padewska
mgr inż. Krystian Rząd
inż. Magdalena Szczepańska
dr inż. Łukasz Woźniak
mgr inż. Magdalena Ziółkowska
dr Agata Żak–Kułakowicz
mgr Negin Hamidi
mgr inż. Katarzyna Reder
mgr inż. Aleksandra Piotrowicz
dr Krystyna Szymczyk
Hanna Florowska
Dominika Flesińska

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

Warszawa, grudzień 2025 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, a także w rozporządzeniu 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. Jak wskazano w wyżej wymienionych dokumentach, 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 tj. mykotoksyn oraz alkaloidy sporyszu (dot. ziarna żyta). Efektem prowadzonych prac przez Instytut 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 znajdowanymi w różnych produktach spożywczych na całym świecie. W produktach tych, nierzadko znajdowanych jest więcej niż jeden związek, co może mieć negatywny wpływ na bezpieczeństwo żywności i zdrowie konsumentów. 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. Mając na uwadze szkodliwość tych substancji dla człowieka i zwierząt a także bezpieczeństwo żywności, Komisja Europejska wprowadziła dopuszczalne zawartości tych związków w zbożach w odniesieniu do deoksyniwalenolu (DON), toksyn HT-2 i T-2, zearalenonu (ZEN), ochratoksyny A, fumonizyny B1 i B2 i aflatoksyn.

2.2. Alkaloidy sporyszu

Żyto spośród zbóż, jest najbardziej podatne na choroby kwiatostanu spowodowane przez grzyby z rodzaju *Claviceps*, powszechnie nazywane sporyszem. Jest to choroba traw, której nazwa odnosi się również do ciemnej struktury grzybowej zwanej sklerotią. Spośród znanych około 40 gatunków *Claviceps*, największy problem dla bezpieczeństwa żywności i pasz stanowi *Claviceps purpurea*, który w umiarkowanym klimacie potrafi infekować ok. 400 gatunków traw, w tym zbóż. U rośliny samopylnych, do których należą m. in., pszenica, jęczmień czy sorgo zapylenie zachodzi przy zwartych kwiatostanach. W związku z tym obserwuje się u nich niski stopień zakażeń sporyszem. W przeciwieństwie do tych gatunków, kwiaty rośliny obcopylnych, takich jak żyto czy proso lub mieszańce samo- i obcopylnych zbóż, muszą pozostawać otwarte w celu zapewnienia zapylenia krzyżowego. Czynniki które wpływają na wystąpienie infekcji to m. in. czas kwitnienia roślin; zdolność roślin do zapładniania przed wystąpieniem infekcji, który z kolei zależnym od dostępności pyłku; odporności na infekcję grzybiczą lub rozprzestrzeniania się grzybów w gynoecium, a także warunki pogodowe na krótko przed kwitnieniem i podczas kwitnienia. Głównym zagrożeniem związanym z występowaniem sporyszu jest nie tylko spadek wydajności plonów (5-10%) w uprawach komercyjnych, ale także zanieczyszczenie zbiorów toksycznymi alkaloidami obecnymi w sklerotiach, zwanymi potocznie alkaloidami sporyszu. *C. purpurea* wytwarza trzy główne grupy alkaloidów, tj. alkaloidy klawinowe, kwas D-lizergowy i jego pochodne oraz ergopeptyny. Alkaloidy sporyszu występują w dwóch enancjomerycznych formach. Związki mające konfigurację R przy atomie węgla C8 (nazwa oznaczona przyrostkiem „-ina”), zawierają podwójne wiązanie przy C9-C10 pierścieniu ergoliny i ulega epimeryzacji przy C8 (S). Nazwy epimeryzowanych związków posiadają przyrostek „-inina”. Alkaloidy sporyszu o konfiguracji R łatwo ulegają przekształceniu w enancjomery S w warunkach zasadowych, jak również podczas długiego przechowywania. Alkaloidy sporyszu wywołują wiele problemów zdrowotnych zarówno u ludzi i zwierząt. Do XIX w. przed wprowadzeniem norm zbożowych dla sporyszu, sklerotia były mielone wraz ziarnem żyta, z którego mąka była wykorzystywano do pieczenia chleba. Objawy występujące w przypadku zatrucia nazywano „ergotyzmem”. Ogólnie alkaloidy sporyszu odpowiedzialne są za dwa rodzaje objawów ergotyzmu, do których należy działanie konwulsyjne (skurcze mięśni, gorączka, halucynacje, zniekształcone postrzeganie) oraz gangrenowate (gwałtowne pieczenie, obwodowe impulsy i bóle słabo unaczynionych narządów dystalnych takich jak palce u rąk i nóg, utrata czucia obwodowego, obrzęk, sucha zgorzel). Panel naukowy ds. toksycznych substancji w łańcuchu żywnościowym Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) określił grupową ostrą dawkę referencyjną (ARfD) dla EAs (z ang. EAs – ergot alkaloids) w wysokości 1 µg/kg masy ciała i grupowe tolerowane dzienne pobranie w wysokości 0,6 µg/kg masy ciała (TDI).

3. Metodyka badań

3.1. Liczba próbek do badań

W ramach realizacji zadania 3 realizowanego we współpracy z Zakładem Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa IBPRS-PIB zgromadzono następującą liczbę próbek:

- pszenica - 153

- żyto - 102
- kukurydza - 143
- pszenżyto - 84
- gryka - 52

Próbki do badań pozyskano bezpośrednio od rolników za pośrednictwem Ośrodków Doradztwa Rolniczego i pochodziły ze zbiorów 2025 r. 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 wybranych mykotoksyn w ziarnie pszenicy ze zbiorów 2025 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 ww 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 NDP mykotoksyn określone w wymienionych dokumentach.

Najczęściej wykrywaną mykotoksyną w ziarnie pszenicy był deoksyniwalenol (DON). Odsetek próbek pozytywnych w których stwierdzono obecność tego związku wynosił 45,8%, a jego średnia zawartość kształtowała się na poziomie 72,9 µg/kg (20,3-626,5). Zearalenon (ZEN) obecny był w 20,9% próbek, a obecność toksyn HT-2 i T-2 odnotowano w 11,7% próbek pszenicy. Średnia zawartość ZEN wynosiła 7,5 µg/kg (2,0-44,0), natomiast toksyn HT-2 i T-2 13,0 µg/kg (6,2-44,4) (Tabela 1).

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

Toksyna	n pozytywnych	średnia	mediana	min	max	max % NDP
		[µg/kg]				
DON	70	72,9	33,5	20,3	626,5	63
ZEN	32	7,5	4,6	2,0	44,0	44
HT-2+T-2	18	13,0	8,5	6,2	44,4	89

W tabeli 2 przedstawiono maksymalne dopuszczalne poziomy zawartości w ziarnie pszenicy w odniesieniu do toksyn *Fusarium*. W żadnej z badanych próbek nie odnotowano przekroczenia dopuszczalnych maksymalnych zawartości badanych mykotoksyn. Najwięcej próbek powyżej 0,25NDP odnotowano dla DON (8,6%) oraz dla toksyn HT-2 i T-2 (16,6%).

Tabela 2. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach pszenicy w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne poziomy.

Toksyna	% pozytywnych	NDP	$\geq$ NDP		$\geq 0,5$ NDP		$\geq 0,25$ NDP	
		[μ g/kg]	n	%	n	%	n	%
DON	45,8	1000	0	-	1	1,4	6	8,6
ZEN	20,9	100	0	-	0	0	1	3,1
HT-2+T-2	11,7	50	0	-	2	11,1	3	16,6

W próbkach pszenicy, 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 życie 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 pszenicy, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ($< \text{LOQ} = 0,5 \cdot \text{LOQ}$)

Wyniki przedstawione jako środkowa granica szacunku ($EQ_{\text{max}} = 0,5 \cdot EQ_{\text{min}}$)						
Toksyna	n badanych	średnia	mediana	min	max	max % NDP
		[µg/kg]				
DON	153	38,9	10,0	10,0	626,5	63
ZEN		2,4	1	1	44,0	44
HT-2+T-2		4,3	3	3	44,4	89

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

Toksyna	NDP	$\geq$ NDP		$\geq 0,5$ NDP		$\geq 0,25$ NDP		max % NDP
	[μ g/kg]	n	%	n	%	n	%	
DON	1000	0	-	1	0,6	6	-	63
ZEN	100	0	-	0	-	1	0,6	44
HT-2+T-2	50	0	-	2	1,3	3	1,9	89

4.2. Zawartość wybranych mykotoksyn w ziarnie kukurydzy ze zbiorów 2025 r.

Najczęściej wykrywaną mykotoksyną w ziarnie kukurydzy był deoksyniwalenol (DON). Odsetek próbek pozytywnych w których stwierdzono obecność tego związku wynosił 86,0%, a jego średnia zawartość kształtowała się na poziomie 849,6 μ g/kg (23,2-5686,5). Zearalenon (ZEN) obecny był w 80,4% próbek, a obecność toksyn HT-2 i T-2 odnotowano w 61,5% próbek kukurydzy. Średnia zawartość ZEN wynosiła 144,3 μ g/kg (2,2-1632,0), natomiast toksyn HT-2 i T-2 105,3 μ g/kg (6,0-470,0). W przypadku fumonizyn (B1 i B2) zaobserwowano 4 pozytywne próbki, a średnia zawartość tych związków wynosiła 505,8 μ g/kg (168,2-1178,2). W ziarnie kukurydzy odnotowano obecność ochratoksyny (OTA), której średnia zawartość wynosiła 4,5 μ g/kg (0,4-21,9) (Tabela 5).

Tabela 5. Zbiorcze zestawienie zawartości mykotoksyn w badanych próbkach kukurydzy.

Toksyna	n pozytywnych	średnia	mediana	min	max	max % NDP
		[µg/kg]				
DON	123	849,6	501,2	23,2	5686,5	379
ZEN	115	144,3	51,5	2,2	1632,0	466
HT-2+T-2	88	109,7	62,2	6,0	829,4	829
Fumonizyny B1+B2	4	505,8	338,5	168,2	1178,2	29,5
OTA	14	4,5	1,1	0,4	21,9	438

W tabeli 6 przedstawiono maksymalne dopuszczalne poziomy zawartości w ziarnie kukurydzy w odniesieniu do toksyn *Fusarium* oraz ochratoksyny A. W żadnej z badanych próbek nie odnotowano przekroczenia dopuszczalnych maksymalnych zawartości fumonizyn (B1 i B2). Najwięcej próbek powyżej NDP odnotowano dla toksyn HT-2 i T-2 (34,1%) oraz dla DON (17,1%). Oznaczono także 3 (21,4%) próbki kukurydzy zawierające OTA powyżej najwyższego dopuszczalnego poziomu. Wartości $\geq 0,5\text{NDP}$ odnotowano dla DON w 20,3% próbek, dla toksyn HT-2 i T-2 w 25%, dla ZEN w 10,4 próbek i 7,1% dla OTA.

Tabela 6. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach kukurydzy w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne poziomy.

Toksyna	% pozytywnych	NDP	$\geq \text{NDP}$		$\geq 0,5\text{NDP}$		$\geq 0,25\text{NDP}$	
		[µg/kg]	n	%	n	%	n	%
DON	86,0%	1500	21	17,1	25	20,3	24	19,5
ZEN	80,4%	350	11	9,6	12	10,4	19	16,5
HT-2+T-2	61,5%	100	30	34,1	22	25	14	15,9
Fumonizyny B1+B2	2,8%	4000	0	-	0	-	1	25
OTA	9,8%	5	3	21,4	1	7,1	3	21,4

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 życie była niższa w porównaniu z zawartością tych toksyn w próbkach pozytywnych (powyżej LOQ) (tabele 5-8).

Tabela 7. 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 % NDP
		[µg/kg]				
DON	143	737,2	374,9	10,0	5686,5	379
ZEN		116,2	35,5	1	1632,0	466
HT-2+T-2		68,8	21,8	3	829,4	829
Fumonizyny B1+B2		50,8	37,5	37,5	1178,2	29,5
OTA		0,6	0,2	0,2	21,9	438

Tabela 8. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach kukurydzy w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne poziomy, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ($<LOQ = 0,5 * LOQ$)

Toksyna	NDP	$\geq NDP$		$\geq 0,5 NDP$		$\geq 0,25 NDP$		max % NDP
	[$\mu g/kg$]	n	%	n	%	n	%	
DON	1500	21	14,7	25	17,5	24	16,8	379
ZEN	350	11	7,7	12	8,4	19	13,3	466
HT-2+T-2	100	30	21,0	22	15,4	14	9,8	829
Fumonizyny B1+B2	4000	0	-	0	-	1	0,7	29,5
OTA	5	3	2,1	1	0,7	3	2,1	438

4.3. Zawartość wybranych mykotoksyn w ziarnie żyta ze zbiorów 2025 r.

Spośród analizowanych mykotoksyn najczęściej oznaczanym związkiem był DON, którego średni poziom w oznaczanych próbkach wynosił 65,5 $\mu g/kg$ (20,3-363,2 $\mu g/kg$). Odnotowano 29,4 % próbek żyta, w których oznaczono obecność toksyn HT-2 i T-2 na poziomie średnio 13,6 $\mu g/kg$ (6,0-30,5). Maksymalny % NDP dla OTA wynosił 362%, a średnia zawartość w próbce tego związku wynosiła 10,2 $\mu g/kg$ (2,3-18,1) (Tabela 9).

Tabela 9. Zbiorcze zestawienie zawartości mykotoksyn w badanych próbkach żyta.

Toksyna	n pozytywnych	średnia	mediana	min	max	max % NDP
		[µg/kg]				
DON	36	65,5	35,7	20,3	363,2	36,3
ZEN	11	17,7	6,1	2,2	97,6	97,6
HT-2+T-2	30	13,6	11,1	6,0	30,5	61,0
OTA	2	10,2	10,2	2,3	18,1	362,0

W tabeli 10 przedstawiono maksymalne dopuszczalne zawartości w ziarnie żyta w odniesieniu do toksyn *Fusarium* oraz ochratoksyny A. W żadnej z badanych próbek nie odnotowano przekroczenia dopuszczalnych maksymalnych zawartości badanych DON, ZEN oraz toksyn HT-2 i T-2. DON był obecny w badanych próbkach na poziomie poniżej 0,5NDP. Maksymalne zawartości DON, ZEN oraz HT-2 i T-2 stanowiły odpowiednio 36,3, 98,0 i 61% NDP. W jednej próbce żyta (50% próbek pozytywnych) odnotowano poziom OTA powyżej NDP.

Tabela 10. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach żyta w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne zawartości.

Toksyna	% pozytywnych	NDP	$\geq NDP$		$\geq 0,5 NDP$		$\geq 0,25 NDP$	
		[$\mu g/kg$]	n	%	n	%	n	%
DON	35,2	1000	0	-	0	-	2	5,6
ZEN	10,8	100	0	-	2	18,2	0	-
HT-2+T-2	29,4	50	0	-	0	-	4	13,3
OTA	1,9	5	1	50,00	0	-	1	50,0

W próbkach żyta, 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, w przypadku toksyn o relatywnie niskim odsetku próbek zawierających toksyny powyżej poziomu LOQ, średnia zawartość tych toksyn w życie była niższa w porównaniu z zawartością tych toksyn w próbkach pozytywnych (powyżej LOQ) (tabele 9–12).

Tabela 11. Zbiorcze zestawienie zawartości mykotoksyn w badanych próbkach żyta, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ($<LOQ = 0,5*LOQ$)

Toksyna	n badanych	średnia	mediana	min	max	max % NDP
		[µg/kg]				
DON	102	29,8	10	10	363,2	36,3
ZEN		2,8	1,0	1,0	97,6	97,6
HT-2+T-2		6,1	3	3	30,5	61,0
OTA		0,4	0,2	0,2	18,1	362,0

Tabela 12. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach żyta w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne zawartości, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ($<LOQ = 0,5*LOQ$)

Toksyna	NDP	$\geq NDP$		$\geq 0,5 NDP$		$\geq 0,25 NDP$		max % NDP
	[µg/kg]	n	%	n	%	n	%	
DON	1000	0	-	0	-	2	1,9	36,3
ZEN	100	0	-	2	1,9	0	-	98,0
HT-2+T-2	50	0	-	0	-	4	3,9	61,0
OTA	5	1	0,9	0	-	1	0,9	362,0

4.4. Zawartość wybranych mykotoksyn w ziarnie pszenżyta ze zbiorów 2025 r.

Spośród analizowanych toksyn w próbkach pszenżyta najczęściej występował DON. Odsetek próbek pozytywnych w których stwierdzono obecność tego związku wynosił 57,1%, a jego średnia zawartość kształtowała się na poziomie 162,0 µg/kg (22,1-3620,7 µg/kg). Zearalenon był obecny w 32,1% próbek, a obecność toksyn HT-2 i T-2 odnotowano w 13,1 analizowanych próbek pszenżyta. Średnia zawartość ZEN wynosiła 11,6 µg/kg (2,0-178,2 µg/kg), a dla toksyn HT-2 i T-2 16,5 µg/kg (6,6-40,9 µg/kg) (Tabela 13-14).

Tabela 13. Zbiorcze zestawienie zawartości mykotoksyn w badanych próbkach pszenżyta.

Toksyna	n pozytywnych	średnia	mediana	min	max	max % NDP
		[µg/kg]				
DON	48	162,0	72,5	22,1	3620,7	362,1
ZEN	27	11,6	4,9	2,0	178,2	178
HT-2+T-2	11	16,5	10,3	6,6	40,9	81,8

W tabeli 14 przedstawiono maksymalne dopuszczalne zawartości w ziarnie pszenżyta w odniesieniu do toksyn *Fusarium*. W żadnej z badanych próbek nie odnotowano przekroczenia dopuszczalnych maksymalnych zawartości badanych toksyn HT-2 i T-2, natomiast dla 27,3% przeanalizowanych próbek stwierdzono zawartość tych toksyn na poziomie $\geq 0,5 NDP$. DON i ZEN były obecne w kolejno 2,1% i 3,7% próbek na poziomie

powyżej NDP. Maksymalne zawartości DON, ZEN oraz HT-2 i T-2 stanowiły odpowiednio 362,1, 178,0 i 81,8% NDP.

Tabela 14. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach pszenżyta w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne zawartości.

Toksyna	% pozytywnych	NDP	$\geq$ NDP		$\geq 0,5$ NDP		$\geq 0,25$ NDP	
		[$\mu\text{g/kg}$]	n	%	n	%	n	%
DON	57,1	1000	1	2,1	0	-	2	4,2
ZEN	32,1	100	1	3,7	0	-	0	-
HT-2+T-2	13,1	50	0	-	3	27,3	2	18,2

W próbkach pszenżyta, 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 pszenżycie była niższa w porównaniu z zawartością tych toksyn w próbkach pozytywnych (powyżej LOQ) (Tabele 13–16).

Tabela 15. Zbiorcze zestawienie zawartości mykotoksyn w badanych próbkach pszenżyta, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ($<\text{LOQ} = 0,5 \cdot \text{LOQ}$)

Toksyna	n badanych	średnia	mediana	min	max	max % NDP
		[µg/kg]				
DON	84	96,8	25,5	10,0	3620,7	362,1
ZEN		4,4	1,0	1,0	178,2	178
HT-2+T-2		4,8	3,0	3,0	40,9	81,8

Tabela 16. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach pszenżyta w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne zawartości, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ($<\text{LOQ} = 0,5 \cdot \text{LOQ}$)

Toksyna	NDP	$\geq$ NDP		$\geq 0,5$ NDP		$\geq 0,25$ NDP		max % NDP
	[$\mu\text{g/kg}$]	n	%	n	%	n	%	
DON	1000	1	1,2	0	-	2	2,4	362,1
ZEN	100	1	1,2	0	-	0	-	178
HT-2+T-2	50	0	-	3	3,6	2	2,4	81,8

4.5. Zawartość wybranych mykotoksyn w ziarnie gryki ze zbiorów 2025 r.

Najczęściej wykrywaną mykotoksyną w ziarnie gryki była ochratoksyna A (OTA). Substancja ta została oznaczona 14 próbkach ($>\text{LOQ}$) z 52 analizowanych. Średnia zawartość tego związku w próbkach gryki wynosiła $29,6 \mu\text{g/kg}$ ($0,6$ - $238,8 \mu\text{g/kg}$). W żadnej z próbek nie oznaczono obecności deoksyniwalenolu. Zearalenon był obecny w 7,7% próbek, a obecność toksyn HT-2 i T-2 odnotowano w 11,5% próbek gryki. Średnia zawartość ZEN wynosiła $17,4 \mu\text{g/kg}$ ($6,0$ - $25,8 \mu\text{g/kg}$), a dla toksyn HT-2 i T-2 $16,7 \mu\text{g/kg}$ ($7,7$ - $25,8 \mu\text{g/kg}$) (Tabele 17-18).

Tabela 17. Zbiorcze zestawienie zawartości mykotoksyn w badanych próbkach gryki.

Toksyna	n pozytywnych	średnia	mediana	min	max	max % NDP
		[µg/kg]				
DON	0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	–
ZEN	4	17,4	13,6	6,0	36,3	36,3
HT-2+T-2	6	16,7	15,8	7,7	25,8	51,6
OTA	14	29,6	2,2	0,6	238,8	4776,0

W tabeli 18 przedstawiono maksymalne dopuszczalne zawartości w ziarnie gryki w odniesieniu do toksyn *Fusarium* oraz ochratoksyny A. W żadnej z badanych próbek nie odnotowano przekroczenia dopuszczalnych maksymalnych zawartości badanych DON, ZEN oraz toksyn HT-2 i T-2. W dwóch próbkach (14,3%) gryki odnotowano stężenie OTA na poziomie przekraczającym najwyższy dopuszczalny poziom. Nie stwierdzono obecności DON w badanych próbkach. Maksymalne zawartości OTA, ZEN oraz HT-2 i T-2 stanowiły odpowiednio 4776,0, 36,3 i 51,6% NDP.

Tabela 18. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach gryki w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne zawartości.

Toksyna	% pozytywnych	NDP	≥NDP		≥0,5NDP		≥0,25NDP	
		[µg/kg]	n	%	n	%	n	%
DON	0	1000	0	-	0	-	0	-
ZEN	7,7	100	0	-	0	-	1	25,0
HT-2+T-2	11,5	50	0	-	2	33,3	1	16,7
OTA	26,9	5	2	14,3	4	28,6	4	28,6

W próbkach gryki 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, w przypadku toksyn o relatywnie niskim odsetku próbek zawierających toksyny powyżej poziomu LOQ, średnia zawartość tych toksyn w gryki była niższa w porównaniu z zawartością tych toksyn w próbkach pozytywnych (powyżej LOQ) (tabele 19–20).

Tabela 19. Zbiorcze zestawienie zawartości mykotoksyn w badanych próbkach gryki, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia (<LOQ = 0,5*LOQ).

Toksyna	n badanych	średnia	mediana	min	max	max % NDP
		[µg/kg]				
DON	52	10	10	10	10	-
ZEN		2,3	1,0	1,0	36,3	36,3
HT-2+T-2		4,6	3,0	3,0	25,8	51,6
OTA		8,1	0,2	0,2	238,8	4776,0

Tabela 20. Zawartości mykotoksyn w badanych próbkach gryki w stosunku do których określono maksymalne dopuszczalne zawartości, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ($<LOQ = 0,5 \cdot LOQ$).

Toksyna	NDP	$\geq NDP$		$\geq 0.5 NDP$		$\geq 0.25 NDP$		max % NDP
	[$\mu\text{g/kg}$]	n	%	n	%	n	%	
DON	1000	0	-	0	-	0	-	-
ZEN	100	0	-	0	-	1	1,9	36,3
HT-2+T-2	50	0	-	2	3,9	1	1,9	51,6
OTA	5	2	3,9	4	7,8	4	7,8	4776,0

4.6. Zawartość alkaloidów sporyszu w życie ze zbiorów 2025 r.

Maksymalne dopuszczalne zawartości alkaloidów sporyszu dla sumy zawartości sześciu związków i ich epimerów 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 2024 r. wprowadzono Rozporządzenie Komisji (UE) 2024/1808 z dnia 1 lipca 2024 r. zmieniające rozporządzenie (UE) 2023/915 w odniesieniu do daty rozpoczęcia stosowania niższych najwyższych dopuszczalnych poziomów skleroty sporyszu i alkaloidów sporyszu w żywności, w którym określono późniejszy termin rozpoczęcia obowiązywania niższych NDP alkaloidów sporyszu (zmiana z 500 na 250 $\mu\text{g/kg}$), tj. 1 lipca 2028 r. (pierwotnie obniżone NDP alkaloidów sporyszu miały obowiązywać od 1 lipca 2024 r.). W niniejszym raporcie uwzględniono aktualnie obowiązujące NDP alkaloidów sporyszu, tj. 500 $\mu\text{g/kg}$. W tabeli 21 przedstawiono listę badanych alkaloidów sporyszu wraz z wartościami granicy oznaczalności stosowanej metody dla poszczególnych związków.

Tabela 21. Granice oznaczalności (LOQ) badanych alkaloidów sporyszu.

Nazwa związku	LOQ [$\mu\text{g/kg}$]
Ergometryna	6
Ergometrynina	4
Ergozyna	5
Ergozynina	2
Ergotamina	5
Ergotaminina	2
Ergokornina	5
Ergokorninina	2
Ergokryptyna	5
Ergokryptynina	2
Ergokrystyna	5
Ergokrystynina	2
LOQ - granica oznaczalności	

Najczęściej znajdowanymi alkaloidami sporyszu w ziarnie żyta były ergokryptynina (37% próbek pozytywnych), ergokryptyna (34%), ergokornina (23%) oraz ergokorninina (22%). Średnie zawartości tych związków były równe odpowiednio 14,4; 39,1, 29,9 i 9,9 $\mu\text{g/kg}$. Z podobną częstotliwością (11–17 %) występowały w badanych próbkach ergozyna,

ergozynina, ergotamina, ergotaminina, ergokrystyna i ergokrystynina. Trzy próbki żyta zawierały ergometrynę, a jedna próbka zawierała ergometrynę (Tabela 22).

Tabela 22. Zbiorcze zestawienie zawartości poszczególnych alkaloidów sporyszu w badanych próbkach żyta.

Nazwa związku	n pozytywnych	% pozytywnych	min	max	średnia	mediana
			[µg/kg]			
Ergometryna	3	2,9	7,5	18,5	12,8	12,5
Ergometrynina	1	0,9	4,1	4,1	4,1	4,1
Ergozyna	17	16,7	5,1	98,3	21,1	12,6
Ergozynina	17	16,7	2,0	24,1	6,9	4,2
Ergotamina	15	14,7	5,5	233,0	36,1	17,5
Ergotaminina	13	12,7	2,0	233,0	15,5	6,3
Ergokornina	23	22,5	5,1	474,6	29,9	20,9
Ergokorninina	22	21,6	2,5	25,3	9,9	9,2
Ergokryptyna	34	33,3	5,4	130,6	39,1	25,1
Ergokryptynina	37	36,3	2,0	76,38	14,4	8,8
Ergokrystyna	11	10,8	7,4	98,2	36,3	28,3
Ergokrystynina	15	14,7	2,0	67,9	15,5	9,6

W próbkach żyta w których suma zawartości badanych toksyn była na poziomie poniżej wartości LOQ, przyjęto założenie, że zawartość ta wynosi $0,5 \cdot \text{LOQ}$. Tym samym, w przypadku sumy toksyn o relatywnie niskim odsetku próbek powyżej LOQ, średnia suma zawartości tych toksyn w ziarnie żyta była niższa w porównaniu z sumą zawartości tych toksyn w próbkach pozytywnych (powyżej LOQ) (tabela 13).

Tabela 23. Zbiorcze zestawienie zawartości poszczególnych alkaloidów sporyszu w badanych próbkach żyta, wyniki przedstawiono jako środkowa granica oznaczenia ($<\text{LOQ} = 0,5 \cdot \text{LOQ}$).

Nazwa związku	min	max	średnia	mediana
	[µg/kg]			
Ergometryna	3	18,5	3,2	3,0
Ergometrynina	2	4,1	2	2,0
Ergozyna	2,5	81,1	4,3	2,5
Ergozynina	1	24,1	5,1	1,0
Ergotamina	2,5	233,0	5,1	2,5
Ergotaminina	1	233,02	2,2	1,0
Ergokornina	2,5	95,5	4	2,5
Ergokorninina	1	25,3	2,3	1,0
Ergokryptyna	2,5	130,6	6,4	2,5
Ergokryptynina	1	58,7	4,4	1,0
Ergokrystyna	2,5	98,2	5,9	2,5
Ergokrystynina	1	67,9	2,9	1,0

W tabeli 24 przedstawiono zawartości sumy badanych alkaloidów sporyszu w ziarnie żyta. W 45 spośród 85 badanych próbek (44,1%) obecna była co najmniej jedna z badanych

substancji na poziomie $\geq$ LOQ. Zawartość sumy badanych alkaloidów sporyszu mieściła się w granicach od poniżej granicy oznaczalności do 1186,06 $\mu\text{g/kg}$, średnio 48,5 $\mu\text{g/kg}$.

Tabela 24. Zawartość sumy badanych alkaloidów sporyszu w ziarnie żyta.

Gatunek	alkaloidy sporyszu (suma 12 substancji)						
	n	n pozytywnych	% pozytywnych	min	max	mediana	średnia*
				[$\mu\text{g/kg}$]			
żyto	102	45	44,1	<LOQ	1186,1	<LOQ	48,5
*do wyliczenia średniej dla wartości <LOQ przyjęto wartość 0,5*LOQ							

W tabeli 25 przedstawiono maksymalną dopuszczalną zawartość sumy alkaloidów sporyszu w ziarnie żyta. W żadnej z badanych próbek nie odnotowano przekroczenia najwyższej dopuszczalnej sumy zawartości alkaloidów sporyszu. Maksymalna zawartość sumy badanych substancji stanowiła 80,9% NDP.

Tabela 25. Zawartość sumy 12 alkaloidów sporyszu w badanych próbkach żyta w stosunku do której określono maksymalną dopuszczalną zawartość.

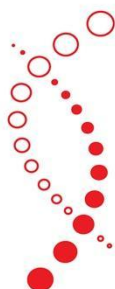
Gatunek	alkaloidy sporyszu (suma 12 substancji)								
	n	NDP [$\mu\text{g/kg}$]	$\geq$ NDP		$\geq 0,5\text{NDP}$		$\geq 0,25\text{NDP}$		max % NDP
			n	%	n	%	n	%	
żyto	102	500	1	0,9	7	6,9	9	8,8	237,2
NDP - najwyższa dopuszczalna zawartość, n - liczba próbek									

5. Podsumowanie

- Badania przeprowadzone w 2025 r. objęły łącznie 534 próbki ziarna zbóż i gryki (pszenica, kukurydza, żytko, pszenżyto, gryka) pochodzących z różnych rejonów klimatyczno-uprawowych Polski.
- W ziarnie pszenicy najczęściej wykrywaną mykotoksyną był deoksyniwalenol (DON), obecny w 45,8% próbek, przy średniej zawartości 72,9 $\mu\text{g/kg}$ (zakres: 20,3–626,5 $\mu\text{g/kg}$), co odpowiada maksymalnie 63% NDP. Zearalenon (ZEN) oznaczono w 20,9% próbek (średnio 7,5 $\mu\text{g/kg}$; maks. 44% NDP), natomiast toksyny HT-2 i T-2 w 11,7% próbek (średnio 13,0 $\mu\text{g/kg}$; maks. 89% NDP). W żadnej z próbek pszenicy nie stwierdzono przekroczenia NDP, przy czym 8,6% próbek dla DON oraz 16,6% dla HT-2 i T-2 przekraczało poziom 0,25 NDP.
- Ziarno kukurydzy charakteryzowało się najwyższym poziomem skażenia mykotoksynami spośród wszystkich badanych surowców. DON wykryto w 86,0% próbek, przy średniej zawartości 849,6 $\mu\text{g/kg}$ (23,2–5686,5 $\mu\text{g/kg}$), a w 17,1% próbek stwierdzono przekroczenie NDP. Zearalenon był obecny w 80,4% próbek (średnio 144,3 $\mu\text{g/kg}$), z przekroczeniem NDP w 9,6% próbek. Toksyny HT-2 i T-2 oznaczono w 61,5% próbek, przy czym 34,1% próbek przekraczało NDP, a maksymalna zawartość stanowiła 829% NDP. Ochratoksynę A (OTA) wykryto w 9,8% próbek, z czego 21,4% próbek pozytywnych przekraczało NDP. Fumonizyny B1+B2 występowały sporadycznie (2,8% próbek) i nie przekraczały obowiązujących limitów.
- W ziarnie żyta DON oznaczono w 35,2% próbek, przy średniej zawartości 65,5 $\mu\text{g/kg}$ (maks. 36,3% NDP). Zearalenon wykryto w 10,8% próbek, a toksyny HT-2 i T-2 w 29,4% próbek, przy maksymalnych zawartościach odpowiednio 98,0% i 61,0% NDP.

Ochratoksyna A wystąpiła jedynie w 1,9% próbek, jednak w jednej próbce odnotowano przekroczenie NDP (do 362% NDP).

- W przypadku pszenżyta DON był obecny w 57,1% próbek, przy średniej zawartości 162,0 µg/kg i maksymalnej sięgającej 362,1% NDP; przekroczenie NDP stwierdzono w 2,1% próbek. Zearalenon wykryto w 32,1% próbek, z przekroczeniem NDP w 3,7% próbek, natomiast toksyny HT-2 i T-2 występowały w 13,1% próbek, bez przekroczeń NDP, choć 27,3% próbek pozytywnych osiągało poziom $\geq 0,5$ NDP.
- Ziarno gryki nie zawierało wykrywalnych ilości DON. Zearalenon wykryto w 7,7% próbek (maks. 36,3% NDP), a toksyny HT-2 i T-2 w 11,5% próbek (maks. 51,6% NDP). Największe znaczenie miała ochratoksyna A, obecna w 26,9% próbek, przy czym 14,3% próbek przekraczało NDP, a maksymalna zawartość sięgała 4776% NDP.
- Analiza alkaloidów sporyszu w ziarnie żyta wykazała obecność co najmniej jednego alkaloidu w 44,1% próbek. Średnia suma 12 oznaczanych alkaloidów wynosiła 48,5 µg/kg, przy maksymalnej zawartości 1186,1 µg/kg, co odpowiada 237,2% obowiązującej NDP (500 µg/kg). W jednej z badanych próbek stwierdzono przekroczenie NDP dla sumy alkaloidów sporyszu.
- Uzyskane wyniki wskazują, że największe ryzyko przekroczeń dopuszczalnych poziomów mykotoksyn dotyczyło kukurydzy oraz gryki, natomiast pozostałe zboża charakteryzowały się niskim lub umiarkowanym poziomem skażenia. Dane potwierdzają zasadność dalszego monitoringu jakości surowców, szczególnie w odniesieniu do mykotoksyn *Fusarium* oraz ochratoksyny A.



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



Kierownik Zakładu
dr hab. inż. Marcin Bryła, prof. IBPRS – p.o. Kierownika Zakładu
tel. 22 606 38 42
e-mail: marcin.bryla@ibprs.pl
dr Krystyna Szymczyk – Zastępca Kierownika Zakładu
tel. 22 606 38 97
e-mail: krystyna.szymczyk@ibprs.pl