



**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
- PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY W PUŁAWACH**

Sprawozdanie z zadania badawczego pt.

Badania w zakresie optymalizacji doboru odmian w ekologicznej uprawie roślin rolniczych, zalecanych do produkcji polowej towarowej. Określenie dobrych praktyk ochrony przed agrofagami w tych uprawach.

(Badania nad poprawą jakości plonu współczesnych i dawnych odmian pszenicy jarej, ich przydatnością dla przemysłu piekarskiego i makaronowego oraz potencjałem zdrowotnym).

Kierownik zadania badawczego: dr hab. Beata Feledyn-Szewczyk, prof. IUNG-PIB

Zespół badawczy:

IUNG – PIB Puławy – dr Krzysztof Jończyk, prof. dr hab. Anna Stochmal, dr Iwona Kowalska, dr Paweł Radzikowski, mgr Paweł Wolszczak, Marek Woźniak, mgr Małgorzata Nakielska

SGGW Warszawa – dr hab. Grażyna Cacak-Pietrzak

UTP Bydgoszcz – dr hab. Leszek Lenc

UP Poznań – dr hab. Kinga Stuper - Szablewska

Kierownik zadania badawczego

Dyrektor IUNG – PIB

.....

.....

Spis treści

	Strony
Wstęp	3
Lokalizacja i warunki prowadzenia badań	6
1. Ocena podatności odmian pszenicy jarej na porażenie przez grzyby z rodzaju <i>Fusarium</i> i występowanie mykotoksyn	8
2. Badania w zakresie doboru odmian pszenicy jarej z uprawy ekologicznej pod kątem wymagań przemysłu młynarsko-piekarskiego i makaronowego	19
3. Ocena zawartości substancji bioaktywnych w ziarnie pszenicy jarej oraz produktach zbożowych (mąka, chleb, makaron)	41
4. Ocena wpływu preparatów z krzemem organicznym na zdrowotność pszenicy jarej, plon i cechy jakościowe ziarna	55
5. Opracowanie raportu końcowego oraz syntezy wyników badań nt. jakości ziarna pszenicy jarej z uprawy ekologicznej.	83
Podsumowanie wyników badań i zalecenia dla praktyki	94
Formy upowszechniania i promocji wyników badań w 2019 r.	99

Wstęp

Pszenicę jara uprawia się w Polsce na powierzchni około 342 tys. ha, co stanowi 11% całkowitej powierzchni zasiewów zbóż. W gospodarstwach ekologicznych, odmiennie niż w konwencjonalnych, forma jara pszenicy cieszy się większym zainteresowaniem rolników niż ozima. Decyduje o tym mniejsza presja czynników ograniczających plonowanie. Plonowanie zbóż jarych w warunkach produkcji ekologicznej jest bardziej stabilne niż ozimych, dodatkowo różnica w produktywności zbóż jarych między gospodarstwami konwencjonalnymi a ekologicznymi jest mniejsza. Ziarno pszenicy jarej jest drobniejsze niż ozimej, ale zawiera więcej substancji białkowych, dlatego produkowane z niego mąki mają na ogół wysoką wartość wypiekową.

Warunkiem zapewnienia opłacalności ekonomicznej gospodarstwa ekologicznego jest między innymi uzyskiwanie surowców/produktów o odpowiedniej jakości, wymaganej przez przemysł przetwórczy oraz konsumentów. Poszczególne odmiany pszenicy różnią się między sobą pod względem cech rolniczych (plonowania, odporności na wyleganie, choroby i szkodniki), a także wartości technologicznej. Na skład chemiczny i wartość technologiczną ziarna pszenicy, oprócz czynników genetycznych, wpływ mają również czynniki siedliskowe, w tym stosowane zabiegi agrotechniczne, które w systemie produkcji ekologicznej są ograniczone. Zabiegi agrotechniczne w znacznym stopniu oddziałują na ilość i skład frakcyjny białka, uważanego powszechnie za jeden z podstawowych wskaźników przydatności przetwórczej ziarna pszenicy. Reakcja poszczególnych odmian pszenicy na zastosowane warunki uprawy nie jest jednakowa. Ważne jest, aby do uprawy ekologicznej wybierać odmiany pszenicy wykazujące jak najmniejszą zmienność cech jakościowych ziarna, w zależności od zastosowanej agrotechniki.

Badania prowadzone w 2019 r. dotyczyły oceny najnowszych odmian pszenicy jarej pod kątem oceny jakości ziarna uzyskanego w warunkach systemu ekologicznego, przydatności dla przemysłu piekarskiego i makaronowego oraz zawartości związków bioaktywnych. W badaniach zostały uwzględnione **pszenica orkisz (*Triticum spelta* L.): odmiana Wirtas - zarejestrowana w 2015 r. i Kuiavia - zarejestrowana w 2018 r. oraz dawne pszenice oplewione: samopsza (*Triticum monococcum* L.) i płaskurka (*Triticum dicoccon* (Schrank) Schübl.).**

Uwzględnienie w badaniach **jarej pszenicy orkisz** wynika z faktu, że pszenica orkiszowa charakteryzuje się małymi wymaganiami nawozowymi, dużą odpornością na niekorzystne warunki glebowe, wysoką zawartością białka w ziarnie, glutenem o dobrym

wskaźniku rozpuszczalności oraz wyższą niż u pszenicy zwyczajnej zawartością składników mineralnych (żelazo, cynk, miedź i magnez). Forma jara orkiszowego ma tę przewagę nad ozimą, że nie jest narażona na wymarzenie i podobnie jak odmiany jare pszenicy zwyczajnej może charakteryzować się lepszymi cechami jakościowymi, co byłoby korzystne dla przemysłu piekarskiego i makaronowego i przedmiotem projektowanych badań. Orkisz jest obecnie jednym z najważniejszych składników różnych diet i zdrowego stylu życia. Mąka, kasza i płatki orkiszowe zalecane są osobom cierpiącym na choroby cywilizacyjne, ponieważ obniżają poziom cholesterolu i cukru we krwi oraz zawierają substancje o działaniu antyoksydacyjnym.

Orkisz, płaskurka i samopsza cieszą się zainteresowaniem ze względu na swoje specyficzne właściwości smakowe i zdrowotne. W rozwoju tych upraw upatruje się szansy na pozyskanie ziarna konsumpcyjnego o potencjalnie większej zawartości składników biologicznie czynnych, korzystnych w żywieniu człowieka, niż wynosi ich zawartość w ziarnie pszenicy zwyczajnej.

Ważnym elementem oceny jakościowej ziarna pszenicy jarej jest **zawartość związków biologicznie czynnych o charakterze prozdrowotnym**. W ramach badań jakości ziarna zbóż zaplanowano ocenę zawartości związków bioaktywnych (kwasy fenolowe, flawonoidy, karotenoidy, aktywność przeciwutleniająca) w ziarnie pszenicy jarej oraz produktach zbożowych (mąka, chleb, makaron).

Ponadto, w ramach realizowanego tematu badawczego, oceniano **wpływ preparatów z krzemem organicznym na zdrowotność pszenicy jarej, plon i cechy jakościowe ziarna**. Literatura donosi, że rośliny traktowane krzemem organicznym lepiej wykorzystują składniki mineralne z gleby, wytwarzają więcej biomasy nadziemnej, bardziej rozbudowany system korzeniowy i uzyskują większy plon wysokiej jakości.

Zakres tematyczny badań wpisuje się w obszar badawczy nr 3.2. wpisuje się w obszar badawczy nr 3.2. „**Badania w zakresie optymalizacji doboru odmian w ekologicznej uprawie roślin rolniczych, zalecanych do produkcji polowej towarowej. Określenie dobrych praktyk ochrony przed agrofagami w tych uprawach**”, wskazany w załączniku 1 do Ogłoszenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie listy obszarów badawczych i listy badań na rzecz rolnictwa ekologicznego na 2019 r. z dnia 27 września 2018 r. (Dz. Urzędowy MRiRW z dnia 28 września 2018 r., poz. 22).

Celem badań była:

- ocena jakości ziarna pod kątem zasiedlenia przez grzyby z rodzaju *Fusarium* sp. i analiza zawartości mykotoksyn,
- ocena przydatności ziarna odmian współczesnych i dawnych pszenicy jarej (samopszy i płaskurki) do produkcji mąki, chleba i makaronów,
- ocena zawartości substancji bioaktywnych w ziarnie pszenicy jarej oraz produktach zbożowych z niego uzyskanych: mąka, chleb, makaron,
- ocena wpływu preparatów krzemowych na zdrowotność pszenicy jarej, plon i cechy jakościowe ziarna.

W ramach tego tematu badawczego w 2019 zrealizowano 5 szczegółowych zadań badawczych:

- Zadanie 1. Ocena podatności odmian pszenicy jarej na porażenie przez grzyby z rodzaju *Fusarium* i występowanie mykotoksyn**
- Zadanie 2. Badania w zakresie doboru odmian pszenicy jarej z uprawy ekologicznej pod kątem wymagań przemysłu młynarsko-piekarskiego i makaronowego**
- Zadanie 3. Ocena zawartości substancji bioaktywnych w ziarnie pszenicy jarej oraz produktach zbożowych (mąka, chleb, makaron)**
- Zadanie 4. Ocena wpływu preparatów z krzemem organicznym na zdrowotność pszenicy jarej, plon i cechy jakościowe ziarna**
- Zadanie 5. Opracowanie raportu końcowego i syntezy wyników nt. jakości ziarna pszenicy jarej z uprawy ekologicznej**

Przeprowadzone badania mają charakter interdyscyplinarny, oprócz zespołów z IUNG-PIB uczestniczyli w nich pracownicy innych uczelni: Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (ocena porażenia kłosów i ziarniaków pszenicy jarej przez grzyby z rodzaju *Fusarium*), SGGW w Warszawie (ocena wartości technologicznej ziarna zbóż i ocena przydatności odmian dla przemysłu spożywczego) i Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (ocena zawartości substancji bioaktywnych w ziarnie pszenicy jarej oraz produktach zbożowych: mąka, chleb, makaron). Badania miały charakter innowacyjny, w aspekcie oceny cech jakościowych i prozdrowotnych w szlaku technologicznym: ziarno – mąka – pieczywo, makaron.

Lokalizacja i warunki prowadzenia badań

Badania były prowadzone na pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w 3 lokalizacjach na terenie Polski (tab. 1)

Tab. 1. Lokalizacja punktów doświadczalnych z oceną przydatności odmian pszenicy jarej dla rolnictwa ekologicznego w 2019 r.

Liczba punktów	Lokalizacja badań	Województwo
1	Osiny (Rolniczy Zakład Doświadczalny IUNG-PIB)	lubelskie
2	Chomentowo (indywidualne gospodarstwo ekologiczne)	podlaskie
3	Grabów (gospodarstwo ekologiczne IUNG-PIB)	mazowieckie

Wytypowano 10 odmian pszenicy jarej do testowania w systemie rolnictwa ekologicznego oraz jedna mieszanka odmian (razem 11 obiektów) (tab. 2). Dodatkowo w Osinach i Chomentowie były uprawiane pszenice oplewione: orkisz (odmiana Wirtas i Kuiavia) oraz „dawne” pszenice (samopsza, płaskurka biała i ciemna).

Tab. 2. Odmiany pszenicy ozimej uwzględnione w badaniach jakościowych w 2019 r.

Lp.	Odmiany pszenicy jarej	
1.	Harenda	Odmiany współczesne pszenicy zwyczajnej
2.	Mandaryna	
3.	Struna	
4.	Goplana	
5.	Nimfa	
6.	Rusałka	
7.	Kamelia	
8.	Serenada	
9.	Kandela	
10.	Zadra	
11.	Mieszanka odmian (Harenda+Goplana+ Kamelia)	
12.	Pszenica orkisz (odmiany Wirtas)	Pszenice oplewione
13.	Pszenica orkisz (odmiany Kuiavia)	
14.	Samopsza	
15.	Płaskurka biała	
16.	Płaskurka ciemna	

Warunki siedliskowe, w których były testowane odmiany pszenicy jarej w systemie ekologicznym, przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Charakterystyka warunków siedliskowych doświadczeń z pszenicą jarą w różnych lokalizacjach badań

Wyszczególnienie	Osiny (woj. lubelskie)	Grabów (woj. mazowieckie)	Chomentowo (woj. podlaskie)
Kompleks przydatności rolniczej gleb	żytni bardzo dobry	żytni bardzo dobry	żytni bardzo dobry
Typ gleby	płowa	płowa	brunatna wyługowana
Gatunek gleby	piasek gliniasty mocny na glinie	piasek gliniasty mocny na glinie	utwory pyłowe na glinie lekkiej
Zasobność gleby:			
– próchnica (%)	1,4	1,5	1,6
– P ₂ O ₅ (mg/100g gleby	8,6	6,8	6,4
– K ₂ O -,-	10,0	7,1	4,3
– Mg -,-	9,1	5,8	13,6
pH w KCl	5,9	5,8	6,6
Przedplon	ziemniak/ kukurydza	mieszanka zbożowo – strączkowa	koniczyna z trawą

W 2019 r. obserwowano występowanie suszy w całym kraju i nierównomierny rozkład opadów (tab. 4). Istotnie mniejsza ilość opadów niż średnio w wieloleciu przyczyniła się do mniejszego nasilenia chorób fuzaryjnych i uzyskania dobrych parametrów jakościowych ziarna w zakresie oceny zawartości białka i glutenu, ale wpłynęła negatywnie na dorodność ziarna (mała masa tysiąca ziaren). Opady, które wystąpiły w Osinach na przełomie lipca i sierpnia 2019 r. spowodowały porastanie ziarna pszenicy jarej, o czym świadczy mała liczba opadania dla niektórych odmian (duża aktywność enzymów amylolitycznych w ziarnie).

Tab. 4. Średnie miesięczne sumy opadów i temperatury lokalizacjach badań w 2019 r.

Miesięczne sumy opadów (mm)

Miejscowość	Miesiąc					
	III	IV	V	VI	VII	VIII
Osiny*	22,7	35,5	86,1	38,7	33,9	86,7
Grabów	22,2	37,5	51,5	51,2	20,2	69,8
Chomentowo	23,4	3,7	116,0	35,1	106,7	79,9

* dane ze stacji Puławy

Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)

Miejscowość	Miesiąc					
	III	IV	V	VI	VII	VIII
Osiny*	5,5	9,6	12,9	21,7	18,6	20,2
Grabów	5,4	9,8	13,1	21,7	18,7	20,2
Chomentowo	4,2	8,6	12,5	20,4	17,5	18,5

* dane ze stacji Puławy

WYNIKI ZADAŃ BADAWCZYCH

1. Ocena podatności odmian pszenicy jarej na porażenie przez grzyby z rodzaju *Fusarium* i występowanie mykotoksyn

Metodyka badań

W 2019 roku określano występowanie fuzariozy kłosów oraz zasiedlenie ziarna przez grzyby (w szczególności *Fusarium* spp.) na odmianach pszenicy jarej uprawianych w systemie ekologicznym w różnych rejonach Polski: Osiny k/ Puław (woj. lubelskie – 51⁰28'N; 22⁰04'E), Chomentowo k/Łomży (woj. podlaskie – 53⁰04'N; 21⁰58'E) i Grabów nad Wisłą k/Zwolenia (woj. mazowieckie – 51⁰21'N; 21⁰40'E).

Badane odmiany pszenicy jarej:

- dziesięć odmian – ‘Goplana’, ‘Harenda’, ‘Kamelia’, ‘Kandela’, ‘Mandaryna’, ‘Nimfa’, ‘Rusałka’, ‘Serenada’, ‘Struna’, ‘Zadra’ i mieszanina odmian (‘Harenda’, ‘Goplana’, ‘Kamelia’) uprawianych w systemie ekologicznym na polach doświadczalnych w Osinach i Grabowie oraz piętnaście odmian i mieszaninę odmian uprawianych w systemie ekologicznym na polach doświadczalnych w Chomentowie (dobór odmian jak w Osinach i Grabowie oraz dodatkowo: orkisz ‘Kuiavia’, orkisz ‘Witras’, ‘Płaskurka Biała’, ‘Płaskurka Ciemna’ i ‘Samopsza’),

Obserwacje polowe nad występowanie fuzariozy kłosów przeprowadzono w fazie dojrzałości mleczno-woskowej. Z każdego poletka doświadczalnego analizowano po 50 losowo wybranych kłosów (4 x 50 kłosów z kombinacji doświadczalnej). Określono procent roślin z objawami fuzariozy i stopień porażenia kłosa (w skali 0 – 5⁰) a następnie obliczano indeks porażenia (IP w %) według wzoru Townsenda i Heubergera,

$$IP(\%) = \frac{\sum_0^i (n \cdot v)}{i \cdot N} \cdot 100$$

w którym:

n – liczba roślin w danym stopniu porażenia

v – stopień porażenia (od 0 do i)

i – najwyższy stopień porażenia

N – całkowita liczba badanych roślin

Dane określające liczbę porażonych kłosów (wyrażone w procentach) przekształcono na stopnie kątowe Bliss'a. Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, a otrzymane średnie porównywano testem Tukey'a.

Obliczenia statystyczne dotyczące porównania liczebności ziarna zasiedlonego przez *Fusarium* spp. wykonano analizą frekwencji - testem zgodności chi kwadrat (χ^2). Założono, że (hipoteza zerowa) ziarno wszystkich badanych odmian pszenicy będzie miało taki sam procent porażonych przez *Fusarium* spp. ziarniaków.

Statystykę chi kwadrat (χ^2) obliczono wg wzoru:

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Gdzie:

f_o – wartość otrzymana

f_e – wartość oczekiwana

Tak otrzymaną statystykę porównano z wartościami krytycznymi χ^2 przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

W celu oznaczenia gatunków grzybów zasiedlających ziarniaki pszenicy, w laboratorium Pracowni wykonano analizę mykologiczną. Po zbiorach z każdej kombinacji doświadczalnej pobrano losowo 4 x 100 ziarniaków. Odkazano je w 1% NaOCl przez 2,5 minuty i płukano trzykrotnie w sterylnej wodzie destylowanej. Następnie wykładano po 6 na szalki Petriego z zestaloną pożywką PDA zakwaszoną kwasem cytrynowym do pH 5,5. Wszystkie czynności wykonano przy stole z laminarnym przepływem powietrza z zachowaniem warunków sterylności. Po 6 dniach hodowli w termostacie w temperaturze 20°C wyrastające kolonie grzybów odszczepiono na skosy agarowe. Następnie oznaczono do gatunku wg kluczy mykologicznych.

W celu sprawdzenia czy istnieją zależności między zasiedleniem ziarna przez najliczniej izolowanymi grzybami, obliczono współczynnik korelacji (r). Siłę korelacji określono według wartości r :

1. < 0.2 - brak związku liniowego
2. 0.2 - 0.4 - słaba zależność
3. 0.4 - 0.7 - umiarkowana zależność
4. 0.7 - 0.9 - dość silna zależność
5. > 0.9 - bardzo silna zależność

Wyniki

Występowanie fuzariozy kłosów na odmianach pszenicy jarej w systemie ekologicznym

W 2019 roku fuzarioza kłosów wystąpiła sporadycznie. Obliczenia statystyczne nie wykazały istotnych różnic w nasileniu objawów chorobowych na kłosach pszenicy jarej uprawianej w Osinach, Grabowie i Chomentowie. Nie stwierdzono również istotnych różnic w występowaniu objawów chorobowych między badanymi odmianami. Procent kłosów z objawami fuzariozy wynosił od 0,0–1,5% (tab. 5).

Tab. 5. Występowanie fuzariozy kłosów na wybranych odmianach pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w trzech miejscowościach w 2019 roku

Odmiana	% porażonych kłosów			Indeks porażenia [%]		
	Osiny	Grabów	Chomentowo	Osiny	Grabów	Chomentowo
Goplana	1,0 a ¹	0,5 a	1,0 a	0,2 a	0,1 a	0,2 a
Harenda	0,5 a	1,0 a	0,0 a	0,1 a	0,2 a	0,0 a
Kamelia	1,5 a	0,5 a	1,0 a	0,3 a	0,1 a	0,2 a
Kandela	1,5 a	1,0 a	0,5 a	0,3 a	0,2 a	0,1 a
Mandaryna	0,5 a	0,5 a	1,0 a	0,1 a	0,1 a	0,2 a
Nimfa	0,5 a	1,0 a	0,0 a	0,1 a	0,2 a	0,0 a
Rusałka	1,5 a	1,0 a	1,5 a	0,3 a	0,2 a	0,3 a
Serenada	1,0 a	1,0 a	0,5 a	0,2 a	0,2 a	0,1 a
Struna	0,0 a	0,5 a	0,5 a	0,0 a	0,1 a	0,1 a
Zadra	0,0 a	0,5 a	1,0 a	0,0 a	0,1 a	0,2 a
Mieszanina odmian ³	1,0 a	0,5 a	0,5 a	0,2 a	0,1 a	0,1 a
Orkisz Kuiavia	x	x	0,0 a	x	x	0,0 a
Orkisz Wirtas	x	x	0,0 a	x	x	0,0 a
Płaskurka Biała	x	x	0,5 a	x	x	0,1 a
Płaskurka Ciemna	x	x	0,0 a	x	x	0,0 a
Samopsza	x	x	0,0 a	x	x	0,0 a
Srednio (11 odmian)	0,82 A ²	0,73 A	0,68 A	0,16 A	0,15 A	0,14 A
	<i>NIR_{α=0,05}</i>			<i>n.i.</i>	<i>n.i.</i>	<i>n.i.</i>

^{1/} wartości oznaczone różnymi małymi literami wskazują istotną różnicę między odmianami

^{2/} wartości oznaczone różnymi wielkimi literami wskazują istotną różnicę między miejscowościami

^{3/} Harenda+Goplana+Kamelia

Fuzarioza kłosów pszenicy jarej w systemie ekologicznym w porównaniu do systemu integrowanego i konwencjonalnego

W 2019 roku objawy fuzariozy kłosów pszenicy jarej wystąpiły w niewielkim nasileniu. Średnie porażenie czterech badanych odmian ('Harenda', 'Kandela', 'Mandaryna' i 'Serenada'), uprawianych w trzech systemach wynosiło 0,71% (IP=0,14%). Obliczenia statystyczne nie wykazały istotnych różnic zarówno w procencie porażonych kłosów, jak i nasileniu objawów chorobowych (IP) na kłosach pszenicy jarej uprawianej w różnych systemach uprawy. Nie stwierdzono również istotnych różnic w występowaniu fuzariozy kłosów pomiędzy badanymi odmianami (tab. 6).

Tab. 6. Występowanie fuzariozy kłosów na czterech odmianach pszenicy jarej uprawianej w różnych systemach uprawy, Osiny 2019

Odmiana	% porażonych kłosów				Indeks porażenia [%]			
	Ekol.	Integr.	Konw.	Śr.	Ekol.	Integr.	Konw.	Śr.
Harenda	0,0 a A	1,0 a A	1,0 a A	0,67 a	0,0 a A	0,2 a A	0,2 a A	0,13 a
Kandela	0,5 a A	1,0 a A	0,5 a A	0,67 a	0,1 a A	0,2 a a	0,1 a A	0,13 a
Mandaryna	1,0 a A	1,0 a A	0,5 a A	0,83 a	0,2 a A	0,2 a A	0,1 a A	0,17 a
Serenada	0,5 a A	0,5 a A	1,0 a A	0,67 a	0,1 a A	0,1 a A	0,2 a A	0,13 a
<i>Średnio</i>	0,50 A	0,88 A	0,75 A	0,71	0,10 A	0,18 A	0,15 A	0,14
<i>NIR</i> $\alpha=0,05$					<i>I = n.i.</i> <i>II = n.i.</i>		<i>II/I = n.i.</i> <i>I/II = n.i.</i>	

^{1/} wartości oznaczone różnymi małymi literami wskazują istotną różnicę między odmianami

^{2/} wartości oznaczone różnymi wielkimi literami wskazują istotną różnicę między systemami uprawy

Zasiedlenie ziarna pszenicy jarej przez Fusarium spp. w systemie ekologicznym

W 2019 roku liczba zasiedlonych przez *Fusarium* spp. ziarniaków badanych odmian pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w różnych rejonach Polski była zróżnicowana. Mniejsza ilość opadów niż średnio w wieloleciu przyczyniła się do mniejszego nasilenia chorób fuzaryjnych i mniejszego zasiedlenia ziarna, niż w 2018 r. Zasiedlenie przez *Fusarium* spp. ziarna pochodzącego z uprawy pszenicy jarej w Osinach (średnio z 11 odmian) wynosiło 6,3%, w Chomentowie – 6,8% a w Grabowie – 5,5%. Z ziarna pochodzącego z uprawy w Grabowie izolowano istotnie mniej tego patogena aniżeli z ziarna pochodzącego z uprawy w Chomentowie (tab. 7).

Analiza mykologiczna wykazała również zróżnicowanie w porażeniu ziarna przez *Fusarium* spp. między odmianami uprawianymi w poszczególnych miejscowościach. Z ziarna pochodzącego z Osin izolowano od 1,5% ('Struna') do 13,5% ('Płaskurka ciemna'), z Chomentowa – 4,7% ('Struna') do 10,8% ('Płaskurka ciemna') a z Grabowa 1,5% ('Struna') do 10,0% ('Nimfa') grzybów rodzaju *Fusarium*, (tab. 7).

Reakcja na porażenie ziarna przez *Fusarium* spp. większości badanych odmian różniła się w zależności od miejscowości, w której była uprawiana. Ziarno odmiany 'Zadra' pochodzące z uprawy pszenicy jarej w Grabowie należało do grupy odmian o wyższym procencie porażenia przez *Fusarium* spp., natomiast pochodzące z Osin i Chomentowa kwalifikowało się do grupy odmian o niższym stopniu porażenia. Niektóre odmiany, niezależnie od miejsca uprawy, charakteryzowały się wysokim procentem porażonych przez *Fusarium* spp. ziarniaków (np. 'Płaskurka ciemna') lub niskim (np. 'Struna') – tab. 7a, 7b i 7c.

Tab. 7. Zasiedlenie ziarna przez *Fusarium* spp. [w %] na wybranych odmianach pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w trzech miejscowościach w 2019 roku

Odmiany	Miejscowość		
	Osiny	Chomentowo	Grabów
Goplana	6,0 b ¹	7,5 abcde	2,0 d
Harenda	7,5 b	8,5 abc	4,5 c
Kamelia	6,0 b	6,5 bcde	5,0 bc
Kandela	8,5 b	8,2 abcd	6,5 abc
Mandaryna	6,0 b	6,0 bcde	5,0 bc
Nimfa	7,0 b	7,0 abcde	10,0 a
Rusałka	8,5 b	6,2 bcde	5,0 bc
Serenada	8,0 b	9,7 ab	8,0 ab
Struna	1,5 d	4,7 de	1,5 d
Zadra	5,2 bc	5,5 cde	8,5 ab
Mieszanina odmian	5,0 bc	4,5 e	4,5 c
Orkisz Kuiavia	8,2 b	8,0 abcd	x
Orkisz Wirtas	7,5 b	7,5 abcde	x
Płaskurka Biała	6,5 b	8,5 abc	x
Płaskurka Ciemna	13,5 a	10,8 a	x
Samopsza	2,5 cd	9,3 ab	x
Średnio (16 odmian)	6,7	7,4	5,5
Średnio (11 odmian)	6,3 AB²	6,8 A	5,5 B

^{1/} wartości oznaczone różnymi małymi literami wskazują istotną różnicę między odmianami

^{2/} wartości oznaczone różnymi wielkimi literami wskazują istotną różnicę między miejscowościami

Tab. 7a. Zasiedlenie ziarna przez *Fusarium* spp. [w %] na wybranych odmianach pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w Osinach w 2019 roku – grupy jednorodne

Grupy jednorodne	Płaskurka Ciemna	Kandela	Rusałka	Orkisz Kuiuavia	Serenada	Harenda	Orkisz Wirtas	Nimfa	Płaskurka Biała	Goplana	Kamelia	Mandaryna	Zadra	Mieszanina odmian	Samopsza	Struna
% poraż	13,5	8,5	8,5	8,2	8,0	7,5	7,5	7,0	6,5	6,0	6,0	6,0	5,2	5,0	2,5	1,5
a																
b																
c																
d																

Tab. 7b. Zasiedlenie ziarna przez *Fusarium* spp. [w %] na wybranych odmianach pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w Chomentowie w 2019 roku – grupy jednorodne

Grupy jednorodne	Płaskurka Ciemna	Serenada	Samopsza	Harenda	Płaskurka Biała	Kandela	Orkisz Kuiuavia	Goplana	Orkisz Wirtas	Nimfa	Kamelia	Rusałka	Mandaryna	Zadra	Struna	Mieszanina odmian
% poraż	10,8	9,7	9,3	8,5	8,5	8,2	8,0	7,5	7,5	7,0	6,5	6,2	6,0	5,5	4,7	4,5
a																
b																
c																
d																
e																

Tab. 7c. Zasiedlenie ziarna przez *Fusarium* spp. [w %] na wybranych odmianach pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w Grabowie w 2019 roku – grupy jednorodne

Grupy jednorodne	Nimfa	Zadra	Serenada	Kandela	Kamelia	Mandaryna	Rusałka	Harenda	Mieszanina odmian	Goplana	Struna
% poraż	10,0	8,5	8,0	6,5	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5	2,0	1,5
a											
b											
c											
d											

Jednoroczne wyniki badań wskazują, że pod kątem zagrożenia pszenicy jarej przez *Fusarium* spp. najbardziej przydatnymi odmianami do uprawy są: w Osinach – ‘Struna’ i ‘Samopsza’, w Chomentowie – ‘Struna’ i ‘Zadra’, natomiast w Grabowie – ‘Struna’ i ‘Goplana’. Wymienione w poszczególnych miejscowościach odmiany były na tym samym,

najniższym poziomie statystycznym. Najwyższy procent porażonych przez *Fusarium* spp. ziarniaków stwierdzono na odmianach: w Osinach i Chomentowie – ‘Płaskurka ciemna’, natomiast w Grabowie – ‘Nimfa’ (tab. 7a, 7b i 7c).

Skład gatunkowy *Fusarium* spp. zasiedlających ziarno pochodzące z uprawy pszenicy jarej w różnych miejscowościach był do siebie zbliżony. Dominującym gatunkiem izolowanym z ziarna pochodzącego ze wszystkich miejscowości był *F. poae*. Stanowił on około 65% ogólnej liczby wyizolowanych *Fusarium* spp. (w Osinach – 67,2%, w Chomentowie – 69,3%, w Grabowie – 56,4%). Drugim, co do liczby izolowanych *Fusarium* spp. był *F. avenaceum* (*G. avenacea*). Stanowił on około 28,4% ogólnej liczby wyizolowanych *Fusarium* spp. (w Osinach – 25,4%, w Chomentowie – 22,7%, w Grabowie – 40,0%). Ponadto w niewielkich ilościach lub sporadycznie izolowano: *F. culmorum*, *F. equiseti* (*G. intricans*), *F. graminearum* (*G. zea*) i *F. tricinctum* (*G. tricincta*) i *F. sporotrichioides* (tab. 8).

Z innych rodzajów grzybów zasiedlających ziarno pszenicy jarej głównie izolowano gatunki: *Alternaria alternata* (Osiny – 78,7%, Chomentowo – 74,7% i Grabowie – 79,9% %), *Epicoccum nigrum* (odpowiednio 15,3%, 7,2% i 8,8%), *Khuskia oryzae* (odpowiednio 4,5%, 3,8% i 11,3%) oraz *Bipolaris sorokiniana* (odpowiednio 3,9%, 3,9% i 6,6%) – tab. 9, 10 i 11.

W niewielkich ilościach lub sporadycznie izolowano: *Acremoniella fusca*, *Arthrinium phaeospermum*, *Aspergillus niger*, *Aureobasidium bolleyi*, *Aureobasidium pullulans*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum*, *Gelasinospora cerealis*, *Gonatobotrys simplex*, *Mucor* spp., *Penicillium* spp. i *Trichoderma viride* (tab. 9, 10 i 11).

Tab. 8. Gatunki grzybów rodzaju *Fusarium* wyizolowane z ziarniaków pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w trzech miejscowościach [% zasiedlonych ziarniaków] w 2019 roku

Odmiana	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Fusarium poae</i>	<i>Fusarium tricinctum</i>	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium equiseti</i>	<i>Fusarium poae</i>	<i>Fusarium sporotrichioides</i>	<i>Fusarium tricinctum</i>	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium poae</i>
	OSINY					CHOMENTOWO					GRABÓW			
Goplana	1,0			5,0		1,0			5,0		1,5		1,0	1,0
Harenda	1,5		1,0	5,0		3,5			5,0			3,0		1,5
Kamelia	1,0			5,0		1,5			5,0			1,5		3,5
Kandela	1,5			7,0		1,2			7,0			3,5		3,0
Mandaryna	1,5	1,0		3,5		1,5	1,0		3,5			3,5		1,5
Nimfa	3,5			3,5		1,0	1,0		5,0			5,0		5,0
Rusałka				8,5		1,2			5,0					5,0
Serenada	1,5	3,5		3,0		3,0			6,7			3,0		5,0
Struna	1,5					1,2			3,5					1,5
Zadra	3,5			1,7			1,0		3,5		1,0	5,0		3,5
Mieszanina odmian				5,0		1,0			3,5				1,0	3,5
Orkisz Kuiavia	1,5			5,0	1,7	1,0			7,0			-	-	-
Orkisz Wirtas	3,0	1,0		3,5		3,5		1,0	3,0			-	-	-
Płaskurka Biała	3,0			3,5					8,5			-	-	-
Płaskurka Ciemna	3,5			10,0		1,5			8,3	1,0		-	-	-
Samopsza				2,5		5,0			3,3		1,0	-	-	-
Średnio	1,7	0,3	0,1	4,5	0,1	1,7	0,2	0,1	5,2	0,1	0,2	2,2	0,2	3,1

Tab. 9. Inne grzyby wyizolowane z ziarniaków pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w Osinach w 2019 roku [% zasiedlonych ziarniaków]

Odmiana	<i>Acremonia fusca</i>	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Arthrinium phaeospermum</i>	<i>Aureobasidium pullulans</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Epicoccum nigrum</i>	<i>Gelasinospora cerealis</i>	<i>Gonotobotrys simplex</i>	<i>Khuskia oryzae</i>	<i>Mucor spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Trichoderma viride</i>
Goplana		78,0	1,0	3,0	8,5			15,0			10,0			
Harenda	1,0	80,0	1,0	10,0	1,0			9,0			3,5		1,0	
Kamelia		70,0		6,0	9,5			10,0		1,0	5,5		3,0	
Kandela	1,0	82,0	5,0	1,0	5,0	1,5		12,5		3,0	5,0			
Mandaryna	1,0	78,0	3,0	5,0	5,0			8,5			5,0		5,0	
Nimfa	1,0	85,0	1,5	5,0	2,0			23,5			6,7			1,0
Rusałka	1,0	74,0	2,5	1,0	1,5	1,0		18,0		1,0	3,0		2,5	
Serenada		85,0	3,0	1,0	3,5			16,5	1,0		1,0			
Struna		84,0	3,0	1,0	1,5	1,5		6,0		1,0	9,0			
Zadra		73,5	1,0	5,0	8,5			17,0	3,0	1,5	1,0		1,0	
Mieszanina odmian	1,0	77,0	1,0	3,0	5,0	1,5		10,0		1,0	9,0		1,0	
Orkisz Kuiavia		85,0	1,0	1,0	1,5	1,0		20,0		1,5	3,0	1,0		
Orkisz Wirtas		80,0		1,5	3,0	1,0		13,0		1,0	5,0			
Płaskurka Biała		70,0	3,0	1,0	1,5			20,0			5,0			
Płaskurka Ciemna	1,0	75,0	5,0	3,3	1,0	1,5		25,0	1,0		1,0			
Samopsza		83,0	1,5	3,0	5,0		3,5	21,5		1,0				
Średnio	0,4	78,7	2,0	3,2	3,9	0,6	0,2	15,3	0,3	0,8	4,5	0,1	0,8	0,1

Tab. 10. Inne grzyby wyizolowane z ziarniaków pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w Chomentowie w 2019 roku [% zasiedlonych ziarniaków]

Odmiana	<i>Acremonia fusca</i>	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Arthrinium phaeospermum</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aureobasidium bolleyi</i>	<i>Aureobasidium pullulans</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Epicoccum nigrum</i>	<i>Gonotobotrys simplex</i>	<i>Khuskia oryzae</i>	<i>Penicillium spp.</i>
Goplana		73,3	1,0				6,7		1,2	10,0		3,0	3,3
Harenda		85,0	1,0			1,0	5,0			8,5		3,0	
Kamelia		73,3	3,5				15,0			6,7		3,3	1,0
Kandela		85,0	3,0			2,5	1,0			5,0	1,0	5,0	
Mandaryna		76,7	5,0				5,0			13,5		1,0	1,5
Nimfa		60,0	5,0		1,5		8,5			13,0		8,0	6,5
Rusałka		85,0					5,0			1,0	1,5	3,0	2,5
Serenada		80,0		1,0		1,2	3,3		1,0	5,0		3,5	10,0
Struna		80,0				2,5	1,5	1,0	1,0	6,7	1,0	7,0	
Zadra		66,7				1,2	1,5		1,0	10,0		5,0	20,0
Mieszanina odmian		66,7	3,0			2,5	1,0			3,5		8,3	30,0
Orkisz Kuiavia		66,7	5,0				5,0	1,0		15,0		2,5	2,8
Orkisz Wirtas	1,0	86,7					5,0			3,5		5,0	
Płaskurka Biała		35,0											90,0
Płaskurka Ciemna		90,0	5,0				1,0			5,0			1,5
Samopsza		85,0	5,0			3,5	1,2			8,3		3,3	
Średnio	0,1	74,7	2,3	0,1	0,1	1,2	3,9	0,1	0,3	7,2	0,2	3,8	10,6

Tab. 11. Inne grzyby wyizolowane z ziarniaków pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w Grabowie w 2019 roku [% zasiedlonych ziarniaków]

Odmiana	<i>Acremonia fusca</i>	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Arthrinium phaeospermum</i>	<i>Aureobasidium pullulans</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Epicoecium nigrum</i>	<i>Gelasinospora cerealis</i>	<i>Gonatotryps simplex</i>	<i>Khuskia oryzae</i>	<i>Penicillium spp.</i>
Goplana		80,0	5,0	1,0	10,0	1,5		5,0	1,0		12,0	1,0
Harenda		76,7	1,5	1,0	5,0		3,0	10,0			10,0	1,0
Kamelia		78,3		1,0	6,5		1,0	15,0		1,5	11,5	
Kandela	1,0	83,0			5,0	5,0		8,0			11,5	
Mandaryna		78,3	1,5	6,5	6,8			18,3			8,5	
Nimfa		78,3	1,5	1,5	3,0	1,0	1,0	8,5	1,0	1,5	20,0	
Rusałka		85,0	1,5	6,5	8,0		1,0	6,0			11,5	1,0
Serenada		71,5	1,5	1,7	15,0	1,0	3,5	6,7			13,5	
Struna	1,0	80,0	5,0	1,5	7,0	1,7	1,0	10,0		3,0	6,5	
Zadra		83,3	5,0	1,0				6,0		1,5	11,7	
Mieszanina odmian		85,0		1,0	6,0			3,5			8,0	
Średnio dla odmian	0,2	79,9	2,0	2,1	6,6	0,9	1,0	8,8	0,2	0,7	11,3	0,3

Na uwagę zasługuje bardzo wysokie zasiedlenie przez *Penicillium spp.* ziarna pochodzącego z uprawy w Chomentowie, a w szczególności na odmianie ‘Płaskurka Biała’ (90%) – tab. 10.

Współczynniki korelacji

Jako hipotezę zerową przyjęto brak zależności (korelacji), w której $F_{obl} < F_{tab}$.

Tab. 12. Zależności pomiędzy najliczniej izolowanymi grzybami z ziarna pszenicy jarej w 2019 r.

Badane grzyby	Współczynnik regresji liniowej „b”	Współczynnik „a”	Współczynnik korelacji „r”	F_{obl}/F_{tab}	Równanie regresji Y_p	Korelacja
<i>Fuarium spp.</i> – <i>A. alternata</i>	-0,1697	78,6646	-0,0444	$F_{obl} < F_{tab}$	$Y = -0,17x + 78,66$	nie
<i>Fuarium spp.</i> – <i>E. nigrum</i>	0,2916	8,6911	0,1162	$F_{obl} < F_{tab}$	$Y = 0,29x + 8,69$	nie
<i>Fuarium spp.</i> – <i>K. oryzae</i>	-0,4453	8,9719	-0,2507	$F_{obl} < F_{tab}$	$Y = -0,45x + 8,97$	nie
<i>Fuarium spp.</i> – <i>B. sorokiniana</i>	-0,4744	7,7403	-0,3178	$F_{obl} > F_{tab}$	$Y = -0,47x + 7,74$	tak
<i>A. alternata</i> – <i>E. nigrum</i>	0,0392	7,5896	0,0598	$F_{obl} < F_{tab}$	$Y = 0,04x + 7,59$	nie
<i>A. alternata</i> – <i>K. oryzae</i>	0,0521	1,9665	0,1122	$F_{obl} < F_{tab}$	$Y = 0,05x + 1,97$	nie
<i>A. alternata</i> – <i>B. sorokiniana</i>	-0,0304	6,9394	-0,0779	$F_{obl} < F_{tab}$	$Y = -0,03x + 6,94$	nie
<i>E. nigrum</i> – <i>K. oryzae</i>	-0,2143	8,4825	-0,2984	$F_{obl} > F_{tab}$	$Y = -0,21x + 8,48$	tak
<i>E. nigrum</i> – <i>B. sorokiniana</i>	-0,0538	5,2764	-0,0888	$F_{obl} < F_{tab}$	$Y = -0,05x + 5,28$	nie
<i>K. oryzae</i> – <i>B. sorokiniana</i>	0,1201	4,1495	0,1407	$F_{obl} < F_{tab}$	$Y = -0,12x + 4,15$	nie

Obliczenia przeprowadzone na jednorocznych wynikach badań mykologicznych ziarna pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym w trzech miejscowościach wykazały istnienie pewnych zależności pomiędzy grzybami zasiedlającymi ziarno (tab. 12).

Fusarium* spp. – *Bipolaris sorokiniana

Współczynnik korelacji $r = -0,3178$ ($F_{obl} > F_{tab}$)

Wartość r wskazuje, że istnieje ujemna (słaba do umiarkowanej) zależność pomiędzy zasiedleniem ziarna przez *Fusarium* spp. a *B. sorokiniana*. Wzrost zasiedlenia ziarna przez *Fusarium* spp. powoduje zmniejszenie zasiedlenia przez *B. sorokiniana* (i na odwrót).

Epicoccum nigrum* – *Khuskia oryzae

Współczynnik korelacji $r = -0,2984$ ($F_{obl} > F_{tab}$)

Wartość r wskazuje, że istnieje słaba ujemna zależność pomiędzy zasiedleniem ziarna przez *E. nigrum* a *K. oryzae*. Wzrost zasiedlenia ziarna przez *E. nigrum* powoduje zmniejszenie zasiedlenia przez *K. oryzae* (i na odwrót).

W pozostałych badaniach, analiza korelacji nie wykazała zależności ($F_{obl} < F_{tab}$) pomiędzy badanymi grzybami (tab. 12).

Podsumowanie

1. W 2019 roku objawy fuzariozy kłosów pszenicy jarej wystąpiły w niewielkim nasileniu. Przyczyną były niesprzyjające warunki pogodowe dla rozwoju tych patogenów (susza). Obliczenia statystyczne nie wykazały istotnych różnic w nasileniu choroby zarówno między uprawianymi odmianami jak i miejscowościami, w których prowadzono badania.
2. Analiza mykologiczna ziarna wykazała duże zróżnicowanie w zasiedleniu przez *Fusarium* spp. ziarna badanych odmian pszenicy jarej. Jednoroczne wyniki wskazują, że do uprawy ekologicznej najbardziej przydatnymi z badanych odmian pod kątem zmniejszenia zagrożenia infekcją przez *Fusarium* spp. były:
 - w okolicach Osin – ‘Struna’ i ‘Samopsza’,
 - w okolicach Chomentowa – ‘Struna’, i ‘Zadra’,
 - w okolicach Grabowa – ‘Struna’, i ‘Goplana’.
3. Z ziarniaków pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym najliczniej izolowanym gatunkiem był *F. poae* następnie *F. avenaceum*. Pozostałe gatunki: *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides*, *F. tricinctum* izolowano w mniejszym stopniu albo sporadycznie.
4. Ziarno pszenicy jarej (w szczególności odmiany ‘Płaskurka Biała’) pochodzące z uprawy ekologicznej w Chomentowie licznie zasiedlone było przez *Penicillium* spp.

5. Z innych grzybów zasiedlających ziarno pszenicy jarej dominującym gatunkiem był *A. alternata*, następnie *E. nigrum* – grzyby powodujące czernienie kłosów.
6. Analiza korelacji wykazała pewne zależności pomiędzy grzybami zasiedlającymi ziarno pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym (*Fusarium* spp., *B. sorokiniana*, *E. nigrum*, *K. oryzae*).

2. Badania w zakresie doboru odmian pszenicy jarej z uprawy ekologicznej pod kątem wymagań przemysłu młynarsko-piekarskiego i makaronowego

Pszenica jest jednym z najważniejszych rodzajów zbóż uprawianych w Polsce. W 2019 roku areał jej uprawy wynosił prawie 2,4 mln ha, a zbiory ziarna zostały oszacowane na 11,2 mln ton. Pszenica jara jest wysiewana na terenie całego kraju, ale na mniejszą skalę niż ozima, jej tegoroczne zbiory oszacowano na 1,7 mln ton [Internet 1]. W gospodarstwach ekologicznych natomiast, odmiennie niż w konwencjonalnych, częściej jest uprawiana forma jara pszenicy, co wynika z mniejszej presji czynników ograniczających plonowanie oraz możliwości uzyskania ziarna o wysokiej wartości technologicznej [Feledyn-Szewczyk i wsp. 2016].

Podstawowym kierunkiem wykorzystania ziarna pszenicy jest produkcja różnych typów mąki będących surowcem do produkcji pieczywa, wyrobów ciastkarskich, makaronów, klusek, pierogów, naleśników itp. Ziarno przeznaczone do przerobu na cele konsumpcyjne musi spełniać ogólne wymagania jakościowe. Powinno być zdrowe, czyste, dojrzałe, bez obcych zapachów, wolne od szkodników. Wilgotność ziarna nie może przekraczać 15,0%, a gęstość w stanie usypowym nie może być niższa niż 72,0 kg/hl. Maksymalna łączna zawartość zanieczyszczeń nie powinna przekraczać 15%, w tym nasion szkodliwych i/lub toksycznych 0,5%, a sporyszu 0,05%. Aktywność enzymów amyloリティcznych określana na podstawie liczby opadania nie powinna być niższa niż 160 s [PN-R-74103]. W zależności od kierunku przerobu określa się szczegółowe wymagania jakościowe dotyczące ziarna pszenicy. Wymagania przemysłu młynarskiego dotyczą odpowiedniej wielkości i wyrównania ziarna, struktury bielma (szklistość, twardość), zawartości popiołu. Mąki otrzymane z przemiału ziarna powinny cechować się odpowiednimi cechami użytkowymi, pożądanymi w procesie dalszego przerobu. W przypadku mąki pszennej przeznaczonej do produkcji pieczywa ważna jest aktywność enzymów amyloリティcznych, która powinna być na średnim poziomie (liczba opadania 220-280 s) oraz odpowiednia ilość i jakość białek glutenowych. Mają one wpływ na ilość gazów zatrzymywanych w kęsie uformowanego ciasta podczas jego rozrostu i w początkowej fazie wypieku, co decyduje o objętości bochenka i

porowatości miękiszu [Jakubczyk i Haber 1983]. Zawartość substancji białkowych jest również ważnym wyróżnikiem jakościowym mąk przeznaczonych do produkcji makaronu. Mąka makaronowa powinna cechować się wysoką zawartością białek glutenowych (wydajność glutenu ok. 30%), jak najniższą popiołowością (0,4-0,5%), średnią lub niską aktywnością amylolityczną (liczba opadania nie mniejsza niż 220 s). Najlepszym surowcem do produkcji makaronów jest semolina – kaszka makaronowa z przemiału ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum*) [Cacak-Pietrzak 2008].

Wartość technologiczna pszenicy w dużym stopniu uwarunkowana jest genotypem (gatunek, odmiana). Według obowiązującej w Polsce klasyfikacji odmiany pszenicy zwyczajnej zaliczane są do jednej z pięciu grup jakościowych [Klockiewicz-Kamińska i Brzeziński 1996]:

- E – pszenica elitarna;
- A – pszenica jakościowa,
- B – pszenica chlebowa,
- K – pszenica na ciastka,
- C – pszenica ogólnoużytkowa.

W klasyfikacji COBORU nie uwzględniono grupy pszenic przeznaczonych do przerobu na mąki makaronowe. Odmiany pszenicy zaliczane do grupy E są bardzo odporne na porastanie, charakteryzują się bardzo dobrą wartością przemiałową ziarna i wypiekową mąki, dlatego uzyskana z nich mąka stosowana jest jako dodatek do mąki o niskich parametrach technologicznych. Odmiany pszenicy z grupy A cechują się również dużą odpornością na porastanie, dobrą wartością przemiałową ziarna oraz bardzo dobrą wartością wypiekową mąki. Odmiany z grupy B cechują się ziarnem o dobrej wartości przemiałowej, a uzyskana z nich mąka może być stosowana jako surowiec do wypieku wyrobów piekarsko-ciastkarskich. Do grupy K zalicza się odmiany z których mąka jest dobrym surowcem do produkcji wyrobów ciastkarskich. Do grupy C należą odmiany nie zakwalifikowane do żadnej z ww. grup technologicznych. Są to odmiany ogólnoużytkowe, w tym odmiany paszowe. Na liście odmian roślin rolniczych [COBORU 2018] znajdują się obecnie 33 odmiany pszenicy jarej. Wśród nich są 2 odmiany z grupy jakościowej E (pszenice elitarne), 25 odmian z grupy A (pszenice jakościowe), 5 odmian z grupy B (pszenice chlebowe) i 1 odmiana z grupy C (pszenice paszowe).

Odmiana zakwalifikowana do określonej grupy jakościowej musi spełniać odpowiednie kryteria wartości technologicznej. Zaliczenie odmiany do danej grupy jakościowej nie gwarantuje jednak, że w każdych warunkach uprawy otrzyma się ziarno o wymaganej w danej grupie jakościowej wartości technologicznej, ponieważ na wartość technologiczną

wpływają również warunki środowiska rolniczego, takie jak przebieg pogody w okresie wzrostu i rozwoju roślin, warunki glebowe oraz stosowane zabiegi agrotechniczne (przede wszystkim nawożenie mineralne i zabiegi ochrony roślin) [Cacak-Pietrzak 2008, 2011]. W warunkach uprawy ekologicznej zabiegi agrotechniczne są bardzo ograniczone, co może wpływać niekorzystnie na cechy jakościowe ziarna [Bartnik 1994].

W Polsce, podobnie jak w innych krajach UE, nie określono odrębnych wymagań jakościowych dla ziarna pszenicy z uprawy ekologicznej, powinno ono zatem odpowiadać ogólnym wymaganiom jakościowym dla ziarna pszenicy.

Cel pracy i metodyka

Celem pracy była ocena wartości technologicznej mąki, otrzymanej z przemiału ziarna wybranych gatunków i odmian pszenicy jarej pochodzącej z uprawy ekologicznej, jako surowca do produkcji pieczywa i makaronu.

Materiał doświadczalny stanowiło ziarno 10. jarych odmian pszenicy zwyczajnej: Goplana (grupa jakościowa A), Harenda (B), Kamelia (B), Kandela (A), Mandaryna (A), Nimfa (A), Rusalka (A), Serenada (A), Struna (A) i Zadra (B), ziarno 2 odmian pszenicy orkisz: Kuiavia i Wirtas oraz ziarno prastarych gatunków pszenicy – płaskurki białej, płaskurki ciemnej i samopszy. Ziarno pochodziło ze zbioru z 2019 roku z doświadczenia polowego przeprowadzonego w 2018 roku w Stacji Doświadczalnej Osiny, należącej do IUNG-PIB w Puławach. Tegoroczna praca stanowiła kontynuację badań prowadzonych na ziarnie pszenicy jarej ze zbioru w 2017 i 2018 roku. W porównaniu z poprzednimi latami materiał badawczy został rozszerzony o ziarno orkiszu odmiany Kuiavia, nie zmieniano doboru gatunków i odmian pszenicy, warunków siedliskowych uprawy oraz metodyki badań laboratoryjnych.

Badania laboratoryjne zostały przeprowadzone w Zakładzie Technologii Zbóż Katedry Technologii Żywności SGGW, według metod powszechnie stosowanych dla ziarna zbóż i przetworów zbożowych [Jakubczyk i Haber 1983].

W ramach oceny fizyczno-chemicznej ziarna wykonano następujące oznaczenia:

- gęstość w stanie usypowym (ciężar hektolitrowy),
- masa 1000 ziaren,
- celność i wyrównanie,
- szklistość,
- twardość – przy użyciu przystawki Brabendera do farinografu przy szczelinie mielącej 100/5,
- zawartość zanieczyszczeń,
- wilgotność – metodą suszenia.

Przemiał laboratoryjny ziarna przeprowadzono w dwupasażowym młynie laboratoryjnym firmy Quadrumat Senior. Przed przemiałem ziarno poddano procesowi czyszczenia na granoteście firmy Brabender oraz kondycjonowania do wilgotności 14,5%. Na podstawie ilości uzyskanych produktów sporządzono bilans procesu przemiału, tzn. obliczono wydajność mąki z pasaży śrutowych i wymiałowych, wydajność mąki ogółem oraz wydajność otrąb śrutowych i wymiałowych. Oznaczono również zawartość popiołu w mące (w temp. 900°C). Na podstawie wydajności mąki ogółem i popiołowości wyznaczono współczynniki efektywności przemiału K [Sitkowski 2010].

W ramach oceny cech fizyko-chemicznych mąki wykonano następujące oznaczenia:

- barwę na fotokolorymetrze CR-200 firmy Minolta w systemie CIE w układzie $L^*a^*b^*$ [Biller i Wierzbicka 2003],
- wilgotność – metodą suszenia,
- zawartość białka ogółem – metodą Kjeldahla (Nx5,83),
- ilość glutenu mokrego i indeks glutenowy w systemie Glutomatic 2200 [PN-EN 15587: 2008],
- liczbę opadania – metodą Hagberga-Pertena [PN-EN ISO 3093:2007].

Przydatność mąk do produkcji pieczywa określano przeprowadzając próbny wypiek laboratoryjny. Ciasto (o wydajności 160%) przygotowano z 500 g mąki o wilgotności 14,0%, 300 cm³ wody, 15 g drożdży piekarskich i 7,5 g soli kuchennej w mieszarce SP-800A (czas mieszenia 5 minut). Fermentacja przebiegała dwustopniowo – z przebicciem ciasta po 60 i 90 minutach, rozrost końcowy ciasta prowadzono w foremkach, wypiek odbywał się w piecu firmy Svena Dahlen w temperaturze 230°C przez 30 minut.

Ocenę przebiegu procesu wypieku przeprowadzono w oparciu o obliczenia:

- upieku i straty wypiekowej całkowitej,
- wydajności pieczywa.

Analizę jakości pieczywa przeprowadzono po 24 godz. od wypieku (pieczywo przechowywano w warunkach pokojowych). Obejmowała ona ocenę:

- objętości pieczywa,
- współczynnika porowatości miękiszu (wg Dallmana).

Dodatkowo przeprowadzono ocenę organoleptyczną metodą punktową zgodnie z normą PN-A-74108: 1996. Zespół przeprowadzający ocenę liczył dziesięć osób. Oceniano takie wyróżniki jakości pieczywa, jak wygląd zewnętrzny bochenka, zabarwienie i grubość skórki, elastyczność, porowatość i krajalność miękiszu oraz smak i zapach pieczywa.

W pierwszym etapie oceny przydatności mąk do produkcji makaronów określono podatność ciast na ciemnienie na podstawie zmiany barwy placuszków ciasta termostatowanych w temperaturze 30°C przez 2 godziny [Obuchowski 1997]. Zmianę barwy oceniano wizualnie i określano w trzystopniowej skali oraz na fotokolorymetrze CR-200 firmy Minolta w systemie CIE w układzie L*a*b*. Na podstawie wyników pomiarów barwy placuszków ciasta przed i po termostatowaniu wyznaczono bezwzględną różnicę barwy [Biller i Wierzbička 2003]. W następnym etapie pracy przygotowywano ciasto makaronowe o wilgotności 36% w urządzeniu Kitchen Aid. Ciasto sporządzano z 200 g mąki oraz wody o temperaturze 30°C i po rozwałkowaniu cięto do formy nitek. Uformowany makaron suszono w suszarce konwekcyjnej w temperaturze 60°C do zawartości wody 12% ($\pm 1\%$).

Analiza jakości makaronów obejmowała ocenę organoleptyczną makaronów przed i po ich ugotowaniu. W ramach oceny makaronu surowego określano zapach oraz wygląd ogólny na podstawie barwy, kształtu, pozostałych cech (np. pęknięcia na powierzchni, pstrociny). Ocena makaronu ugotowanego obejmowała ocenę smaku i zapachu oraz wyglądu ogólnego na podstawie barwy, kształtu (konsystencji) oraz pozostałych cech (np. występowanie zlepów). Zespół przeprowadzający ocenę organoleptyczną liczył dziesięć osób. Ocenę przeprowadzano metodą punktową przyznając za każdy wyróżnik jakościowy od 1 (najmniej pożądanym) do 5 punktów (najbardziej pożądanym). Wynik końcowy podano jako średnią liczbę punktów z oceny wszystkich cech. Wyznaczono również współczynniki przyrostu wagowego oraz straty suchej masy makaronów podczas gotowania [Obuchowski 1997].

Wyniki oceny cech fizyko-chemicznych ziarna

Według wymagań jakościowych zawartych w normie PN-R-74103 gęstość w stanie usypowym ziarna pszenicy nie powinna być mniejsza niż 72,0 kg/hl. Wymaganie to spełniało ziarno obu odmian orkiszu, samopszy, płaskurki białej i ciemnej oraz większości odmian pszenicy zwyczajnej, z wyjątkiem odmian: Kamelia i Serenada (tab. 13). Wartości tego wskaźnika mieściły się w zakresie od 69,3 do 80,7 kg/hl. Największą gęstością usypową cechowało się ziarno pszenicy zwyczajnej odmian Mandaryna i Struna, samopszy oraz orkiszu odmiany Wirtas.

Tab. 13. Wyniki oceny cech fizyko-chemicznych ziarna

Gatunek odmiana	Gęstość w stanie usypowym [kg/ hl]	Masa 1000 ziaren [g]	Celność / wyrównanie [%]	Szklistość [%]	Twardość [j.B]	Zanieczyszczenia [%]	Wilgotność [%]
Pszenvica zwyczajna							
Goplana	74,5	33,0	64,1/67,2	70	680	0,1	13,8
Harenda	78,0	34,9	76,1	86	695	0,5	14,2
Kamelia	69,3	26,8	29,9/64,2	88	660	0,1	14,0
Kandela	74,9	34,0	70,5	74	670	0,1	14,0
Mandaryna	80,7	31,7	74,7	85	695	0,2	13,6
Nimfa	72,4	34,1	65,2/66,5	74	690	0,1	13,9
Rusałka	76,1	33,2	78,4	79	680	0,1	14,1
Serenada	70,2	36,2	63,8	94	740	0,2	13,5
Struna	79,2	35,7	88,2	68	695	0,1	13,6
Zadra	77,4	32,2	57,6/72,7	93	690	0,2	14,1
Średnia	75,3	33,2	66,9/72,2	81	690	0,2	13,9
Pszenvica orkisz							
Kuiavia	75,4	30,0	25,9 / 59,6	5	510	0,2	12,8
Wirtas	79,5	29,7	23,8/64,1	4	480	0,3	13,0
Pszenvica płaskurka							
Biała	74,3	24,8	14,7 / 38,8	97	485	0,2	13,2
Ciemna	75,0	27,1	18,2/ 49,2	94	520	0,2	13,1
Pszenvica samopsza							
Samopsza	79,6	24,0	2,9 / 28,5	5	380	0,2	12,5

Masa 1000 ziaren oraz celność wskazują na wielkość i dorodność ziarna [Jakubczyk i Haber 1983]. Masa 1000 ziaren badanych odmian pszenicy zwyczajnej wynosiła od 26,8 do 36,2 g; średnio 33,2 g (tab. 13). Dużo mniejszą masą 1000 ziaren cechowała się samopsza (24,0 g) oraz płaskurka biała i ciemna (odpowiednio: 24,8 i 27,1 g). Masa 1000 ziaren orkiszu odmian Kuiavia i Wirtas wynosiła odpowiednio: 30,0 i 29,7 g. Celność ziarna sześciu próbek ziarna pszenicy zwyczajnej (odmiany: Harenda, Kandela, Mandaryna, Rusałka, Serenada, Struna) pokrywała się z wyrównaniem, co świadczy o ich dorodności. Wartości celności ziarna pszenicy zwyczajnej mieściły się w zakresie od 29,9 do 88,2%, a wyrównanie wynosiło od 63,8 do 88,2%. Celność i wyrównanie ziarna orkiszu wynosiły odpowiednio: 25,9 i 59,6% (odmiana Kuiavia) oraz 23,8 i 64,1% (odmiana Wirtas). Najmniej dorodne było ziarno samopszy (celność 2,9%), płaskurki białej (celność 14,7%) oraz płaskurki ciemnej (celność 18,2%). Według Kiryluka i Gąsiorowskiego [1999] wyrównanie ziarna pszenicy przeznaczanego do przemiału na mąki gatunkowe (niskiego typu) powinno wynosić co najmniej 85%. Spośród badanych próbek pszenicy wymaganie to spełniało tylko ziarno pszenicy zwyczajnej odmiany Struna.

Szkliwość i twardość wskazują na strukturę bielma, która ma duże znaczenie w procesie przemiału ziarna pszenicy [Greffeuille i wsp. 2006, Dziki i wsp. 2011]. W młynarstwie klasyfikuje się jako szkliste ziarno o szkliwości powyżej 60%, gdy ilość ziaren szklistych wynosi poniżej 40% to ziarno określane jest jako mączyste [Kiryłuk i Gąsiorowski 1999]. Wysokim udziałem ziaren szklistych (94 i 97%) odznaczały się płaskurka biała i ciemna (tab. 13). Szklistą strukturą bielma cechowało się także ziarno wszystkich próbek pszenicy zwyczajnej (szkliwość 68-94%). Bielmem o strukturze mączystej cechowało się natomiast ziarno obu odmian orkiszu oraz samopszy (szkliwość 4-5%). Twardość ziarna badanych próbek pszenicy zwyczajnej wynosiła od 660 do 740 j.B. Najbardziej twardym bielmem cechowało się ziarno pszenicy zwyczajnej odmian: Serenada, Harenda, Mandaryna i Struna. Najbardziej miękkie było ziarno samopszy (twardość 380 j.B.), obu odmian orkiszu (480 i 510 j.B.) oraz obu płaskurek (485 i 520 j.B.).

Według wymagań jakościowych zawartych w normie PN-R-74103 ogólna zawartość zanieczyszczeń w masie pszenicy nie może przekraczać 15,0%. Wymaganie to spełniały wszystkie badane próbki ziarna pszenicy (tab. 13). Zawartość zanieczyszczeń w badanych próbkach ziarna była nieduża, mieściła się w zakresie od 0,1 do 0,5%. Wśród zanieczyszczeń stwierdzono obecność ziaren połamanych, niewykształconych, sporadycznie nasion chwastów.

Zawartość wody w badanych próbkach ziarna wynosiła od 12,5 do 14,2% (tab. 13). Według wymagań jakościowych zawartych w normie PN-R-74103 wilgotność ziarna pszenicy nie powinna być wyższa niż 15,0%. Wymaganie to spełniały wszystkie badane próbki ziarna pszenicy.

Wyniki przemiału laboratoryjnego ziarna i oceny cech fizyko-chemicznych mąki

Wydażności (wyciągi) mąki uzyskanej z laboratoryjnego przemiału ziarna pszenicy zwyczajnej mieściły się w zakresie od 76,1 do 80,8%; średnio 78,6% (tab. 14). Największe wyciągi mąki uzyskano z przemiału ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Goplana, Harenda, Mandaryna i Struna. Wyciągi mąki uzyskanej z przemiału ziarna obu odmian orkiszu oraz płaskurki były podobne (zakres 77,0-77,8%). Najmniej mąki otrzymano z przemiału ziarna samopszy (74,6%). Według wymagań klasyfikacji jakościowej opracowanej w COBORU dla odmian pszenicy zwyczajnej [Klockiewicz-Kamińska i Brzeziński 1996] wyciąg mąki uzyskany z ziarna pszenicy zaliczanej do grupy elitarniej nie powinien być mniejszy niż 72%. Wymaganie to spełniało ziarno wszystkich badanych próbek pszenicy. Ilość mąki uzyskanej z pasaży wymiatawowych (zakres 54,8-70,3%) była kilkakrotnie większa od ilości mąki z pasaży śrutowych (zakres 10,5-19,8%). Biorąc pod uwagę proporcje w ilości mąki

z poszczególnych pasaży stwierdzono, że dobrymi właściwościami kaszkującymi cechowało się ziarno pszenicy zwyczajnej odmian: Goplana, Struna, Kandela, Nimfa i Zadra. Wydajności otrąb z pasaży śrutowych wynosiły od 7,4 do 13,0%, a otrąb z pasaży wymiałowych od 7,7 do 16,4%.

Tab. 14. Wyniki przemiału laboratoryjnego ziarna

Gatunek odmiana	Wyd. mąki śrutowej [%]	Wyd. mąki wymiałowej [%]	Wyd. mąki ogółem [%]	Wyd. otrąb śrutowych [%]	Wyd. otrąb wymiałowych [%]	Popiół [% s.m.]	Współczynnik K [-]
Pszenica zwyczajna							
Goplana	10,5	70,3	80,8	10,4	8,8	0,91	89
Harenda	13,3	66,8	80,1	12,2	7,7	0,83	97
Kamelia	14,2	63,1	77,3	12,4	10,3	0,86	90
Kandela	11,2	66,2	77,4	12,1	10,5	0,83	93
Mandaryna	12,0	67,8	79,8	10,7	9,5	0,81	99
Nimfa	11,2	66,2	77,4	12,1	10,5	0,84	92
Rusalka	12,6	65,6	78,2	12,9	8,9	0,98	80
Serenada	11,9	64,2	76,1	13,0	10,9	0,88	86
Struna	10,4	69,3	79,7	11,6	8,7	0,97	82
Zadra	11,4	67,5	78,9	11,9	9,2	0,97	81
Średnia	11,9	66,7	78,6	11,9	9,5	0,89	89
Pszenica orkisz							
Kuiavia	15,4	61,9	77,3	7,5	15,2	0,99	78
Wirtas	14,4	63,4	77,8	7,4	14,8	0,96	81
Pszenica płaskurka							
Biała	15,7	61,3	77,0	8,5	14,5	0,99	78
Ciemna	16,5	61,2	77,7	9,4	12,9	1,00	78
Pszenica samopsza							
Samopsza	19,8	54,8	74,6	9,0	16,4	1,31	57

Zawartość popiołu w mąkach otrzymanych z przemiału ziarna pszenicy zwyczajnej wynosiła od 0,81 do 0,98%; średnio 0,89% (tab. 14). Najmniejszą popiołowścią odznaczały się mąki z ziarna pszenicy odmian: Mandaryna, Harenda i Kandela. Dużo więcej składników mineralnych (popiołu) zawierały mąki otrzymane z przemiału ziarna samopszy (1,31%), obu odmian orkiszu i płaskurki (zakres 0,96-1,00%). Wartości współczynnika efektywności przemiału K mieściły się w zakresie od 57 do 99. Na podstawie wartości tego współczynnika do grupy pszenic o najlepszej wartości przemiałowej ziarna zakwalifikowano odmiany: Mandaryna, Harenda, Kandela i Nimfa (tab. 14).

Zawartość substancji mineralnych (popiołu) ma duży wpływ na barwę mąki. Im większa jest popiołowść mąki tym jej barwa jest ciemniejsza, co wynika z większej zawartości rozdrobnionych cząstek okrywy owocowo-nasiennej [Cacak-Pietrzak 2008]. Dla

mąk otrzymanych z przemiału ziarna badanych odmian pszenicy zwyczajnej wartości parametru L* (jasność barwy) mieściły się w zakresie od 93,27 do 94,60; średnio 93,75 (tab. 15). Najwyższymi wartościami parametru L* cechowały się mąki otrzymane z ziarna obu odmian orkiszu (95,26 i 94,84), a najniższymi mąki z ziarna płaskurki ciemnej i białej (odpowiednio: 88,85 i 90,18) oraz samopszy (89,76). Wartości współczynnika a* dla mąk z ziarna pszenicy zwyczajnej, mieściły się w zakresie od -0,96 do 0,32; średnio -0,20. Dla mąk z płaskurki białej i ciemnej oraz samopszy wartości parametru a* były dodatnie (większy udział barwy czerwonej niż zielonej) i wynosiły odpowiednio: 1,05; 1,40 i 0,71. Wartości współczynnika b* na podstawie którego można określić udział barwy żółtej (dodatnie wartości b*) lub niebieskiej (ujemne wartości b*) mieściły się w zakresie od 8,09 do 13,59. Najwyższymi wartościami tego parametru barwy cechowała się mąka z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian Struna i Mandaryna, płaskurki ciemnej i białej oraz samopszy.

Tab. 15. Wyniki oceny barwy mąki

Gatunek odmiana	Parametry barwy		
	L* [-]	a* [-]	b* [-]
Pszenica zwyczajna			
Goplana	93,86	0,03	9,45
Harenda	93,27	-0,41	11,20
Kamelia	93,44	0,27	9,87
Kandela	94,60	-0,58	11,07
Mandaryna	93,52	-0,68	12,96
Nimfa	94,23	0,08	9,63
Rusalka	93,57	0,05	10,14
Serenada	93,76	0,32	8,95
Struna	93,86	-0,96	13,59
Zadra	93,35	-0,09	10,78
Średnia	93,75	-0,20	10,76
Pszenica orkisz			
Kuiavia	95,26	0,02	8,09
Wirtas	94,84	-0,02	8,33
Pszenica płaskurka			
Biała	90,18	1,05	11,59
Ciemna	88,85	1,40	11,78
Pszenica samopsza			
Samopsza	89,76	0,71	11,29

Zawartość białka ogółem w mąkach otrzymanych z przemiału ziarna badanych odmian pszenicy zwyczajnej mieściła się w zakresie od 9,9 do 12,8%; średnio wynosiła 11,3% (tab. 16). Dużo więcej białka ogółem zawierały mąki otrzymane z przemiału ziarna płaskurki ciemnej i białej (odpowiednio: 19,9 i 17,9%), samopszy (18,4%) oraz obu odmian orkiszu (16,9 i 15,6%). W obrębie pszenicy zwyczajnej największą zawartością białka ogółem cechowały się mąki z ziarna odmian: Serenada, Kamelia i Zadra.

Tab. 16. Wyniki oceny cech fizyko-chemicznych mąki

Gatunek odmiana	Wilgotność [%]	Białko ogółem [% s.m.]	Gluten mokry [%]	Indeks gluten [-]	Liczba opadania [s]
Pszenica zwyczajna					
Goplana	12,9	9,9	22,6	99	232
Harenda	13,0	11,1	24,3	98	159
Kamelia	12,6	12,5	30,5	90	286
Kandela	12,8	10,7	23,9	98	186
Mandaryna	12,9	11,3	25,4	99	128
Nimfa	12,9	10,7	26,8	97	225
Rusałka	12,7	10,8	25,2	98	117
Serenada	12,7	12,8	29,2	99	237
Struna	13,0	10,8	22,7	99	120
Zadra	13,0	12,2	30,0	78	178
Średnia	12,9	11,3	26,1	96	187
Pszenica orkisz					
Kuiavia	13,1	16,9	52,8	60	266
Wirtas	13,1	15,6	40,5	70	261
Pszenica płaskurka					
Biała	12,5	17,9	55,9	48	346
Ciemna	12,5	19,9	47,9	19	339
Pszenica samopsza					
Samopsza	12,8	18,4	nie wymyto		375

Wydajność glutenu mokrego wyizolowanego z mąki otrzymanej z ziarna pszenicy zwyczajnej wynosiła średnio 26,1% (zakres: 22,6-30,5%) (tab. 16). Dużo więcej glutenu wymyto z mąk z ziarna płaskurki ciemnej i białej (odpowiednio: 55,9 i 47,9%) oraz z obu odmian orkiszu (52,8 i 40,5%). Z mąki z samopszy, pomimo dużej zawartości białka ogółem, gluten się nie wymywał, co mogło wynikać z dużej ilości białek rozpuszczalnych (albumin i globulin), a małej ilości białek glutenowych. Według normy PN-91/A-74022:1992 ilość glutenu w mąkach pszennych gatunkowych (jasnych) nie powinna być niższa niż 25%. Wymagania tego nie spełniały mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Goplana, Harenda, Kandela i Struna. Na wartość technologiczną mąki pszennej, oprócz ilości, wpływa również jakość glutenu. Do celów wypiekowych najlepsze są mąki o wartości indeksu glutenu (IG) mieszczącego się w zakresie 60-90 jednostek. Wartości tego wskaźnika powyżej 90 jednostek wskazują na gluten bardzo mocny, natomiast wartości poniżej 60 jednostek na gluten słabej jakości [Rothkaehl 2009]. Na podstawie wartości IG gluten wymyty z próbek mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej zakwalifikowano jako mocny lub bardzo mocny. Wartości tego wskaźnika dla glutenu wymytego z mąki z ziarna orkiszu wynosiły 60 i 70 (odpowiednio: odmiana Kuiavia i Wirtas), dla glutenu z płaskurki białej 48, a dla glutenu z płaskurki ciemnej 19.

Wartości liczby opadania, wskaźnika aktywności enzymów amyloolitycznych, dla mąk z ziarna pszenicy zwyczajnej mieściły się w zakresie od 120 do 286 s; średnio 187 s (tab. 16). Dla mąki przeznaczonej do wypieku pieczywa liczba opadania powinna mieścić się w zakresie 220-280 s (Rothkaehl 2009). Wymaganie to spełniały mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Goplana, Kamelia, Nimfa i Serenada oraz obu odmian orkiszu (Kuiaviai Wirtas). Pozostałe mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej cechowały się wysoką aktywnością amyloolityczną, natomiast w mąkach z ziarna płaskurki białej i ciemnej oraz samopszy aktywność enzymów amyloolitycznych była niska (liczba opadania powyżej 300 s). W przypadku zbyt niskiej aktywności amyloolitycznej wskazane jest jej podwyższenie poprzez dodatek do mąki preparatów zawierających enzymy amyloolityczne.

Wyniki wypieku laboratoryjnego pieczywa

Upiek pieczywa otrzymanego z badanych próbek mąki (różnica pomiędzy masą kęsa ciasta uformowanego przed wypiekiem a masą chleba po wyjęciu z pieca) mieścił się w zakresie od 8,0 do 14,5% (tab. 17). Strata piecowa całkowita (różnica pomiędzy masą kęsa ciasta uformowanego przed wypiekiem a masą chleba po wystygnięciu) wynosiła od 13,7 do 21,1%. Wydajność pieczywa (ilość pieczywa ze 100 części wagowych mąki) uzyskanego z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej wynosiła średnio 131,4% (zakres 126,3-134,9%). Największą wydajność pieczywa uzyskano z mąki z ziarna obu odmian orkiszu (136,5 i 138,2%) oraz pszenicy zwyczajnej odmiany Mandaryna (134,9%). Wydajności pieczywa z mąki z ziarna samopszy oraz płaskurki białej i ciemnej wynosiły odpowiednio: 134,8, 135,1 i 133,1%.

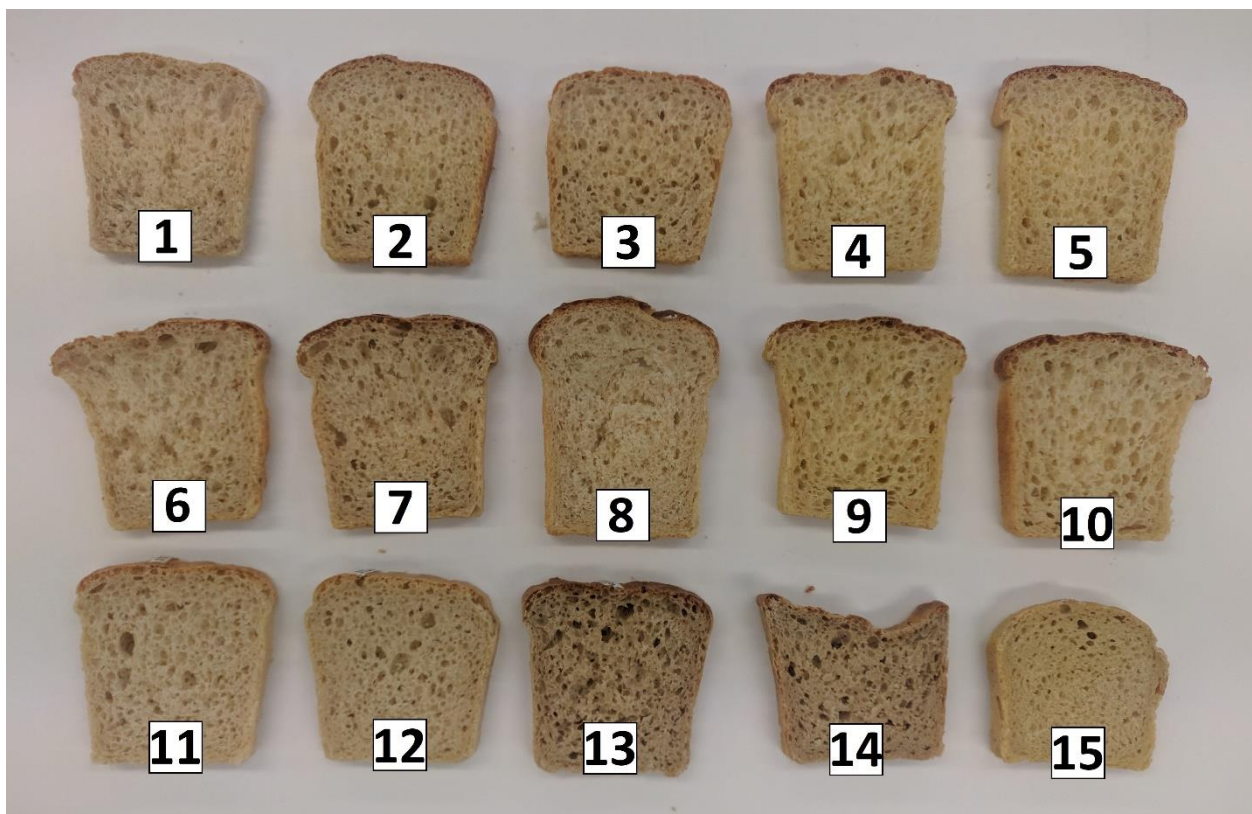
Pieczywo z próbnego wypieku laboratoryjnego cechowało się prawidłowym smakiem i zapachem, typowym dla pieczywa pszennego. Kształt bochenków był na ogół prawidłowy, typowy dla pieczywa wypiekanego w foremkach. Wyjątek stanowiło pieczywo z mąki z ziarna płaskurki ciemnej oraz samopszy. Skórka chleba miała właściwą grubość, barwę od jasno do ciemno brązowej. Wyrośnięcie bochenków chleba było zróżnicowane. Objętość w przeliczeniu na 100 g pieczywa wynosiła od 176 do 327 cm³ (tab. 5). Największą objętością odznaczało się pieczywo z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Nimfa, Serenada, Struna, Zadra i Mandaryna. Najmniej wyrośnięte były bochenki chleba z mąki z ziarna samopszy (176 cm³), płaskurki ciemnej (200 cm³) oraz orkiszu odmiany Wirtas (246 cm³). Mięksiz badanego pieczywa cechował się na ogół dobrą elastycznością, ale przy krojeniu bardzo się kruszył. Był on zróżnicowany pod względem barwy oraz porowatości. Najciemniejszą barwą mięksizu cechowało się

pieczywo z mąki z ziarna płaskurki białej i ciemnej, a w obrębie pszenicy zwyczajnej pieczywo z mąki z ziarna odmian: Harenda, Kamelia i Rusalka (fot. 1).

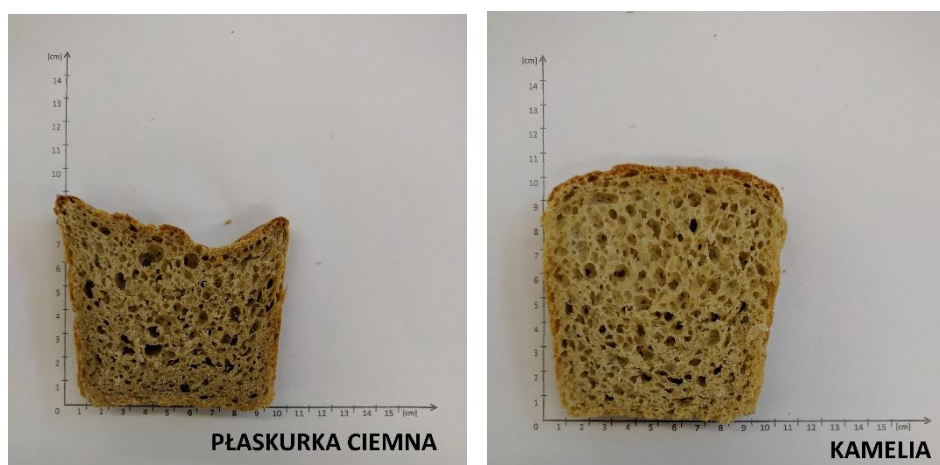
Tab. 17. Wyniki wypieku laboratoryjnego pieczywa

Gatunek odmiana	Upiek [%]	Strata piecowa [%]	Wydajność pieczywa [%]	Objętość pieczywa [cm ³]	Wsp. porowatości [-]	Ocena punktowa [pkt.]
Pszenica zwyczajna						
Goplana	9,7	18,2	130,9	274	40	22,0
Harenda	10,6	16,5	133,7	273	70	26,3
Kamelia	11,3	17,2	132,6	268	70	23,7
Kandela	10,9	17,4	132,1	300	40	19,7
Mandaryna	9,6	15,7	134,9	306	60	27,3
Nimfa	14,1	20,5	127,2	327	40	21,3
Rusalka	11,5	17,9	131,5	261	50	23,0
Serenada	9,9	17,1	132,6	323	40	25,7
Struna	10,6	17,2	132,5	314	60	22,7
Zadra	14,5	21,1	126,3	312	40	20,3
Średnia	11,3	17,9	131,4	296	50	23,2
Pszenica orkisz						
Kuiavia	9,5	14,8	136,5	267	60	23,7
Wirtas	8,0	13,7	138,2	246	70	18,3
Pszenica płaskurka						
Biała	9,7	15,6	135,1	263	60	18,7
Ciemna	10,2	16,9	133,1	200	30	-80,0
Pszenica samopsza						
Samopsza	10,2	15,8	134,8	176	30	-16,3

Współczynniki porowatości miękiszu pieczywa wynosiły od 30 (samopsza, płaskurka ciemna) do 70 (odmiany pszenicy zwyczajnej: Harenda, Kamelia) (tab. 17, fot. 2). Średnia liczba punktów przyznanych podczas oceny organoleptycznej pieczywa od -80,0 do 27,3. Najwyżej zostało ocenione pieczywo z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Mandaryna, Harenda i Serenada, a najniżej pieczywo z mąki z ziarna płaskurki ciemnej i samopszy. Na podstawie ogólnej liczby punktów przyznanych podczas oceny organoleptycznej żadnej z prób pieczywa nie zakwalifikowano do I poziomu jakości (28-32 pkt.). Do II poziomu jakości (27-23 pkt.) zakwalifikowano pieczywo z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Harenda, Kamelia, Mandaryna, Rusalka i Serenada oraz z mąki orkiszowej (odmiana Kuiavia). Pieczywo z mąki z ziarna płaskurki ciemnej oraz z samopszy głównie ze względu na zbyt małe wyrośnięcie bochenka oraz nieodpowiednią porowatość miękiszu zostało zdyskwalifikowane. Pieczywo z mąki z ziarna pozostałych odmian pszenicy zostało zakwalifikowane do III poziomu jakości.



Fot. 1. Porównanie barwy miększu pieczywa otrzymanego z mąki z ziarna pszenicy
 - zwyczajnej odmian: nr 1 Goplana, nr 2 Harenda, nr 3 Kamelia, nr 4 Kandela, nr 5 Mandaryna,
 nr 6 Nimfa, nr 7 Rusalka, nr 8 Serenada, nr 9 Struna, nr 10 Zadra
 - orkiszu odmian: nr 11 Kuiuavia, nr 12 Wirtas
 - płaskurki białej (nr 13) i ciemnej (nr 14)
 - samopszy (nr 15)



Fot. 2. Porównanie porowatości miększu pieczywa: płaskurka ciemna (współczynnik porowatości 30), odmiana Kamelia (współczynnik porowatości 70)

Wyniki oceny przydatności mąki do produkcji makaronów

Ważnym wskaźnikiem oceny przydatności mąki do produkcji makaronu jest określenie podatności otrzymanego z niej ciasta na ciemnienie. Pozwala ono na ocenę intensywności i kierunku zmian barwy ciasta makaronowego podczas kolejnych etapów produkcji oraz wstępne określenie barwy gotowego produktu. Niekorzystne zmiany barwy spowodowane są nadmierną aktywnością enzymów z grupy hydrolaz (głównie endo- i egzopeptydaz) oraz oksydoreduktaz (polifenylooksydazy i lipooksydazy). Dobrym surowcem do produkcji makaronu są mąki/kaszki o niewielkiej podatności na ciemnienie oraz dużej zawartości barwników karotenoidowych [Rachoń 2004].

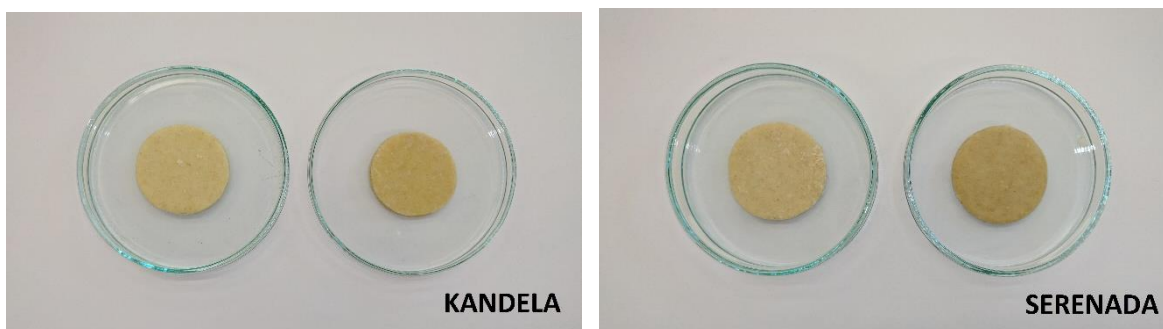
Wartości parametru L^* , opisującego jasność barwy, dla próbek ciasta makaronowego przed termostatowaniem mieściły się w zakresie od 67,55 do 79,64, natomiast po termostatowaniu wynosiły od 61,85 do 73,49, co wskazuje na niekorzystne pociemnienie ich barwy (tab. 18). Średnie wartości tego parametru dla ciast przygotowanych z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej przed i po termostatowaniu wynosiły odpowiednio: 77,57 i 71,38, i były wyższe w porównaniu do jasności barwy ciast otrzymanych z mąki z ziarna płaskurki ciemnej i białej (odpowiednio: 73,82 i 66,20 oraz 67,55 i 61,85) oraz samopszy (odpowiednio: 68,22 i 63,37). Po termostatowaniu próbek ciasta wartości parametru barwy a^* uległy zwiększeniu, co świadczy o zwiększeniu udziału barwy czerwonej i jednoczesnym zmniejszeniu udziału barwy zielonej. Wartości parametru b^* , wskazujące na udział barwy żółtej, po termostatowaniu ciast uległy natomiast nieznacznemu obniżeniu lub wzrostowi. Obniżenie wartości tego parametru barwy stwierdzono w przypadku ciast z mąki orkiszowej (obie odmiany), z płaskurki białej i ciemnej, samopszy oraz ciast z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Goplana, Harenda i Struna. W przypadku pozostałych ciast otrzymanych z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Kamelia, Kandela, Mandaryna, Nimfa, Rusałka i Zadra wartości parametru barwy b^* ciast po termostatowaniu były wyższe niż przed termostatowaniem, co wskazuje na zwiększenie udziału barwy żółtej. Bezwzględna różnica barwy (ΔE) ciasta makaronowego przed i po termostatowaniu wynosiła od 3,83 do 8,88. Najmniejsze wartości tego wskaźnika uzyskano dla ciast z mąki z ziarna orkiszowego odmiany Wirtas, pszenicy zwyczajnej odmian: Struna, Harenda i Zadra oraz samopszy. Według Międzynarodowej Komisji Oświatleniowej bezwzględne różnice barwy mieszczące się w przedziale 0-2 są nierozpoznawalne, w przedziale 2-3,5 są rozpoznawalne przez niedoświadczonego obserwatora, natomiast wartość ΔE powyżej 3,5 świadczy o wyraźnej

różnicy barwy [Chmiel i wsp. 2011]. Na tej podstawie stwierdzono, że zmiany barwy wszystkich ciast makaronowych były znaczące.

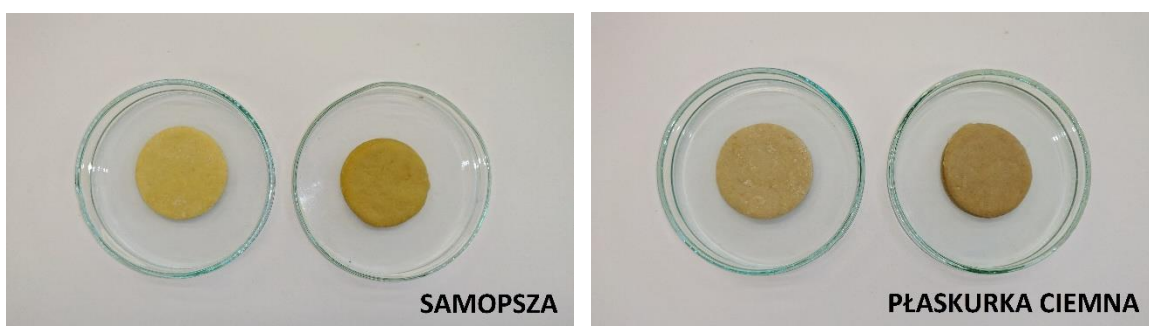
Tab. 18. Wyniki oceny barwy ciasta i jego podatności na ciemnienie

Gatunek odmiana	Parametry barwy						ΔE	Podatność na ciemnienie [st.]
	przed termostatowaniem			po termostatowaniu				
	L*	a*	b*	L*	a*	b*		
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]		
Pszonica zwyczajna								
Goplana	76,86	2,26	17,77	71,37	3,84	17,76	5,71	II
Harenda	75,86	1,56	20,34	70,84	2,90	18,45	5,53	II
Kamelia	76,19	2,55	19,18	69,18	4,50	20,22	7,35	III
Kandela	79,64	0,98	21,68	74,06	2,82	21,97	5,88	II
Mandaryna	78,43	0,71	23,21	72,71	1,94	23,83	5,87	II
Nimfa	77,24	1,69	17,99	70,03	3,53	18,88	7,52	III
Rusałka	77,29	2,12	19,46	70,41	3,91	20,31	7,16	III
Serenada	77,80	2,34	18,28	68,83	3,73	18,28	8,88	III
Struna	78,09	0,71	22,56	73,49	1,80	21,98	4,76	II
Zadra	78,33	1,29	18,58	72,92	2,77	18,95	5,60	II
Średnia	77,57	1,62	19,91	71,38	3,17	20,06	6,43	-
Pszonica orkisz								
Kuiavia	77,55	1,83	19,06	71,16	3,28	18,68	6,56	III
Wirtas	76,48	1,56	18,84	73,34	3,10	17,27	3,83	II
Pszonica płaskurka								
Biała	73,82	0,98	26,60	66,20	3,36	25,47	8,06	III
Ciemna	67,55	4,01	17,95	61,85	5,72	16,80	6,06	III
Pszonica samopsza								
Samopsza	68,22	3,10	17,04	63,37	4,87	16,27	5,22	III

Wizualna ocena ciast makaronowych przygotowanych z badanych próbek mąki potwierdziła stwierdzone instrumentalnie zmiany barwy ciasta makaronowego jakie nastąpiły w trakcie termostatowania. Żadnej z badanych próbek ciasta nie zakwalifikowano do grupy o niskiej podatności na ciemnienie (I stopień) (tab. 18). Średnią podatnością na ciemnienie (II stopień) cechowały się ciasta z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Goplana, Harenda, Mandaryna, Struna i Zadra oraz orkiszu odmiany Wirtas (fot. 3). Wysoką podatnością na ciemnienie (III stopień) cechowały się ciasta z mąki z ziarna pozostałych odmian pszenicy zwyczajnej, orkiszu odmiany Kuiavia, samopszy i obu płaskurek. Bardzo ładną żółtą barwą odznaczało się świeże ciasto z mąki z ziarna samopszy, ale po termostatowaniu jego barwa bardzo pociemniała, natomiast najbardziej ciemną barwę, zarówno przed jak i po termostatowaniu, miało ciasto z mąki z ziarna płaskurki ciemnej (fot. 4).



Fot. 3. Porównanie barwy ciasta makaronowego przed i po termostatowaniu: odmiana Kandela (II stopień), odmiana Serenada (III stopień)



Fot. 4. Porównanie barwy ciasta makaronowego przed i po termostatowaniu: samopsza (III stopień), płaskurka ciemna (III stopień)

Makarony otrzymane z mąki z ziarna badanych odmian pszenicy były zróżnicowane pod względem wyglądu zewnętrznego – kształtu oraz przede wszystkim barwy (fot. 5). Średnia suma punktów przyznana przez zespół przeprowadzający ocenę organoleptyczną makaronów przed ugotowaniem mieściła się w zakresie od 4,0 do 4,5 (tab. 19). Większość makaronów została wysoko oceniona pod względem wyglądu ogólnego – kształtu, pozostałych cech (powierzchnia bez pęknięć, nieliczne pstrociny) oraz barwy. Według oceniających najładniejszą barwą odznaczał się makaron z samopszy, obu odmian orkiszu, a w obrębie pszenicy zwyczajnej z mąki z ziarna odmian: Mandaryna, Kandela i Serenada. Sumarycznie najwyższą liczbę punktów przyznano makaronom z mąki z ziarna samopszy, orkiszu odmiany Kuiavia oraz pszenicy zwyczajnej odmian Serenada, Kamelia oraz Zadra.



Fot. 5. Porównanie wyglądu makaronów przed ugotowaniem (surowych) otrzymanych z mąki z ziarna
 - pszenicy zwyczajnej odmian: nr 1 Goplana, nr 2 Harenda, nr 3 Kamelia, nr 4 Kandela,
 nr 5 Mandaryna, nr 6 Nimfa, nr 7 Rusalka, nr 8 Serenada, nr 9 Struna, nr 10 Zadra
 - orkiszu odmian: nr 11 Kuiavia, nr 12 Wirtas
 - płaskurki białej (nr 13) i ciemnej (nr 14)
 - samopszy (nr 15)

Średnia suma punktów przyznana przez zespół oceniający makarony po ugotowaniu mieściła się w zakresie od 3,7 do 4,4 (tab. 19). Najwyższą sumę punktów przyznano makaronom z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Serenada, Zadra, Struna, Kandela, Harenda i Kamelia oraz obu odmian orkiszu. Pod względem smaku najwyżej zostały ocenione makarony z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian Serenada i Zadra, a najniżej makarony z płaskurki białej i ciemnej, które ze względu na zlepy nie były równomiernie ugotowane. Według oceniających najbardziej pożądaną barwą cechował się makaron z mąki z samopszy, obu odmian orkiszu oraz z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Mandaryna i Struna, a najmniej pożądaną makaron z płaskurki ciemnej (fot. 6). Sumarycznie najniższą liczbę punktów przyznano makaronom z obu płaskurek, samopszy oraz z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian Goplana, Mandaryna, Nimfa i Rusalka. Zastrzeżenia oceniających dotyczyły przede wszystkim kleistej konsystencji i zniekształcenia formy (widoczne zlepy), a w przypadku makaronu z płaskurki białej i ciemnej oraz samopszy również smaku.

Tab. 19. Wyniki oceny jakości makaronów

Gatunek odmiana	Ocena organoleptyczna [pkt]		Straty suchej masy [%]	Współczynnik przyrostu wagowego [-]
	przed ugotowaniem	po ugotowaniu		
Pszenica zwyczajna				
Goplana	4,1	3,8	5,8	2,2
Harenda	4,0	4,0	6,6	2,1
Kamelia	4,4	4,0	5,1	2,1
Kandela	4,2	4,1	5,3	2,2
Mandaryna	4,4	3,8	5,6	2,1
Nimfa	4,2	3,9	6,2	2,1
Rusałka	4,2	3,9	8,9	2,0
Serenada	4,5	4,4	5,4	2,2
Struna	4,3	4,2	8,5	2,2
Zadra	4,4	4,3	5,8	2,1
Średnia	4,3	4,0	6,3	2,1
Pszenica orkisz				
Kuiavia	4,5	4,1	6,7	2,2
Wirtas	4,4	4,0	4,9	2,2
Pszenica płaskurka				
Biała	4,2	3,8	4,6	2,2
Ciemna	4,3	3,9	5,9	2,2
Pszenica samopsza				
Samopsza	4,6	3,8	5,2	2,4

Straty suchej masy podczas gotowania makaronów wynosiły od 4,6 do 8,9% (tab. 19). Według Obuchowskiego [1997] nie powinny być one większe niż 10%. Im większa ilość suchej masy przedostaje się do wody tym makaron jest gorszej jakości. Najniższymi stratami suchej masy podczas gotowania odznaczały się makarony z mąk o największej zawartości substancji białkowych – z orkiszu oraz płaskurki ciemnej i białej. Najwyższymi stratami suchej masy cechowały się makarony z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Rusałka i Struna. Wartości współczynników przyrostu wagowego makaronów podczas gotowania wynosiły od 2,0 do 2,4. Największym przyrostem wagowym cechował się makaron z samopszy, a najmniejszym makaron z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany Rusałka.



Fot. 6. Porównanie wyglądu makaronów (po ugotowaniu) otrzymanych z mąki z ziarna pszenicy
 - zwyczajnej odmian: nr 1 Goplana, nr 2 Harenda, nr 3 Kamelia, nr 4 Kandela, nr 5 Mandaryna,
 nr 6 Nimfa, nr 7 Rusalka, nr 8 Serenada, nr 9 Struna, nr 10 Zadra
 - orkiszu odmian: nr 11 Kuiavia, nr 12 Wirtas
 - płaskurki białej (nr 13) i ciemnej (nr 14)
 - samopszy (nr 15)

Stwierdzenia i wnioski

1. Ziarno wszystkich badanych próbek ziarna pszenicy spełniało wymagania zawarte w normie PN-R-74103 odnośnie maksymalnej zawartości zanieczyszczeń i wilgotności. Z wyjątkiem ziarna pszenicy zwyczajnej odmian Kamelia i Serenada spełniało ono także wymagania odnośnie minimalnej gęstości w stanie usypowym. Ziarno wszystkich odmian pszenicy zwyczajnej oraz obu płaskurek cechowało się szklistą strukturą bielma, natomiast ziarno obu odmian orkiszu i samopszy było mączyste.
2. Wyciągi mąki otrzymanej z przemiału ziarna badanych próbek ziarna pszenicy były wysokie, wynosiły od 74,6 do 80,8%. Największe wyciągi mąki uzyskano z przemiału ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Goplana, Harenda, Mandaryna i Struna, a najniższe z samopszy. Popiołowość mąki mieściła się w zakresie od 0,81 do 1,31%. Na podstawie wartości współczynników efektywności przemiału K stwierdzono, że

najlepszymi właściwościami przemiałowymi cechowało się ziarno pszenicy zwyczajnej odmian: Mandaryna, Harenda, Kandela i Nimfa.

3. Zawartość białka ogółem w badanych mąkach wynosiła od 9,9 do 19,9%, a ilość glutenu mokrego od 22,6 do 55,9%. Najwięcej substancji białkowych zawierały mąki z ziarna płaskurki białej i ciemnej oraz obu odmian orkiszu (Kuiavia i Wirtas). Wartości IG wynosiły od 19 do 99, większość badanych próbek mąki cechowała się mocnym glutenem. Aktywność enzymów amylolitycznych w badanych próbkach mąki była zróżnicowana. Mąki z ziarna obu płaskurek oraz samopszy cechowały się niską aktywnością enzymów amylolitycznych, w mąkach orkiszowych aktywność tych enzymów była na średnim poziomie, natomiast w mąkach uzyskanych z przemiału ziarna pszenicy zwyczajnej na średnim lub wysokim poziomie.
4. Pieczywo z próbnego wypieku laboratoryjnego cechowało się właściwym smakiem i zapachem oraz na ogół prawidłowym kształtem i barwą skórki. Objętość pieczywa mieściła się w zakresie od 176 do 327 cm³. Mięksisz chlebów cechował się na ogół dobrą elastycznością, ale nierównomierną porowatością. Na podstawie ogólnej liczby punktów przyznanych podczas oceny organoleptycznej żadnej z prób pieczywa nie zakwalifikowano do I poziomu jakości (28-32 pkt.). Do II poziomu jakości (27-23 pkt.) zakwalifikowano pieczywo z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Harenda, Kamelia, Mandaryna, Rusalka i Serenada oraz z mąki orkiszowej (odmiana Kuiavia). Pieczywo z mąki z ziarna płaskurki ciemnej oraz z samopszy, głównie ze względu na zbyt małe wyrośnięcie bochenka oraz nieodpowiednią porowatość miękiszu, zostało zdyskwalifikowane. Pieczywo z mąki z ziarna pozostałych odmian pszenicy zostało zakwalifikowane do III poziomu jakości.
5. Instrumentalna oraz wizualna ocena ciasta makaronowego otrzymanego z badanych próbek mąki wykazała zmiany jego barwy w trakcie termostatowania. Żadnej z badanych próbek ciasta nie zakwalifikowano do grupy o niskiej podatności na ciemnienie. Większość próbek ciasta cechowała się wysoką podatnością na ciemnienie (III stopień). Średnią podatnością na ciemnienie (II stopień) cechowały się ciasta z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Goplana, Harenda, Kandela, Mandaryna, Struna i Zadra oraz orkiszu odmiany Wirtas.
6. Makarony otrzymane w warunkach laboratoryjnych były zróżnicowane pod względem jakości. Biorąc pod uwagę cechy organoleptyczne najwyżej oceniono makarony otrzymane z mąki z ziarna pszenicy odmian: Serenada, Zadra, Struna, Kandela, Harenda i Kamelia oraz obu odmian orkiszu, które po ugotowaniu zachowywały

właściwy kształt, miały odpowiednią konsystencję, smak i zapach, a także najbardziej akceptowalną barwę. W przypadku pozostałych makaronów zastrzeżenia oceniających dotyczyły przede wszystkim barwy oraz zniekształcenia formy (zlepy), co miało niekorzystny wpływ na równomierność gotowania i konsystencję po ugotowaniu. Na podstawie wyników oceny podatności ciasta na ciemnienie oraz oceny organoleptycznej makaronów po ugotowaniu jako potencjalny surowiec do produkcji makaronów wytypowano mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Harenda, Kandela, Struna i Zadra.

7. Na podstawie wyników trzyletnich badań (lata zbioru 2017-2019) dotyczących przydatności ziarna pszenicy jako surowca do przetwórstwa stwierdzono, że wymagania przemysłu piekarskiego w największym stopniu spełniały mąki otrzymane z przemiału ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Harenda, Mandaryna, Rusałka i Serenada. Jako najbardziej przydatne do produkcji mąk na cele makaronowe wytypowano ziarno pszenicy zwyczajnej odmian: Kandela i Struna oraz obu odmian orkisz.

Literatura:

1. Bartnik M.: 1994. Wartość żywieniowa i technologiczna ekologicznych zbóż i przetworów zbożowych. *Przeł. Piek. i Cuk.* 42 (12), 32.
2. Biller E., Wierzbicka A.: 2003. Wybrane procesy w technologii żywności. Wyd. SGGW, Warszawa.
3. Cacak-Pietrzak G.: 2008. Wykorzystanie pszenicy w różnych gałęziach przemysłu spożywczego – wymagania technologiczne. *Przeł. Zboż.-Młyn.* 52(11), 11-13.
4. Cacak-Pietrzak G.: 2011. Studia nad wpływem ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji roślinnej na wartość technologiczną wybranych odmian pszenicy ozimej. Wyd. SGGW, Warszawa.
5. Chmiel M., Słowiński M., Cał P.: 2011. Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do wykrywania wady PSE mięsa wieprzowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6(79), 47-54.
6. COBORU: 2018. Lista odmian roślin rolniczych. Wyd. COBORU, Słupia Wielka.
7. Dziki D., Różyło R., Laskowski J.: 2011. Przemiał pszenicy i wpływ twardości ziarna na ten proces. *Acta Agrophysica* 18(1), 33-43.
8. Feledyn-Szewczyk B., Kuś J., Jończyk K.: 2016. Zboża w uprawie ekologicznej. Pszenica jara. Instrukcja upowszechnieniowa nr 221. Wyd. IUNG-PIB, Puławy

9. Greffeuille V., Abecassis J., Rousset M., Oury F.X., Faye A., L'Helgouac'h C., Lullien-Pellerin V.: 2006. Grain characterization and milling behaviour of near-isogenic lines differing by hardness. *Theoretical and Applied Genetics* 114, 1-12.
10. Internet 1: <http://www.portalspozywczy.pl/zboza/wiadomosci/analicy-prognozuja-wzrost-zbiorow-pszenicy-w-polsce-w-2019-r,172013.html>
11. Jakubczyk T., Haber T. (red.): 1983. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Skrypty SGGW-AR, Warszawa.
12. Kiryluk J., Gąsiorowski H.: 1999. Ocena wartości technologicznej pszenicy metodą przemiału laboratoryjnego. *Przegl. Zboż.-Młyn.* 43(11), 15-17.
13. Klockiewicz-Kamińska E., Brzeziński W.: 1996. Nowe zasady klasyfikacji jakościowej odmian pszenicy w polskiej ocenie odmian. *Przegl. Zboż.-Młyn.* 40 (11), 6-8.
14. Obuchowski W.: 1997. Technologia przemysłowej produkcji makaronu. Wyd. AR, Poznań.
15. PN-R-74103. Ziarno zbóż. Pszenica zwyczajna.
16. PN-91/A-74022: 1992. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
17. PN-A-74108: 1996. Pieczywo. Metody badań.
18. PN-EN 15587: 2008. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie glutenu mokrego za pomocą urządzeń mechanicznych. Pszenica.
19. PN-EN ISO 3093:2007. Pszenica, żyto i mąki z nich uzyskane, pszenica durum i semolina. Oznaczanie liczby opadania zgodnie z metodą Hagberga-Pertena.
20. Rachoń L.: 2004. Ocena przydatności ziarna krajowych i zagranicznych linii i odmian pszenicy twardej do produkcji makaronu. *Biul. IHAR* 231, 129-137.
21. Rothkaehl J.: 2009. Rynek pszenicy w Polsce. Jakość pszenicy zwyczajnej i system oceny. Wyd. Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa FAPA, Warszawa.
22. Sitkowski T.: 2010. Ocena wartości przemiałowej ziarna pszenicy. *Przegl. Zboż.-Młyn.* 54 (4), 23-24.

3. Ocena zawartości substancji bioaktywnych (kwasy fenolowe, flawonoidy, karotenoidy, aktywność przeciwutleniająca) w ziarnie pszenicy jarej oraz produktach zbożowych (mąka, chleb, makaron)

WSTĘP

Pszenica i produkty jej przerobu stanowią istotny element zbilansowanej diety człowieka. Poszukuje się odmian bogatych w związki o charakterze bioaktywnym, aby wzbogacić w sposób naturalny żywność w składniki korzystnie wpływające na zdrowie i kondycję konsumentów. Ziarno pszenicy poddawane jest wielu zabiegom technologicznym, co wpływa na poziom związków bioaktywnych. Do tej pory uważano, że procesy przerobu ziarna powodują utratę nawet 90% związków biologicznie czynnych. W ramach niniejszych badań postanowiono zweryfikować hipotezę dotyczącą istotnego wpływu procesów technologicznych na poziom związków bioaktywnych w produktach pszenicznych w porównaniu z surowcem, jakim jest ziarno pszenicy z uprawy ekologicznej.

Celem badań było określenie wpływu procesów technologicznych stosowanych podczas przerobu ziarna pszenicy jarej z systemu ekologicznego (przemiał na mąki niskowyciągowe, wypiek pieczywa, produkcja makaronu) na zawartość substancji aktywnych, które mają znaczenie prozdrowotne dla człowieka.

W badaniach biochemicznych uwzględniono 14 odmian pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB w Osinach, w tym pszenica orkisz (odmiana Wirtas) oraz dawne odmiany pszenicy oplewionej: samopsza i 2 odmiany płaskurki (biała i ciemna). Z ziarna otrzymano mąkę, z mąki wypieczono chleb oraz otrzymano makaron.

Wszystkie rodzaje próbek: ziarna, mąki, chleba oraz makaronu poddano analizie na zawartość wybranych związków bioaktywnych. Analizowano stężenie 11 kwasów fenolowych, 8 flawonoidów, 3 karotenoidów oraz stężenie ogółem związków fenolowych (TPC) i sumę karotenoidów. Z wszystkich próbek przygotowano również wodno-metanolowe ekstrakty, a następnie badano ich aktywność przeciwutleniającą z kationorodnikiem ABTS.

MATERIAŁ I METODY

Otrzymane do analizy próbki, wysuszono metoda konwekcyjna w niskiej temperaturze (40°C) i rozdrobniono za pomocą młynka laboratoryjnego (WŻ-1).

1. Analiza kwasów fenolowych i flawonoidów

Masa próby do analizy wynosiła 0,20g. Próby umieszczano w zakręcanych probówkach do kultur o pojemności 17ml, gdzie przeprowadzono w pierwszej kolejności hydrolizę zasadową, a następnie kwasową. W celu przeprowadzenia hydrolizy zasadowej do probówek dodawano 1ml wody destylowanej oraz 4ml 2-molowego wodnego roztworu wodorotlenku sodu. Szczelnie zamknięte próbówki ogrzewano na łaźni wodnej w temp. 95°C przez 30 min. Po schłodzeniu (około 20 minut) próbki poddawano neutralizacji za pomocą 2ml 6-molowego wodnego roztworu kwasu solnego (pH=2). Następnie próby chłodzono w wodzie z lodem. Kwasy fenolowe ekstrahowano z fazy nieorganicznej za pomocą eteru dietylowego (2x2ml). Uzyskane ekstrakty eterowe na bieżąco przenoszono do fiolki o pojemności 8ml. Następnie przeprowadzono hydrolizę kwasową. W tym celu do fazy wodnej dodawano 3ml 6-molowego wodnego roztworu kwasu solnego. Szczelnie zamknięte próbówki ogrzewano na łaźni wodnej w temp. 95°C przez 30 min. Po schłodzeniu w wodzie z lodem próbki poddawano ekstrakcji za pomocą eteru dietylowego (2x2ml). Uzyskane ekstrakty eterowe na bieżąco przenoszono do fiolki o pojemności 8ml, po czym odparowywano do sucha w strumieniu azotu. Przed rozpoczęciem analizy chromatograficznej próby rozpuszczono w 1ml metanolu. Analizę przeprowadzono za pomocą Aquity H class UPLC z detektorem Waters Acquity PDA (Waters, USA). Rozdziału chromatograficznego dokonywano na kolumnie Acquity UPLC® BEH C18 (100mm×2.1mm, 1.7µm) (Waters, Ireland). Stosowano elucje gradientową: A: acetonitryl z 0,1% kwasem mrówkowym, B: 1% wodny roztwór kwasu mrówkowego (pH=2). Zawartość flawonoidów analizowano przy długości fali $\lambda=320$ nm, natomiast kwasów fenolowych przy $\lambda=280$ nm. Identyfikacji analizowanych związków dokonywano na podstawie porównania czasów retencji próbki i standardu (Stuper-Szablewska i in., 2017).

Stuper-Szablewska K., Perkowski J., Phenolic acids in cereal grain: occurrence, biosynthesis, metabolism and role in living organisms. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 1-12

2. Analiza karotenoidów

Związki karotenoidowe z rozdziałem na frakcje β -karotenu, luteiny i zeaksantyny oznaczano metodą chromatografii cieczowej Aquity H class UPLC z detektorem Waters Acquity PDA (Waters, USA). Metoda polega na wyekstrahowaniu i rozdzieleniu mieszaniny związków pod wpływem fazy ruchomej w kolumnie C18. Po odważeniu określonej ilości badanego materiału do probówki dodawano aceton i mieszano na wortexie. Następnie

próbki inkubowano w łaźni ultradźwiękowej przez 10 min, po czym odwirowywano w wirówce przy prędkości 6000 obr./min w ciągu 10 min. Powstały supernatant przenoszono do wialki. Stosowano przepływ gradientowy dwóch faz: acetonitrylu i metanolu (90 : 10) oraz metanolu i octanu etylu (68 : 32). Analiza przebiegała przez 24 min na kolumnie Acquity UPLC® BEH C18 (100mm×2.1mm, 1.7µm) (Waters, Ireland). Detekcję prowadzono przy długości fali $\lambda = 445 - 450$ nm. Identyfikacji analizowanych związków dokonywano na podstawie porównania czasów retencji próbki i standard (Kurasiak-Popowska i in. 2017).

Kurasiak-Popowska D., Stuper-Szablewska K., Nawracała J. Olej rydzowy jako naturalne źródło karotenoidów dla przemysłu kosmetycznego. Przem. Chem. 2017, 96(10): 2077-2080

3. Analiza sumy karotenoidów metodą spektrofotometryczną

Ekstrakcję karotenoidów przeprowadzono za pomocą wodnego roztworu acetonu (80%, v/v). Po odwirowaniu, pigmenty w ekstraktach oznaczono spektrofotometrycznie za pomocą aparatu Cary 300 firmy Varian. Stężenia karotenoidów obliczono według wzorów zaproponowanych przez Porra i in. (1989) oraz Wellburn (1994).

Porra R. J., Thompson W. A., Kriedemann P.E.: Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. BBA, 1989; 975: 384-394.

Wellburn A. R.: The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as resolutions. J. Plant Physiol., 1994; 144: 307-313.

4. Analiza sumy związków fenolowych (TPC) metodą spektrofotometryczną

Całkowita zawartość związków fenolowych w ekstraktach zostanie oznaczona metodą z zastosowaniem odczynnika Folina-Ciocalteu (Singleton i Rossi 1965).

Masa próby do analizy wynosi 5g. Ekstrakcję prowadzono początkowo 40 cm³ 0,16 M HCl w 80% metanolu (v/v) przez 2 godz., z delikatnym mieszaniem w wytrząsarce z łaźnią wodną o temp. 20 ±2°C. Następnie próbki wirowano (4000 x g), supernatant zbierano, a osad ponownie ekstrahowano w podanych warunkach 40 cm³ 70% wodnego roztworu acetonu (v/v). Po odwirowaniu oba ekstrakty łączono i przechowywano w temp. -20°C. Do 0,125 ml ekstraktu dodawano 0,5 ml dejonizowanej wody i 0,125 ml odczynnika Folina-Ciocalteu'a, a po 6 min 1,25 ml 7% wodnego roztworu Na₂CO₃ i 1 ml dejonizowanej wody. Po 90 min odczytywano absorbancję przy długości fali =760nm wobec wody. Wyniki wyrażano w mg kwasu galusowego/100 g s.m. próbki.

Singleton V.L., Rossi J.A. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16, 144-158.

5. Oznaczanie właściwości antyoksydacyjnych ekstraktów

Przygotowanie ekstraktów wodno-metanolowych polegało na zalaniu 5 g rozdrobnionej próbki mieszaniną wody i metanolu (20:80 v/v). Następnie próbki przechowywano przez 24 godziny w ciemni w temperaturze 6°C. Próbkę sączone, a przesącz odparowywano do sucha. Aktywność przeciwrodnikowa badanych ekstraktów zostanie oznaczona metodą TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) z kationorodnikiem ABTS⁺ (Re i in. 1999).

Zasada oznaczania aktywności antyoksydacyjnej polega na określeniu stopnia zmiatania rodników ABTS⁺ wytworzonych uprzednio podczas reakcji chemicznych (np. z ditlenkiem manganu, związkami ABAP oraz nadsiarczanem potasu). Wytworzone podczas reakcji rodniki mają barwę niebieskozieloną, antyoksydanty, redukując kationorodnik, powodują zanik barwy roztworu, przy czym spadek intensywności zabarwienia zależy od zawartości przeciwutleniaczy w roztworze. Zmiatanie rodników śledzi się spektrofotometrycznie, najczęściej przy długości fali 734 nm. Zawartość przeciwutleniaczy wyrażana jest zwykle jako ilość równoważników Troloksu na jednostkę masy lub objętości (TEAC).

Re R., Pellergini N., Proteggente A., Pannala A.S., Yang M., Rice-Evans C. (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26, 1231-1231

WYNIKI I WNIOSKI

1. Zawartość kwasów fenolowych i flawonoidów

Profil ilościowy kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy był zróżnicowany, najwyższe stężenie oznaczono dla kwasu ferulowego, t-cynamonowego i synapowego. Najniższe dla kwasów: wanilinowego, kawowego i galusowego. Wśród badanych odmian pszenicy jarej z systemu ekologicznego, **plaskurka biała i ciemna oraz Harenda cechowały się najwyższą zawartością kwasów fenolowych, głównie fenylokarboksylowych.** Najniższą zawartością polifenoli natomiast cechowały się odmiany: orkisz Wirtas i Mandaryna (Tabela 20A i 20B).

Tabela 20. Zawartość kwasów fenolowych: fenylokarboksylowych (A) i fenylopropenowych (B) w ziarnie pszenicy jarej z uprawy ekologicznej

A

Odmiana	µg/kg					
	galusowy	4-hydroksybenzoesowy	wanilinowy	syryngowy	benzoesowy	chlorogenowy
GOPLANA	41,36	68,3	1,57	24,18	42,6	15,68
HARENDA	4,98	57,11	2,34	33	42,5	12,54
KAMELA	48,98	60,59	2,29	17,58	34,3	14,41
KANDELA	21,71	60,11	1,34	26,08	42,3	26,49
MANDARYNA	8,56	67,37	2,67	27,16	41,2	23,33
NIMFA	23,31	66,25	1,56	18,83	41,3	11,13
RUSAŁKA	31,77	60,83	2,91	34,95	30,8	23,05
SAMOPSZA	47,46	60,28	2,2	19,34	32,6	19,26
SERENADA	17,65	50,02	1,31	27,78	40,5	23,74
STRUNA	41,11	62,83	2,49	38,08	35,1	28,37
WIRTAS	10,34	50,04	1,38	13,56	45	14,45
ZADRA	28,32	61,34	2,67	37,23	44,5	21,12
PLASKURKA BIAŁA	47,81	70,33	20,5	23,35	35,8	20,74
PLASKURKA CIEMNA	38,3	56,32	24,61	26,82	38,6	23,6

B

Odmiana	µg/kg				
	kawowy	p-kumarowy	ferulowy	synapowy	t-cynamonowy
GOPLANA	26,71	23,4	697,2	139,6	164,7
HARENDA	10,47	37,71	655,3	151,8	238,3
KAMELA	19,78	32,03	678	199,8	203,3
KANDELA	29,67	20,91	476,7	187,8	191,7
MANDARYNA	11,99	33,73	659	196,4	189,6
NIMFA	24,67	36,62	583,6	125,4	234,9
RUSAŁKA	28,31	32,79	630,9	184,7	184,1
SAMOPSZA	22,99	35,62	551,8	160,9	245,7
SERENADA	12,75	32,56	690,9	117,0	243,7
STRUNA	26,68	28,09	602,6	138,8	178,3
WIRTAS	10,48	31,3	534,5	190,2	199,6
ZADRA	28,28	34,99	484,1	129,2	212,9
PLASKURKA BIAŁA	30,8	23,8	774,6	106,2	219,3
PLASKURKA CIEMNA	21,21	24,6	695,5	216,3	165,3

Obok polifenoli badano również flawonoidy. Badane pszenice zawierały najwięcej luteoliny, naringeniny i kwercytyny. Wśród badanych odmian **samopsza i Rusalka** cechowały się najwyższymi zawartościami flawonoidów. Istotna jest również obserwacja dotycząca płaskurki. **Płaskurka ciemna zawierała istotnie więcej flawonoidów niż płaskurka biała, nawet 20 razy więcej, jak miało to miejsce w przypadku kwercytyny** (Tabela 21).

Tabela 21. Zawartość flawonoidów w ziarnie pszenicy jarej z uprawy ekologicznej

Odmiana	mg/kg							
	apigenina	catechina	kampferol	luteolina	naringenina	kwercytyna	rutyna	witaksyna
GOPLANA	2,35	2,02	11,08	15,26	11,2	10,32	1,12	6,94
HARENDA	5,85	0,86	7,01	23,47	11,55	7,35	2,39	9,84
KAMELA	2,64	1,34	7,96	7,84	18,26	3,84	1,57	8,58
KANDELA	5,39	1,51	9,21	7,64	5,58	14,06	1,2	8,99
MANDARYNA	2,78	1,46	10,63	11,69	5,15	5,55	1,35	6,11
NIMFA	4,29	1,85	6,16	13,56	8,31	18,78	1,55	8,25
RUSALKA	3,64	0,84	9,31	7,19	19,63	14,52	1,31	9,35
SAMOPSZA	2,09	1,33	7,04	12,04	19,23	8,41	2,99	8,76
SERENADA	4,54	2,98	9,48	14,28	6,89	19,64	2,09	9,82
STRUNA	4,66	2,26	6,56	25,53	12,35	16,4	1,18	9,14
WIRTAS	5,17	1,63	9,28	7,63	9,56	19,67	2,7	7,98
ZADRA	4,84	2,7	11,38	12,24	13,69	19,67	2,58	8,31
PLASKURKA BIAŁA	2,93	2,8	7,79	15,98	7,62	1,45	2,57	6,84
PLASKURKA CIEMNA	5,13	1,73	7,73	26,58	17,57	21,67	2,74	9,16

W wyniku przemiału, pomimo że uzyskane mąki były niskowyciągowymi, stężenie polifenoli i flawonoidów było średnio 2,5 razy niższe (Tabela 22A i 22B, 23).

Tabela 22. Zawartość kwasów fenolowych: fenylokarboksylowych (A) i fenylopropenowych (B) w mące z ziarna pszenicy jarej

A

Odmiana	µg/kg					
	galusowy	4-hydroksybenzoesowy	wanilinowy	syringowy	benzoesowy	chlorogenowy
GOPLANA	15,6	26,5	0,66	9,36	13,25	5,55
HARENDA	12,3	17,6	0,94	11,52	10,55	3,26
KAMELA	16,36	20,5	0,56	7,36	13,23	4,13
KANDELA	8,23	23,5	0,39	9,05	12,44	10,5
MANDARYNA	3,23	20,7	0,88	9,45	10,25	6,85
NIMFA	8,16	25,6	0,67	7,36	13,25	4,56
RUSALKA	12,4	19,3	1,15	12,56	10,78	9,03
SAMOPSZA	13,23	22,4	0,98	5,69	11,41	5,11
SERENADA	5,63	15,8	0,31	9,37	13,25	9,36
STRUNA	14,23	23,6	0,88	14,54	10,22	10,1
WIRTAS	4,3	16,4	0,56	3,56	14,52	4,32
ZADRA	10,5	20,7	0,49	14,7	16,32	7,12
PLASKURKA BIAŁA	17,23	26,3	7,99	9,36	13,23	7,75
PLASKURKA CIEMNA	11,62	20,4	10,36	10,5	14,25	9,36

B

Odmiana	µg/kg				
	kawowy	p-kumarowy	ferulowy	synapowy	t-cynamonowy
GOPLANA	10,7	7,23	241,25	47,3	58,95
HARENDA	4,44	12,25	230,85	52,7	82,32
KAMELA	7,36	13,52	233,36	70,3	70,33
KANDELA	12,5	8,33	175,25	66,6	66,52
MANDARYNA	5,22	10,44	231,55	67,4	62,325

NIMFA	10,9	10,54	206,52	42,6	80,25
RUSAŁKA	8,36	12,75	221,23	63,6	66,52
SAMOPSZA	7,3	11,25	191,45	56,0	80,25
SERENADA	5,62	10,77	240,25	40,3	82,23
STRUNA	10,77	10,85	211,32	45,7	63,23
WIRTAS	2,56	9,458	189,65	65,9	70,25
ZADRA	8,36	12,66	170,52	45,2	65,32
PLASKURKA BIAŁA	11,42	7,365	273,56	85,3	76,75
PLASKURKA CIEMNA	6,13	9,025	244,25	77,5	66,36

Tabela 23. Zawartość flawonoidów w mące z ziarna pszenicy jarej

Odmiana	mg/kg							
	apigenina	katechina	kampferol	luteolina	naringenina	kwercytyna	rutyna	witaksyna
GOPLANA	1,34	0,88	2,08	7,01	5,09	2,81	0,70	1,18
HARENDA	1,77	0,78	2,64	3,15	1,58	4,48	0,55	1,17
KAMELA	1,91	0,74	3,62	3,21	1,83	2,70	0,89	2,59
KANDELA	1,14	0,23	3,39	3,95	3,29	0,57	0,45	2,66
MANDARYNA	1,31	0,48	2,13	5,28	1,82	0,47	0,32	1,10
NIMFA	1,52	0,78	3,58	6,97	3,82	3,16	0,61	2,52
RUSAŁKA	1,22	0,59	3,27	4,69	3,08	5,70	0,96	2,09
SAMOPSZA	0,75	0,68	2,89	4,02	1,95	1,36	0,87	1,82
SERENADA	1,37	0,35	3,22	2,74	2,36	4,53	0,58	2,69
STRUNA	1,83	0,89	2,88	4,92	3,69	5,60	0,43	1,47
WIRTAS	1,78	0,99	2,87	8,35	1,14	2,32	0,65	2,43
ZADRA	1,14	0,75	2,93	5,74	5,92	3,72	0,14	2,36
PLASKURKA BIAŁA	2,79	0,24	2,60	5,55	5,99	4,33	0,83	1,92
PLASKURKA CIEMNA	1,23	0,35	3,80	2,85	4,37	4,01	0,89	2,54

Pod wpływem wypieku poziom polifenoli nie zmienił się istotnie w porównaniu z ich zawartością w mące. Dodatkowo, w niektórych przypadkach stwierdzono, że stężenie tych związków nieznacznie wzrosło. Zjawisko takie obserwowano już wcześniej i zostało opisane w literaturze, na przykładzie jednej lub 2 odmian. W przypadku przeprowadzonych w ramach niniejszego doświadczenia analiz chemicznych stwierdzono, że **zmiany profilu ilościowego związków fenolowych są ściśle związane z odmianą**, a nie jak do tej pory sądzono z ich zawartością w ziarnie (Tabela 24A i 24B). Wskazuje to na swoiste cechy odmianowe związane z składem chemicznym ziarniaków oraz formami związanymi polifenoli, w jakich występują w ziarniaku. Istotny jest również fakt rozmieszczenia w ziarniaku poszczególnych polifenoli. Większość ich zlokalizowana jest w zewnętrznych warstwach ziarniaka. W związku z otrzymaniem w ramach niniejszego doświadczenia mąki niskowyciągowej prawdopodobnie istotna część polifenoli, nawet w formie związanej, znalazła się w mące. Procesy fermentacyjne zachodzące podczas wycieku pieczywa, jak również termiczne towarzyszące samemu procesowi pieczenia mogą prowadzić do konwersji kwasów fenolowych oraz do uwalniania ich z wiązań glikozydowych (Tabela 25).

Tabela 24. Zawartość kwasów fenolowych: fenylokarboksylowych (A) i fenylopropenowych (B) w chlebie (pszenica jara)

A

Odmiana	µg/kg					
	galusowy	4-hydroksybenzoesowy	wanilinowy	syryngowy	benzoesowy	chlorogenowy
GOPLANA	11,07	10,9	3,46	3,29	9,28	3,55
HARENDA	12,72	16,94	0,96	8,01	2,74	5,11
KAMELA	1,514	11,97	2,46	3,35	9,11	3,60
KANDELA	12,59	12,08	2,60	8,71	3,93	5,82
MANDARYNA	1,46	12,89	1,08	2,65	1,01	4,99
NIMFA	10,20	16,48	4,56	7,25	8,92	3,89
RUSAŁKA	2,45	16,79	0,24	1,63	3,92	2,48
SAMOPSZA	10,00	8,038	3,31	6,35	2,91	2,97
SERENADA	3,82	7,42	5,71	1,59	3,97	5,52
STRUNA	8,33	10,96	5,51	10,02	6,86	5,40
WIRTAS	10,48	8,69	0,79	9,58	3,69	3,36
ZADRA	11,48	15,88	4,42	5,67	0,90	4,52
PLASKURKA BIAŁA	6,63	17,88	5,61	10,44	6,23	5,29
PLASKURKA CIEMNA	2,84	13,39	4,96	8,73	1,98	4,04

B

Odmiana	µg/kg				
	kawowy	p-kumarowy	ferulowy	synapowy	t-cynamonowy
GOPLANA	7,94	4,64	39,86	23,64	49,21
HARENDA	5,20	8,32	130,63	3,95	47,84
KAMELA	5,45	3,58	94,43	14,79	35,70
KANDELA	6,50	5,04	122,50	18,82	51,83
MANDARYNA	5,24	6,07	165,37	30,79	55,05
NIMFA	2,71	7,21	134,30	10,69	41,26
RUSAŁKA	6,22	1,25	144,38	12,67	54,35
SAMOPSZA	3,30	4,95	151,49	30,84	49,35
SERENADA	3,03	6,19	147,32	14,74	56,21
STRUNA	7,53	1,60	130,43	28,12	35,86
WIRTAS	4,77	4,87	162,29	48,36	48,50
ZADRA	5,65	5,23	75,89	12,89	36,79
PLASKURKA BIAŁA	6,07	4,37	186,04	32,80	59,14
PLASKURKA CIEMNA	4,28	8,82	190,42	49,01	58,36

Tabela 25. Zawartość flawonoidów w chlebie z ziarna pszenicy jarej

Odmiana	mg/kg							
	apigenina	katechina	kampferol	luteolina	naringenina	kwercytyna	rutyna	witaksyna
GOPLANA	0,645	0,397	1,212	2,481	0,840	1,883	0,297	0,992
HARENDA	0,208	0,213	0,999	1,363	0,777	0,761	0,368	0,553
KAMELA	0,592	0,151	1,247	3,104	0,751	0,933	0,164	0,493
KANDELA	0,665	0,137	1,033	0,727	0,415	0,456	0,277	0,948
MANDARYNA	0,517	0,384	0,831	1,713	1,965	1,163	0,226	0,571
NIMFA	0,196	0,119	0,887	2,857	0,703	0,973	0,341	0,923
RUSAŁKA	0,649	0,269	1,094	1,930	1,313	1,004	0,349	0,530
SAMOPSZA	0,175	0,182	0,856	1,184	0,769	0,987	0,356	0,860
SERENADA	0,762	0,252	1,375	1,155	0,814	0,695	0,141	0,435
STRUNA	0,157	0,320	0,723	0,959	1,080	0,931	0,225	0,814
WIRTAS	0,892	0,140	0,978	3,125	1,478	1,406	0,130	0,533
ZADRA	0,814	0,105	1,173	1,853	1,554	1,025	0,069	0,430
PLASKURKA BIAŁA	0,128	0,023	1,129	3,298	1,570	0,858	0,199	0,820
PLASKURKA CIEMNA	0,782	0,147	1,025	2,023	1,478	1,440	0,347	0,856

W makaronie natomiast stwierdzono istotny spadek zawartości polifenoli w porównaniu z ich stężeniem w mące, czy nawet w chlebie. Zjawisko to również było zróżnicowane w zależności od odmiany. Generalnie, w makaronie stwierdzono ok. 2-krotny spadek stężenia kwasów fenolowych i flawonoidów w porównaniu z ich zawartością w mące (Tabela 26A, 26B, 27). Na taki stan rzeczy musiał również mieć wpływ sam proces wytwarzania makaronu.

Tabela 26. Zawartość kwasów fenolowych: fenylokarboksylowych (A) i fenylopropenowych (B) w makaronie (pszenica jara)

A

Odmiana	µg/kg					
	galusowy	4-hydroksybenzoesowy	wanilinowy	syryngowy	benzoesowy	chlorogenowy
GOPLANA	4,30	6,63	0,64	2,18	3,19	1,44
HARENDA	4,33	3,67	0,10	1,07	0,55	1,08
KAMELA	3,15	5,68	1,33	3,25	4,92	1,42
KANDELA	2,62	4,70	2,87	1,97	4,78	2,00
MANDARYNA	5,38	6,02	1,26	3,47	1,63	2,37
NIMFA	5,95	8,94	0,57	4,29	1,45	1,24
RUSAŁKA	4,03	7,74	0,43	1,20	0,73	2,46
SAMOPSZA	5,95	3,08	1,33	0,85	2,30	1,37
SERENADA	4,29	7,41	0,11	1,88	2,47	1,73
STRUNA	1,25	6,84	1,59	1,30	4,57	2,94
WIRTAS	5,82	7,59	2,65	3,20	1,60	2,94
ZADRA	5,46	3,66	0,34	1,18	1,76	1,81
PLASKURKA BIAŁA	1,80	3,55	1,27	4,13	4,24	3,38
PLASKURKA CIEMNA	2,95	6,02	2,23	4,83	4,51	2,89

B

Odmiana	µg/kg				
	kawowy	p-kumarowy	ferulowy	synapowy	t-cynamonowy
GOPLANA	3,76	4,81	66,49	1,07	21,99
HARENDA	3,21	4,22	84,41	14,65	10,11
KAMELA	0,67	1,06	45,52	14,37	12,14
KANDELA	2,59	4,46	39,714	5,56	21,32
MANDARYNA	0,61	0,58	61,49	7,40	12,84
NIMFA	2,26	3,63	17,05	11,91	17,91
RUSAŁKA	1,75	4,10	74,45	20,54	22,42
SAMOPSZA	1,30	4,18	14,55	23,18	30,54
SERENADA	0,43	4,17	39,62	4,00	3,17
STRUNA	1,52	2,76	101,28	1,44	28,49
WIRTAS	1,66	4,95	6,436	15,17	6,520
ZADRA	0,86	0,55	36,85	19,17	12,05
PLASKURKA BIAŁA	2,73	6,15	91,84	19,65	33,96
PLASKURKA CIEMNA	1,43	2,38	95,00	22,11	30,91

Tabela 27. Zawartość flawonoidów w makaronie z ziarna pszenicy jarej

Odmiana	mg/kg							
	apigenina	katechina	kampferol	luteolina	naringenina	kwercytyna	rutyna	witaksyna
GOPLANA	0,063	0,034	0,243	0,502	0,067	0,206	0,392	0,322
HARENDA	0,043	0,049	0,278	0,487	0,291	0,372	0,398	0,169
KAMELA	0,096	0,068	0,131	0,576	0,396	0,096	0,232	0,047
KANDELA	0,045	0,026	0,210	0,244	0,226	0,121	0,151	0,071
MANDARYNA	0,157	0,038	0,072	0,388	0,230	0,101	0,126	0,098
NIMFA	0,104	0,020	0,274	0,396	0,194	0,235	0,204	0,318
RUSAŁKA	0,172	0,028	0,230	0,319	0,119	0,228	0,234	0,262
SAMOPSZA	0,193	0,095	0,192	0,651	0,221	0,110	0,025	0,388
SERENADA	0,130	0,054	0,263	0,364	0,048	0,399	0,302	0,367
STRUNA	0,065	0,078	0,116	0,047	0,269	0,212	0,247	0,150
WIRTAS	0,038	0,058	0,054	0,031	0,149	0,214	0,071	0,153
ZADRA	0,020	0,065	0,137	0,663	0,015	0,209	0,022	0,355
PLASKURKA BIAŁA	0,060	0,007	0,288	0,203	0,201	0,023	0,388	0,362
PLASKURKA CIEMNA	0,171	0,074	0,188	0,050	0,141	0,245	0,030	0,071

Reasumując na podstawie przeprowadzonych analiz zawartości polifenoli i flawonoidów stwierdzono istotny wpływ procesów przerobu ziarna zbóż na zawartość badanych związków. Zaobserwowano również, że zmiany profilu ilościowego polifenoli i flawonoidów uzależnione są od odmiany. **Wśród badanych odmian najwyższą zawartością związków bioaktywnych cechowała się samopsza i dwie odmiany płaskurki.**

2. Zawartość karotenoidów

Karotenoidy stanowią istotną grupę związków bioaktywnych odpowiedzialnych m.in. za atrakcyjny wygląd pieczywa, czy makaronu. Okazuje się, że ziarno pszenicy zawiera nie tylko beta-karoten, ale również luteinę i zeaksantynę. Uzyskane wyniki stężenia w/w trzech karotenoidów wskazują, że ich zawartość jest cechą odmianową. **Samopsza i płaskurki cechowały się istotnie wyższą zawartością karotenoidów, nawet 8-krotnie wyższą niż pozostałe odmiany.** Wśród pozostałych odmian nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy zawartością karotenoidów (Tabela 28).

Tabela 28. Zawartość karotenoidów w ziarnie pszenicy jarej

Odmiana	(mg/kg)			
	luteina	zeaksantyna	beta - karoten	suma karotenoidów
GOPLANA	1,05	0,65	0,1	1,77
HARENDA	1,12	0,46	0,16	1,62
KAMELA	1,36	0,11	0,12	1,53
KANDELA	1,41	0,17	0,11	1,68
MANDARYNA	1,1	0,24	0,14	1,54
NIMFA	0,99	0,36	0,16	1,39
RUSAŁKA	1,2	0,17	0,13	1,42
SAMOPSZA	8,3	2,44	1,88	11,3
SERENADA	1,6	0,19	0,16	1,88

STRUNA	1,2	0,11	0,18	1,43
WIRTAS	1,11	0,24	0,13	1,41
ZADRA	1,28	0,16	0,11	1,53
PLASKURKA BIAŁA	9,32	3,44	1,92	12,99
PLASKURKA CIEMNA	8,66	2,86	2,03	12,36

W wyniku przemiału stężenie analizowanych związków zmniejszyło się o połowę w przypadku większości odmian. Mąka z samopszy i płaskurek cechowała się wysoką zawartością karotenoidów, a co interesujące, stężenie karotenoidów w mące nie było istotnie niższe niż w ziarnie (Tabela 29). Wskazuje to jednocześnie na fakt, że karotenoidy zlokalizowane są w przypadku tych pszenic w różnych częściach ziarniaka. Proces wypieku chleba obniżył nieznacznie stężenie karotenoidów w przypadku wszystkich analizowanych odmian (Tabela 30). Podobną tendencję zaobserwowano w przypadku wyrobu makaronu (Tabela 31).

Tabela 29. Zawartość karotenoidów w mące z ziarna pszenicy jarej

Odmiana	(mg/kg)			
	luteina	zeaksantyna	beta - karoten	suma karotenoidów
GOPLANA	0,45	0,32	0,08	0,95
HARENDA	0,58	0,26	0,06	0,82
KAMELA	0,77	0,05	0,07	0,80
KANDELA	0,62	0,08	0,04	0,93
MANDARYNA	0,52	0,16	0,09	0,81
NIMFA	0,50	0,21	0,07	0,75
RUSAŁKA	0,66	0,07	0,08	0,77
SAMOPSZA	6,85	2,16	1,11	10,05
SERENADA	0,85	0,12	0,06	1,20
STRUNA	0,52	0,03	0,08	0,70
WIRTAS	0,49	0,14	0,06	0,63
ZADRA	0,75	0,05	0,08	0,85
PLASKURKA BIAŁA	8,23	2,85	1,06	11,40
PLASKURKA CIEMNA	7,49	2,11	1,78	10,90

Tabela 30. Zawartość karotenoidów w chlebie

Odmiana	(mg/kg)			
	luteina	zeaksantyna	beta - karoten	suma karotenoidów
GOPLANA	0,25	0,21	0,03	0,6
HARENDA	0,36	0,16	0,02	0,44
KAMELA	0,41	0,03	0,03	0,48
KANDELA	0,38	0,09	0,02	0,56
MANDARYNA	0,31	0,07	0,05	0,41
NIMFA	0,28	0,16	0,04	0,46
RUSAŁKA	0,33	0,02	0,06	0,42
SAMOPSZA	4,75	1,59	0,89	6,45
SERENADA	0,42	0,03	0,02	0,63
STRUNA	0,31	0,02	0,04	0,41
WIRTAS	0,25	0,06	0,04	0,32
ZADRA	0,49	0,04	0,05	0,47
PLASKURKA BIAŁA	5,23	1,69	0,96	7,69
PLASKURKA CIEMNA	5,02	1,84	1,06	8,12

Tabela 31. Zawartość karotenoidów w makaronie

Odmiana	(mg/kg)			
	luteina	zeaksantyna	beta - karoten	suma karotenoidów
GOPLANA	0,31	0,26	0,04	0,77
HARENDA	0,46	0,18	0,03	0,53
KAMELA	0,52	0,09	0,04	0,56
KANDELA	0,44	0,13	0,05	0,75
MANDARYNA	0,39	0,07	0,04	0,54
NIMFA	0,36	0,19	0,05	0,62
RUSAŁKA	0,45	0,03	0,08	0,55
SAMOPSZA	5,88	1,55	1,88	9,11
SERENADA	0,52	0,02	0,06	0,88
STRUNA	0,39	0,06	0,04	0,63
WIRTAS	0,32	0,09	0,03	0,49
ZADRA	0,61	0,05	0,07	0,62
PLASKURKA BIAŁA	6,95	2,06	1,43	11,2
PLASKURKA CIEMNA	6,34	2,46	1,26	10,8

Obserwując dynamikę zmian stężenia sumy karotenoidów stwierdzono takie same tendencje, jak w przypadku poszczególnych karotenoidów.

3. Aktywność przeciwutleniająca oraz zawartość sumy związków fenolowych

Uzyskane wyniki dotyczące aktywności przeciwutleniającej ekstraktów z ziarna, mąki, chleba i makaronu wskazały, że **procesy technologiczne wpływają na obniżenia zarówno aktywności przeciwutleniającej, jak i zawartości polifenoli ogółem** (Tabela 32).

Tabela 32. Aktywność przeciwutleniająca z kationorodnikiem ABTS ekstraktów wodno-metanolowych uzyskanych z ziarna pszenicy jarej oraz suma związków fenolowych (TPC)

Odmiana	($\mu\text{mol TROLOX}/100 \text{ g s.m.}$)	(mgGAE/kg)
	ABTS ⁺	TPC
GOPLANA	306	152
HARENDA	258	149
KAMELA	341	244
KANDELA	277	198
MANDARYNA	316	167
NIMFA	258	247
RUSAŁKA	247	216
SAMOPSZA	816	485
SERENADA	436	277
STRUNA	288	219
WIRTAS	375	248
ZADRA	416	189
PLASKURKA BIAŁA	689	385
PLASKURKA CIEMNA	759	406

Zawartość związków polifenolowych w mące i pieczywie z samopszy oraz płaskurek można ocenić jako wysoką, podobnie jak aktywność antyoksydacyjną. Pozostałe odmiany pszenicy cechowały się niniejszymi parametrami na istotnie niższym poziomie, charakterystycznym dla odmian pszenicy jarej zwyczajnej (Tabela 33, 34).

Tabela 33. Aktywność przeciwutleniająca z kationorodnikiem ABTS ekstraktów wodno-metanolowych uzyskanych z mąki z ziarna pszenicy jarej oraz suma związków fenolowych (TPC)

Odmiana	($\mu\text{mol TROLOX}/100 \text{ g s.m.}$)	(mgGAE/kg)
	ABTS ⁺	TPC
GOPLANA	245	82
HARENDA	216	93
KAMELA	289	105
KANDELA	231	93
MANDARYNA	314	114
NIMFA	211	127
RUSALKA	237	149
SAMOPSZA	725	213
SERENADA	432	178
STRUNA	205	185
WIRTAS	289	176
ZADRA	296	146
PLASKURKA BIAŁA	516	207
PLASKURKA CIEMNA	611	285

Tabela 34. Aktywność przeciwutleniająca z kationorodnikiem ABTS ekstraktów wodno-metanolowych uzyskanych z chleba oraz suma związków fenolowych (TPC)

Odmiana	($\mu\text{mol TROLOX}/100 \text{ g s.m.}$)	(mgGAE/kg)
	ABTS ⁺	TPC
GOPLANA	218	75
HARENDA	205	86
KAMELA	241	88
KANDELA	189	83
MANDARYNA	277	95
NIMFA	204	102
RUSALKA	201	113
SAMOPSZA	648	176
SERENADA	355	165
STRUNA	178	176
WIRTAS	254	145
ZADRA	276	120
PLASKURKA BIAŁA	498	176
PLASKURKA CIEMNA	508	201

Proces wyrobu makaronów obniżył również poziom polifenoli ogółem, jak również aktywności przeciwutleniającej, w porównaniu z tymi wartościami wyznaczonymi dla mąki (Tabela 35).

Tabela 35. Aktywność przeciwutleniająca z kationorodnikiem ABTS ekstraktów wodno-metanolowych uzyskanych z makaronu oraz suma związków fenolowych (TPC)

Odmiana	($\mu\text{mol TROLOX}/100 \text{ g s.m.}$)	(mgGAE/kg)
	ABTS ⁺	TPC
GOPLANA	244	89
HARENDA	216	103
KAMELA	269	95
KANDELA	199	116
MANDARYNA	285	105
NIMFA	219	124
RUSAŁKA	223	135
SAMOPSZA	706	189
SERENADA	389	179
STRUNA	214	201
WIRTAS	298	196
ZADRA	286	176
PLASKURKA BIAŁA	512	218
PLASKURKA CIEMNA	534	237

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotny wpływ procesów technologicznych na poziom związków bioaktywnych, jednocześnie zaobserwowano istotny wpływ odmiany.

Samopsza i dwie odmiany płaskurki w sposób istotnie różny od pozostałych odmian pszenicy jarej zachowywały wysoki poziom związków bioaktywnych w surowcu i produktach przerobu ich ziarna.

4. Ocena wpływu preparatów z krzemem organicznym na zdrowotność pszenicy jarej, plon i cechy jakościowe ziarna

Wstęp

Wzrost liczebności populacji ludzkiej, zmniejszanie się areału obszarów uprawnych oraz zmiany klimatu z towarzyszącymi im różnymi niekorzystnymi zjawiskami atmosferycznymi zmuszają do poszukiwania nowych rozwiązań, mających na celu wzrost produktywności roślin oraz zwiększenie ich odporności na niekorzystne warunki środowiskowe.

Jednym z takich niekonwencjonalnych rozwiązań może być zasilanie roślin krzemem. Krzem jest drugim po tlenie pierwiastkiem najpowszechniej występującym w skorupie ziemskiej. Krzem w życiu roślin odgrywa istotną rolę, polegającą głównie na tworzeniu mechanizmów obronnych przed niekorzystnymi czynnikami środowiskowymi. Krzem jest mikroelementem antystresowym, co szczególnie uwidacznia się w okresie suszy wiosenno-letniej. Udowodniono, iż żywienie krzemem wpływa na wzmocnienie ścian komórkowych, dzięki czemu roślina mniej traci wody w procesie transpiracji. Wzmocnione ściany komórkowe stanowią naturalną barierę dla zarodników grzybów oraz owadów przenoszących choroby wirusowe roślin. Dobroczynne działanie krzemu jest ważne w stymulowaniu naturalnej odporności roślin przed infekcjami. Dostarczając roślinie przyswajalny krzem można ograniczyć ilość środków ochrony roślin, co przekłada się na zmniejszenie kosztów produkcji i obciążenia środowiska. Krzem wpływa także na zwiększenie wytrzymałości mechanicznej tkanek, co ma bezpośredni wpływ na stabilność łądy, a tym samym na zwiększenie odporności na wyleganie (istotne w przypadku zbóż). Ponadto ten mikroelement wpływa na lepszą przyswajalność i gromadzenie składników pokarmowych (zwłaszcza K, P i Fe), a zmniejsza wchłanianie oraz negatywny wpływ (fitotoksyczność) metali ciężkich. Obok sodu, selenu, wanadu, kobaltu i glinu, zaliczany jest do tzw. pierwiastków pożądaných (beneficial element).

Korzystny wpływ nawozu krzemowego doglebowego jest obserwowany szczególnie w przypadku roślin jednoliściennych (zbóż). Duże ilości krzemu (do 3% suchej masy) gromadzą zboża, w tym kukurydza i pszenica. Zdecydowanie najwięcej krzemu pobierają one właśnie z gleby i kumulują ten pierwiastek w dużych ilościach. Rośliny pobierające większe ilości krzemu charakteryzują się bardziej oszczędną gospodarką wodną i mniejszym współczynnikiem transpiracji. Brogowski (2000) wykazał, że przy nawożeniu krzemem ryż wykazuje o 12–15% mniejszą transpirację, a pszenica o około 10%. Zasilanie roślin

rozpuszczalnymi i łatwo przez nie przyswajalnymi związkami krzemu może więc być jedną z ważniejszych metod pozwalających na ograniczenie negatywnych skutków biotycznych i abiotycznych czynników stresowych. Wraz z plonem zbieranym z pola, usuwany jest również zakumulowany w roślinach krzem, co prowadzi do zdecydowanego pomniejszenia puli krzemu dostępnego dla roślin. W ostatnich latach coraz większą uwagę zwraca się na rolę krzemu w zwiększaniu odporności roślin zarówno na biotyczne, jak i abiotyczne czynniki stresowe (Tuna i in., 2008, Sacala i in., 2009).

Celem badań było sprawdzenie wpływu preparatów z krzemem organicznym na zdrowotność pszenicy jarej, plon i cechy jakościowe ziarna w warunkach systemu ekologicznego. Poszukiwanie naturalnych preparatów zwiększających odporność roślin na patogeny, szkodniki i stresy abiotyczne, takie jak susza, jest szczególnie uzasadnione w ekologicznym systemie gospodarowania.

Metodyka badań

Badania zostały przeprowadzone w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB w Grabowie nad Wisłą (woj. mazowieckie), na certyfikowanym polu ekologicznym. Doświadczenie założono na glebie płowej, klasy IIb-IVa. Przedplonem była mieszanka motylkowato-trawiasta. Doświadczenie było dwuczynnikowe, w którym I czynnikiem były odmiany pszenicy, a II czynnikiem – stosowanie preparatów krzemowych. W uprawie pszenicy jarej zastosowano preparaty z krzemem organicznym dopuszczone do stosowania w rolnictwie ekologicznym: AdeSil (ziemia okrzemkowa) i ZumSil (preparat płynny z krzemem organicznym). Jako pierwszy zabieg została wykonana stymulacja kiełkowania ziarna mieszanką AdeSil - ziemi okrzemkowej z płynnym preparatem ZumSil. Zabiegi nalistne preparatem ZumSil zostały wykonane dwukrotnie: w fazie strzelania w źdźbło i początek kłoszenia, w dawkach zalecanych przez producenta.

Kombinacje:

A – Kontrola bez stosowania preparatów krzemowych,

B – stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie),

C – tylko zabiegi nalistne (2-krotnie) ZumSil,

D – tylko stymulacja nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil.

Materiałem badawczym były **odmiany pszenicy jarej o różnej wrażliwości na patogeny grzybowe**, głównie rdzę brunatną, różniące się także cechami morfologicznymi według wyników badań EDO (Ekologicznego Doświadczalnictwa Odmianowego) prowadzonych przez IUNG-PIB w 2018 r. - **Harenda, Serenada i Rusalka oraz dodatkowo pszenica orkisz odmiany Wirtas (ryc. 1).**

1	2	3	4	4	3	2	1	1	2	3	4	4	3	2	1
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
IV POWTÓRZENIE															
1	2	3	4	4	3	2	1	1	2	3	4	4	3	2	1
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
III POWTÓRZENIE															
1	2	3	4	4	3	2	1	1	2	3	4	4	3	2	1
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
II POWTÓRZENIE															
1	2	3	4	4	3	2	1	1	2	3	4	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A				C				B				D			
I POWTÓRZENIE															

Ryc. 1 Plan sytuacyjny doświadczenia (odmiany pszenicy jarej: **1- Harenda**, **2 – Serenada**, **3 – Rusalka**, **4 – Orkisz Wirtas**, czynnik doświadczenia – stosowanie preparatów krzemowych: **A - Kontrola bez stosowania preparatów krzemowych**, **B – stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie)**, **C – tylko zabiegi nalistne (2-krotnie) ZumSil**, **D – tylko stymulacja nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil**. Powierzchnia poletek 30 m².

Zakres analiz obejmował:

- ocenę wschodów pszenicy (obsada roślin),
- cechy biometryczne roślin (wysokość roślin, długość i masa kłosów),
- ocenę stanu odżywienia (SPAD),
- sucha masa korzeni,
- monitoring chorób i szkodników- głównie rdza brunatna i mączniak prawdziwy,
- występowanie chorób fuzaryjnych na kłosach,
- obsadę kłosów,
- plon ziarna,
- jakość ziarna (zawartość związków bioaktywnych: kwasy fenolowe, alkilorezorcynole, aktywność antyoksydacyjna).

Zabiegi nalistne z użyciem preparatów krzemowych były stosowane 2-krotnie: 26.05 i 4.06.2019 (ze względu na warunki pogodowe nie było możliwości wykonania zabiegów wcześniej). Analizy biometryczne wykonywano w 2 terminach: 3.06.2019 i 25.06.2019 r. Ocenę stanu odżywienia roślin pszenicy za pomocą wskaźnika zieloności liści SPAD w terminach: 03.06.2019 i 18.06.2019. Ocenę porażenia roślin pszenicy przez patogeny grzybowe przeprowadzono w I dekadzie lipca 2019 r. Plon i elementy struktury plonu oceniono po zbiorze roślin. Analizy biochemiczne wpływu preparatów krzemowych na jakość ziarna pszenicy jarej wykonano na ziarnie dosuszonym do 15% wilgotności, w okresie wrzesień-październik 2019 r.

Wschody roślin na wszystkich odmianach i poletkach były wyrównane i równomierne. Występujące w maju ciepłe dni przyczyniły się do znacznego przyśpieszenia wzrostu i rozwoju zbóż. W czerwcu temperatura powietrza sprzyjała rozwojowi i dojrzewaniu roślin. W lipcu warunki pogodowe były na ogół korzystne dla wzrostu i rozwoju roślin co uwidoczniło się w plonach ziarna pszenicy jarej. Choć w niektórych rejonach Polski panowała susza, to w rejonie Grabowa n/Wisłą nie wpłynęła na spadki plonów ziarna. Występowały okresy bez opadów jak i okresy z intensywnymi opadami deszczu.

Wyniki badań

Wpływ preparatów krzemowych na cechy biometryczne pszenicy jarej w systemie ekologicznym

Dwukrotne zabiegi dolistne preparatami krzemowymi spowodowały zwiększenie suchej masy części nadziemnych pszenicy, średnio o około 10% w stosunku do kontroli nie traktowanej preparatami krzemowymi (tab. 36). Pozostałe sposoby dawkowania preparatów krzemowych nie wpłynęły znacząco na masę pszenicy.

Tab. 36. Wpływ preparatów krzemowych na suchą masę części nadziemnych pszenicy jarej (g)

Odmiany	Terminy i obiekty							
	I termin				II termin			
	A*	B	C	D	A	B	C	D
Harenda	86,2	74,6	85,5	82,5	181,9	157,0	169,3	142,1
Serenada	71,9	60,6	93,4	70,5	135,5	159,1	152,5	164,7
Rusałka	94,3	95,4	94,8	85,0	158,3	143,7	185,0	153,1
Orkisz								
Wirtas	81,1	79,8	86,5	87,9	159,5	150,1	165,2	161,0
średnia	83,4	77,6	90,0	81,5	158,8	152,5	168,0	155,2

*Obiekty: A – Kontrola bez stosowania preparatów krzemowych, B – stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie), C – tylko zabiegi nalistne (2-krotnie), D – tylko stymulacja nasion preparatami krzemowymi.

Dwukrotne zabiegi dolistne preparatami krzemowymi oraz stymulacja nasion preparatami krzemowymi spowodowały zwiększenie suchej masy korzeni pszenicy u odmian Serenada i orkiszu Wirtas w stosunku do kontroli nie traktowanej preparatami krzemowymi (tab. 37). Tylko u odmian Harenda i Rusałka nie stwierdzono takiej reakcji.

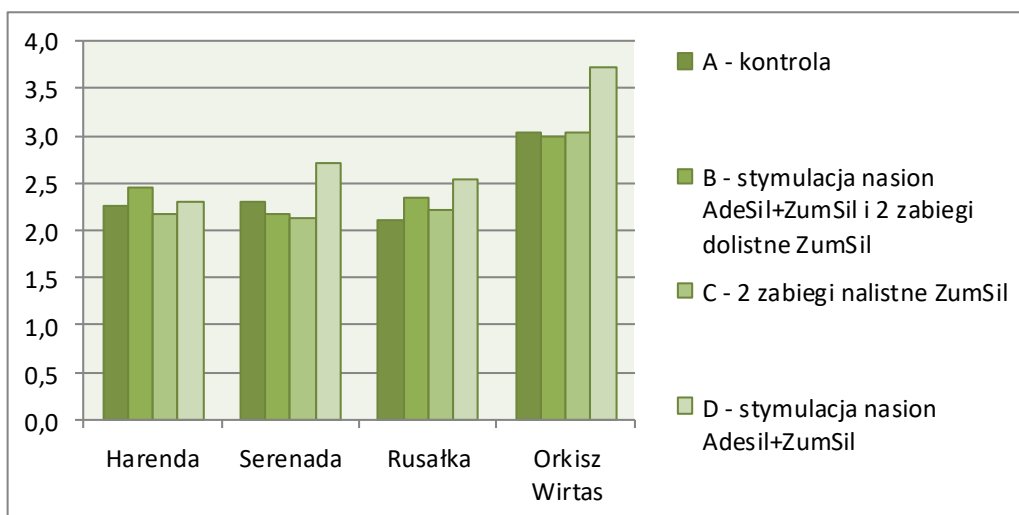
Tab. 37. Wpływ preparatów krzemowych na suchą masę korzeni pszenicy jarej (g)

Odmiany	Terminy i obiekty							
	I termin				II termin			
	A*	B	C	D	A	B	C	D
Harenda	15,1	14,6	14,3	15,9	16,3	15,0	15,1	13,9
Serenada	11,6	11,0	16,7	11,3	14,8	17,2	17,4	16,7
Rusałka	17,5	17,2	16,8	16,1	16,7	18,5	16,6	15,9
Orkisz								
Wirtas	12,2	13,7	15,9	14,8	16,7	15,2	17,3	17,5
średnia	14,1	14,1	15,9	14,5	16,1	16,5	16,6	16,0

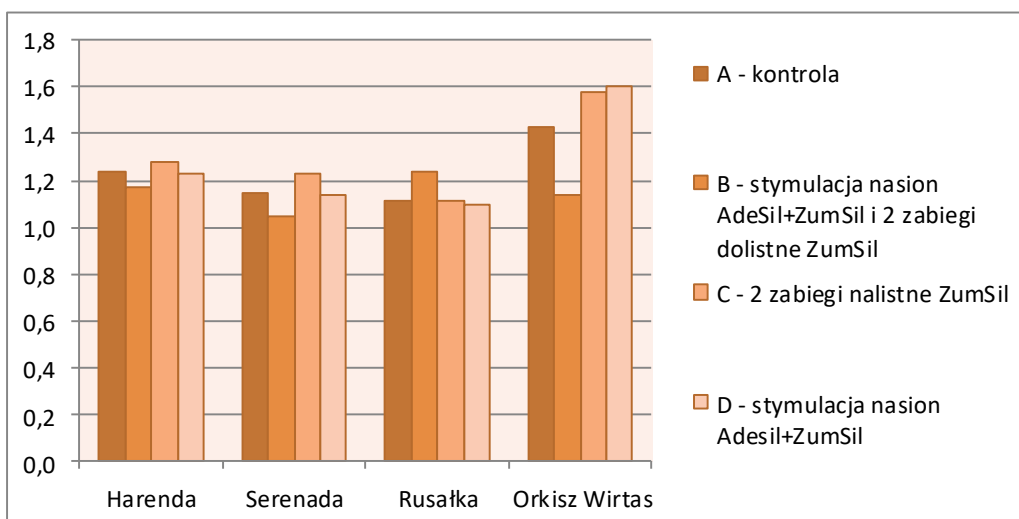
*Obiekty: A – Kontrola bez stosowania preparatów krzemowych, B – stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie), C – tylko zabiegi nalistne (2-krotnie), D – tylko stymulacja nasion preparatami krzemowymi.

Stosowanie preparatów krzemowych w postaci stymulacji nasion Adesil+ZumSil, spowodowało zwiększenie krzewistości roślin pszenicy, zwłaszcza u orkiszu Wirtas (rys. 1).

A – I termin



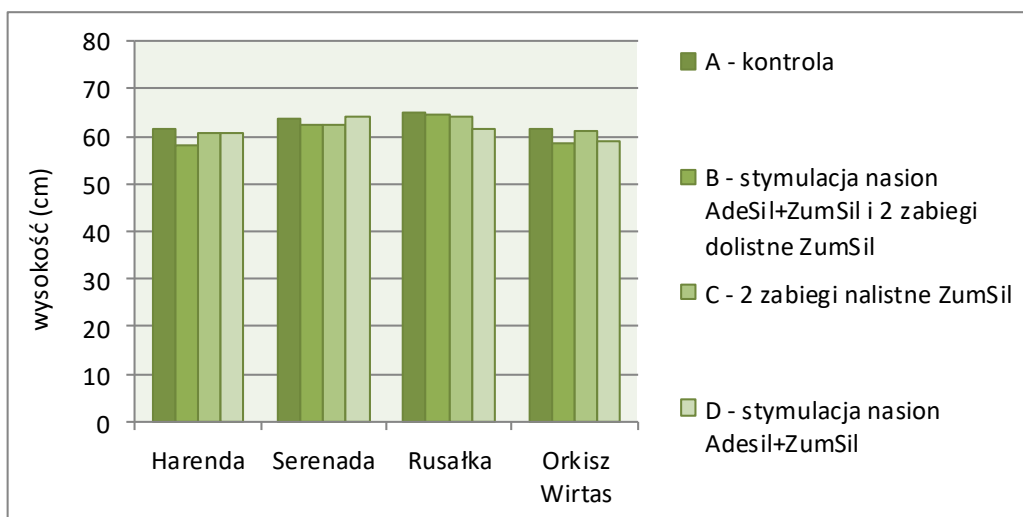
B – II termin



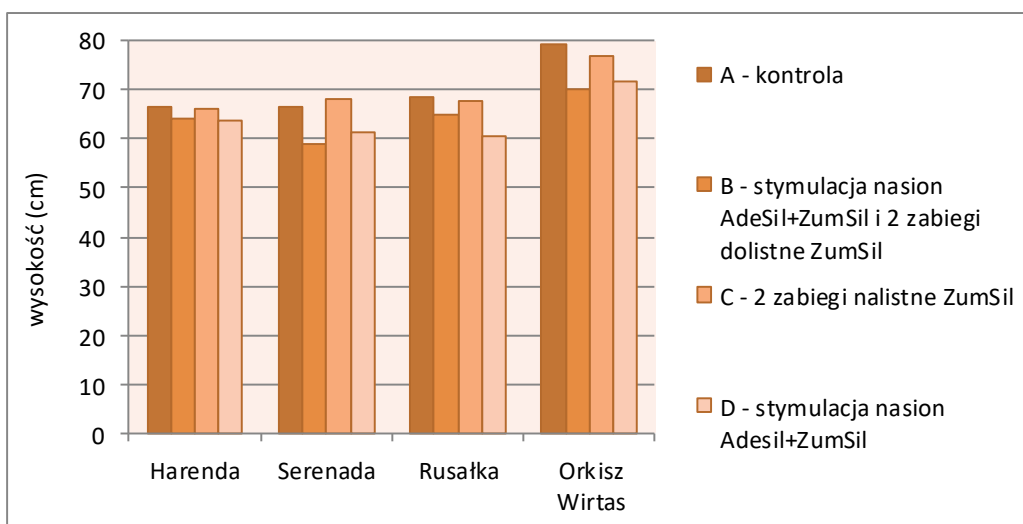
Rys. 1. Rozkrzewienie odmian pszenicy jarej pod wpływem stosowania preparatów krzemowych

Stosowanie preparatów z krzemem organicznym spowodowało zahamowanie wzrostu roślin, o czym świadczy mniejsza ich wysokość w obiektach, gdzie stosowano te preparaty, zwłaszcza w wariancie B - stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie) (rys. 2).

A – I termin



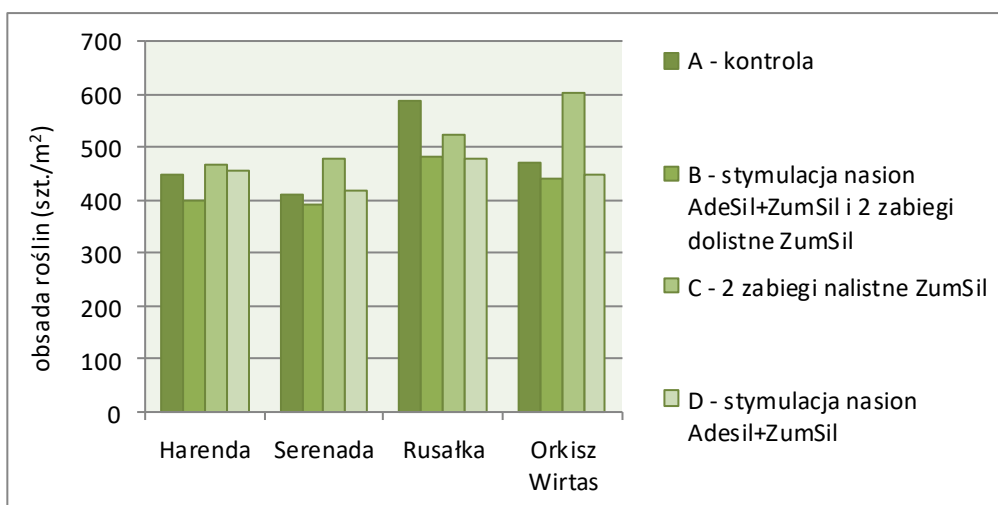
B - II termin



Rys. 2. Wpływ stosowania preparatów krzemowych na wysokość roślin pszenicy jarej (cm)

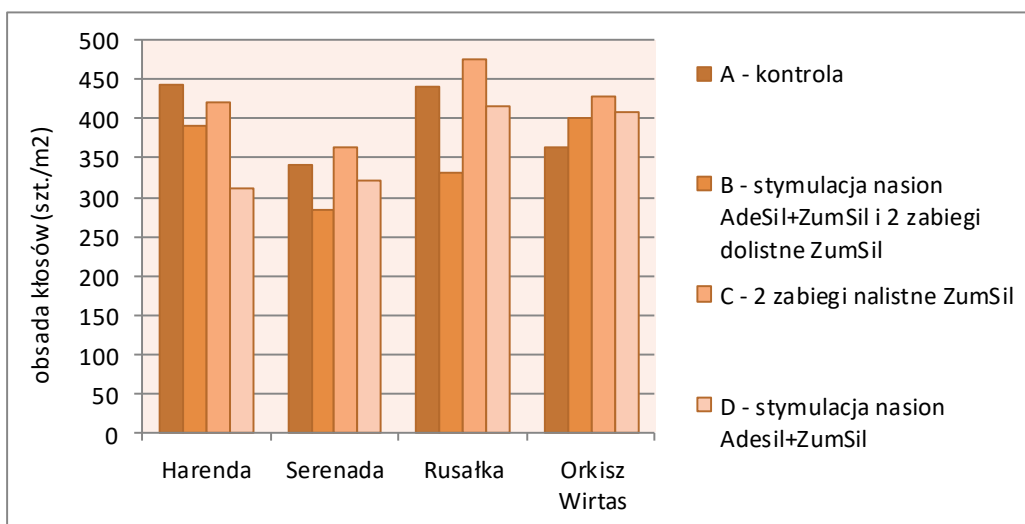
Nie stwierdzono jednoznacznych tendencji we wpływie preparatów krzemowych na obsadę roślin pszenicy jarej (rys. 3).

A – I termin



Rys. 3. Wpływ stosowania preparatów krzemowych na obsadę roślin pszenicy jarej w fazie początku kłoszenia (szt./m²)

U orkiszu Wirtas stosowanie preparatów krzemowych zwiększało obsadę kłosów, natomiast u odmian pszenicy zwyczajnej: Serenada i Rusałka taką reakcją stwierdzono tylko po dwukrotnych zabiegach nalistnych preparatem Zumsil (rys. 4).

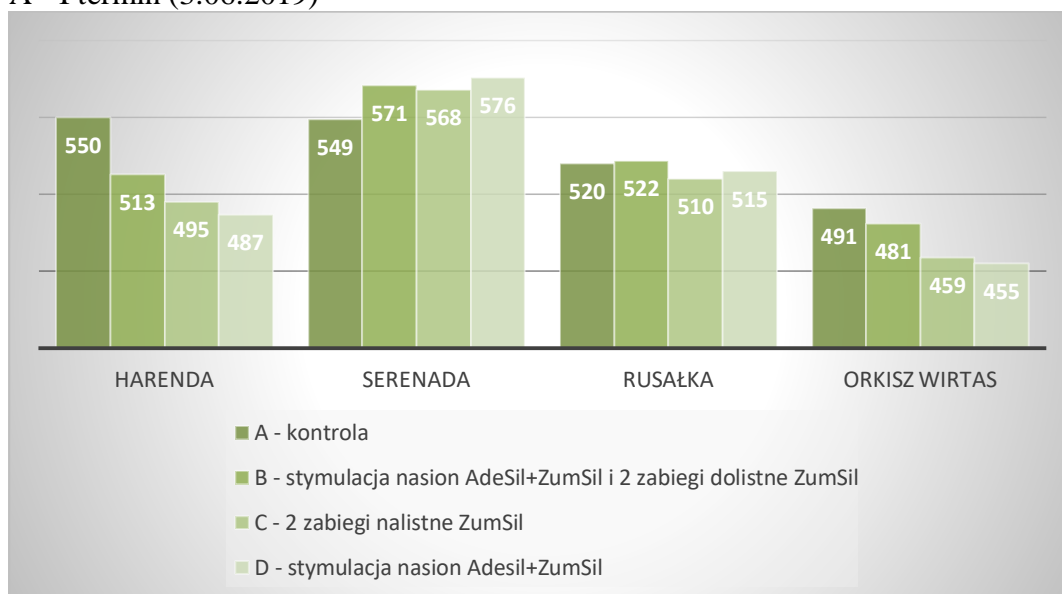


Rys. 4. Wpływ stosowania preparatów krzemowych na obsadę kłosów (szt./m²)

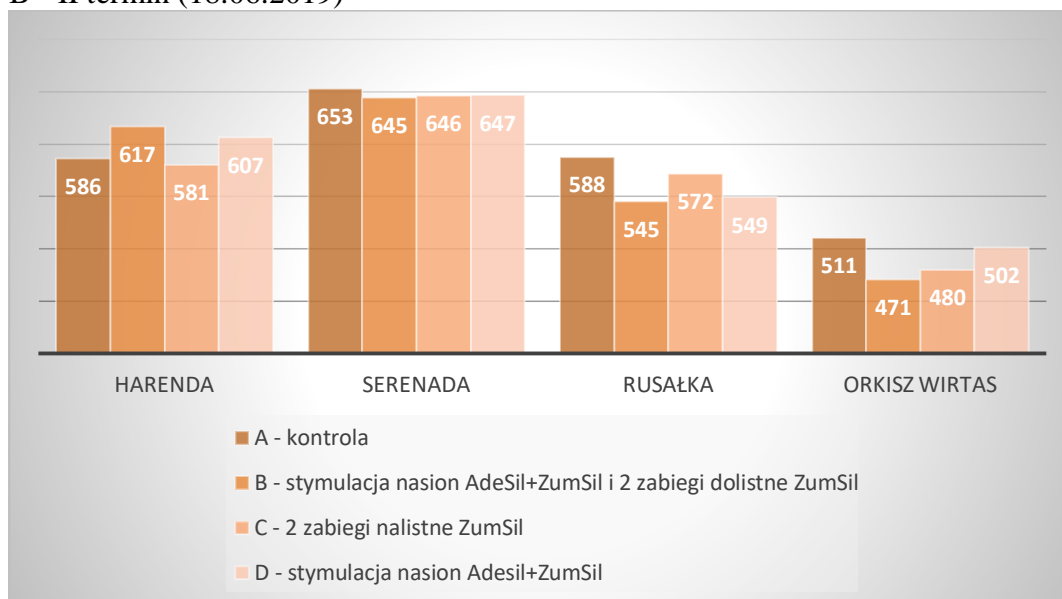
Wpływ preparatów krzemowych na stan odżywienia odmian pszenicy jarej w systemie ekologicznym

Stosowanie preparatów krzemowych nie wpłynęło istotnie na stan odżywienia roślin pszenicy oceniany wskaźnikiem zieloności liści SPAD u odmiany Serenada i Rusalka, natomiast u orkiszu Wirtas spowodowało pogorszenie stanu odżywienia roślin (rys. 5). U odmiany Harenda w I terminie badań stan odżywienia roślin uległ pogorszeniu pod wpływem zastosowanych preparatów, a w drugim terminie wskaźniki dla roślin potraktowanych tymi preparatami poprawiły się.

A - I termin (3.06.2019)



B - II termin (18.06.2019)



Rys. 5. Ocena wpływu preparatów krzemowych na stan odżywienia roślin pszenicy jarej oceniany za pomocą wskaźnika zieloności liści SPAD

Wpływ preparatów krzemowych na porażenie odmian pszenicy jarej przez patogeny grzybowe w systemie ekologicznym

Ocenę wpływu preparatów z krzemem organicznym na występowanie patogenów grzybowych przeprowadzono według skali 9-punktowej, stosowanej przez COBORU w Słupi Wielkiej (Metodyka badania wartości gospodarczej odmian, NR/P/19/2013, COBORU, 2013). Skala odzwierciedla odporność odmiany na poszczególne choroby. Procent uszkodzonej powierzchni blaszki liściowej przez poszczególne patogeny wyrażano w skali według schematów graficznych dla rdzy i pozostałych chorób, gdzie 9 punktów oznacza brak porażenia grzybem (lub porażenie śladowe dla rdzy), a 1 punkt świadczy o zainfekowaniu liści co najmniej w 50 % powierzchni (w 60% dla rdzy). Dla pozostałych wartości skali, ocena dokonywana jest następująco:

- 1 – porażenie 50% (60% dla rdzy) i więcej
- 2 – porażenie 30% (40% dla rdzy)
- 3 – porażenie 20% (25% dla rdzy)
- 4 – porażenie 15%
- 5 – porażenie 10%
- 6 – porażenie 5%
- 7 – porażenie 2% (3% dla rdzy)
- 8 – porażenie 1%
- 9 – brak choroby lub porażenie śladowe (dla rdzy).

Odporność na choroby w skali 9-punktowej interpretuje się następująco: 9-7,8 – bardzo dobra, 7,7-7 – dobra, 6,9-6 – średnia, poniżej 6 – niska.

Stwierdzono wyraźne działanie ochronne zastosowanych preparatów krzemowych przeciwko porażeniu przez patogena rdzy brunatnej (*Puccinia recondita*), o czym świadczą mniejsze objawy tej choroby na liściach (5,0-5,2) w stosunku do obiektu kontrolnego najsilniej porażonego (4,6) (tab. 38). Najmniej porażone były rośliny z obiektów, na których stosowano dwa zabiegi nalistne ZumSil i stymulację nasion Adesil+ZumSil (5,2). Najsilniej porażoną przez rdzę odmianą była Rusalka, a największą odporność na rdzę wykazała odmiana Harenda.

Tab. 38. Wpływ preparatów krzemowych na występowanie **rdzy brunatnej** (*Puccinia recondita*) na odmianach pszenicy jarej (skala 9-punktowa, 9 - brak porażenia lub śladowe, 1 - 60% porażenie blaszki liściowej)

Obiekty	Odmiany				średnia
	Harenda	Serenada	Rusałka	Orkisz Wirtas	
A – kontrola	8,0	5,3	1,8	3,3	4,6
B – stymulacja nasion AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil	7,8	5,8	2,5	3,8	5,0
C – 2 zabiegi nalistne ZumSil	7,5	5,8	2,0	5,5	5,2
D – stymulacja nasion Adesil+ZumSil	8,0	7,0	1,8	4,0	5,2

Rośliny pszenicy ze wszystkich obiektów wykazywały wysoką odporność na septoriozę \geq 8,0 (tab. 39). **Najbardziej efektywne było zastosowanie stymulacji nasion AdeSil+ZumSil i 2 zabiegów dolistnych ZumSil (obiekt B), a także 2 zabiegów nalistnych ZumSil (obiekt C), które zwiększało odporność roślin średnio z 8,5 stopnia (kontrola) do 8,9 stopnia.** Najwyższą odporność na septoriozę wykazywały rośliny orkiszu odmiany Wirtas, na których nawet bez stosowania preparatów nie stwierdzono objawów choroby (z wyjątkiem obiektu ze stymulacją nasion preparatami krzemowymi – 8,8).

Tab. 39. Wpływ preparatów krzemowych na porażenie przez *Septoria sp.* na odmianach pszenicy jarej (skala 9-punktowa, 9 - brak porażenia lub śladowe, 1 - 50% porażenie blaszki liściowej)

Obiekty	Odmiany				średnia
	Harenda	Serenada	Rusałka	Orkisz Wirtas	
A - kontrola	8,5	8,5	8,0	9,0	8,5
B - stymulacja nasion AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil	8,8	8,8	8,8	9,0	8,9
C - 2 zabiegi nalistne ZumSil	9,0	8,8	8,8	9,0	8,9
D - stymulacja nasion Adesil+ZumSil	8,0	9,0	8,0	8,8	8,5

Rośliny z wszystkich badanych obiektów wykazały wysoką odporność na porażenie przez DTR (średnio $\geq 8,6$) (tab. 40). Efekty ochronne stosowania preparatów odnotowano na obiektach B i D, gdzie stosowano preparaty z krzemem organicznym (średnio 8,9).

Tab. 40. Wpływ preparatów krzemowych na porażenie pszenicy jarej przez **brunatną plamistość liści** (DTR) (*Drechslera tritici-repentis*) (skala 9-punktowa, 9 - brak porażenia lub śladowe, 1 - 50% porażenie blaszki liściowej)

Obiekty	Odmiany				średnia
	Harenda	Serenada	Rusałka	Orkisz Wirtas	
A – kontrola	8,5	8,8	9,0	8,8	8,8
B – stymulacja nasion AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil	9,0	8,8	9,0	8,8	8,9
C – 2 zabiegi nalistne ZumSil	8,5	9,0	8,5	8,3	8,6
D – stymulacja nasion Adesil+ZumSil	8,8	8,8	9,0	9,0	8,9

Wszystkie badane odmiany wykazały bardzo wysoką odporność na mączniaka prawdziwego, niezależnie od zastosowanych preparatów, łącznie z obiektem kontrolnym (Tab. 41).

Tab. 41. Wpływ preparatów krzemowych na porażenie pszenicy jarej przez **mączniaka** (*Erysiphe graminis*) (skala 9-punktowa, 9 - brak porażenia lub śladowe, 1 - 50% porażenie blaszki liściowej)

Obiekty	Odmiany				średnia
	Harenda	Serenada	Rusałka	Orkisz Wirtas	
A – kontrola	9,0	8,8	9,0	9,0	9,0
B – stymulacja nasion AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil	9,0	8,8	9,0	9,0	9,0
C – 2 zabiegi nalistne ZumSil	9,0	8,8	9,0	9,0	9,0
D – stymulacja nasion Adesil+ZumSil	8,8	9,0	9,0	9,0	9,0

Procent kłosów z objawami fuzariozy w kombinacji kontrolnej wynosił od 0,0 do 0,5% (średnio 0,25%) i nie różnił się istotnie od występowania objawów chorobowych w kombinacjach ze stosowanymi preparatami krzemowymi (od 0,0 do 0,5%; średnio 0,13%) (tab. 42). Nie stwierdzono również istotnych różnic w występowaniu fuzariozy kłosów pomiędzy badanymi odmianami.

Największą odporność na fuzariozę wykazała pszenica orkisz odmiany Wirtas, na której nie zaobserwowano objawów choroby na kłosach.

Tab. 42. Występowanie **fuzariozy kłosów** na czterech odmianach pszenicy jarej w zależności od stosowania preparatów krzemowych w Grabowie w 2019 r.

Odmiana	% porażonych kłosów					Indeks porażenia [%]				
	A ¹	B	C	D	Średnio	A	B	C	D	Średnio
Harenda	0,0 a A	0,5 a A	0,0 a A	0,0 a A	0,1 a	0,0 a A	0,1 a A	0,0 a A	0,0 a A	0,0 a
Serenada	0,5 a A	0,0 a A	0,5 a A	0,0 a A	0,3 a	0,1 a A	0,0 a A	0,1 a A	0,0 a A	0,1 a
Rusałka	0,5 a A	0,0 a a	0,0 a A	0,5 a A	0,3 a	0,1 a A	0,0 a A	0,0 a A	0,1 a A	0,1 a
Orkisz Wirtas	0,0 a A	0,0 a a	0,0 a A	0,0 a A	0,0 a	0,0 a A	0,0 a A	0,0 a A	0,0 a A	0,0 a
<i>Średnio</i>	0,25 A	0,13 A	0,13 A	0,13 A	0,16	0,05 A	0,03 A	0,03 A	0,03 A	0,03
<i>NIR</i> $\alpha=0,05$						<i>I = n.i.</i> <i>II = n.i.</i>		<i>III = n.i.</i> <i>I/II = n.i.</i>		

^{1/} sposoby stosowania preparatów krzemowych: A – Kontrola bez stosowania preparatów krzemowych, B – stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie), C – tylko zabiegi nalistne (2-krotnie), D – tylko stymulacja nasion preparatami krzemowymi.

^{2/} wartości oznaczone różnymi małymi literami wskazują istotną różnicę między odmianami

^{3/} wartości oznaczone różnymi wielkimi literami wskazują istotną różnicę między sposobami stosowania preparatów krzemowych

Wpływ preparatów krzemowych na plon i cechy struktury plonu pszenicy jarej w systemie ekologicznym

Najwyższe plony uzyskano na obiekcie B, gdzie stosowano stymulację nasion preparatami AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil), o 9% większe niż w obiekcie kontrolnym (tab. 43). Najniższe plony uzyskano na obiekcie kontrolnym, stąd wniosek, że wszystkie z zastosowanych zabiegów dały pozytywny efekt w postaci przyrostu plonu. Najmniej efektywne pod kątem zwiększania plonu okazała się stymulacja nasion AdeSil+ZumSil. Najwyższe plony dała odmiana Rusalka (średnio 4,20 t/ha), natomiast najniższe plony orkisz odmiany Wirtas (średnio 3,51 t/ha).

Tab. 43. Wpływ preparatów krzemowych na plon ziarna pszenicy jarej (t/ha)

obiekty	Odmiany				średnia
	Harenda	Serenada	Rusałka	Orkisz Wirtas	
A - kontrola	4,02	3,84	3,90	3,40	3,79
B - stymulacja nasion AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil	4,25	4,20	4,36	3,70	4,13
C - 2 zabiegi nalistne ZumSil	4,21	4,35	4,35	3,41	4,08
D - stymulacja nasion Adesil+ZumSil	4,16	4,15	4,20	3,54	4,01

Masa tysiąca ziaren (MTZ) między obiektami nie różniła się w tak dużym stopniu jak między odmianami. Największą masę tysiąca ziaren oplewionych miała odmiana orkisz Wirtas (średnio 58,6 g), a najniższą odmiana Harenda (średnio 35,41 g) (tab. 44). **Wszystkie z zastosowanych zabiegów w porównaniu do obiektu kontrolnego powodowały wzrost masy tysiąca ziaren, największy na obiekcie D - stymulacja nasion AdeSil+ZumSil (średnio 44,54 g).**

Tab. 44. Wpływ preparatów krzemowych na masę tysiąca ziaren (MTZ) pszenicy jarej (g)

obiekty	Odmiany				średnia
	Harenda	Serenada	Rusałka	Orkisz Wirtas	
A - kontrola	35,50	42,30	41,30	58,05	44,29
B - stymulacja nasion AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil	35,55	42,10	41,15	58,50	44,33
C - 2 zabiegi nalistne ZumSil	35,20	42,20	41,55	59,00	44,49
D - stymulacja nasion Adesil+ZumSil	35,40	42,70	41,20	58,85	44,54

Dwukrotne zabiegi nalistne preparatem ZumSil wpłynęły na zwiększenie masy kłosów pszenicy jarej (tab. 45). Jedynie orkisz Wirtas nie zareagował istotnym zwiększeniem masy kłosów na stosowanie preparatów krzemowych.

Tab. 45. Wpływ preparatów krzemowych na masę kłosów pszenicy jarej (g)

Obiekty	Odmiany				średnia
	Harenda	Serenada	Rusałka	Orkisz Wirtas	
A - kontrola	1,39	1,82	1,36	0,76	1,33
B - stymulacja nasion AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil	1,55	1,81	1,01	0,76	1,28
C - 2 zabiegi nalistne ZumSil	1,52	1,91	1,50	0,77	1,43
D - stymulacja nasion Adesil+ZumSil	1,39	1,85	1,40	0,77	1,35

Dwukrotne zabiegi nalistne preparatem ZumSil oraz te zabiegi wraz z początkową stymulacją nasion pszenicy wpłynęły na zwiększenie długości kłosów pszenicy jarej w porównaniu do kontroli (tab. 46).

Tab. 46. Wpływ preparatów krzemowych na długość kłosa pszenicy jarej (cm)

Obiekty	Odmiany				średnia
	Harenda	Serenada	Rusałka	Orkisz Wirtas	
A - kontrola	7,9	7,6	7,2	10,7	8,35
B - stymulacja nasion AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil	8,3	7,8	7,1	10,8	8,50
C - 2 zabiegi nalistne ZumSil	8,1	7,8	7,2	10,6	8,43
D - stymulacja nasion Adesil+ZumSil	8,0	7,7	6,9	10,7	8,33

Jednoroczne wyniki badań wskazują na pewne tendencje, natomiast nie dają podstaw do uogólniania i formułowania stwierdzeń na temat wpływu zastosowanych preparatów z krzemem na wzrost i plonowanie roślin w systemie ekologicznym. Uzyskane wyniki badań będą jeszcze analizowane statystycznie.



A – kontrola



B – stymulacja nasion AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil



C - 2 zabiegi nalistne ZumSil



D - stymulacja nasion Adesil+ZumSil

Fot. 7. Pszenica jara odmiany Rusalka uprawiana w systemie ekologicznym w RZD IUNG-PIB w Grabowie (woj. mazowieckie) traktowana preparatami z krzemem organicznym (B, C, D) i kontrola (A) (8.07.2019)

Wpływ preparatów krzemowych na jakość ziarna (zawartość związków bioaktywnych: kwasy fenolowe, alkilorezorcynole, aktywność antyoksydacyjna)

WSTĘP

Krzem jest ważnym pierwiastkiem w żywieniu ludzi i zwierząt (Edwardson i in., 1993; Sacała i Durbajło, 2012). Liczne badania potwierdziły także korzystne oddziaływanie krzemu na organizm ludzki, zwłaszcza w procesie odżywczym i detoksykacji. Na terenach bogatych w krzem ludzie rzadziej chorują na nowotwory. Okazuje się zatem, że krzem nie tylko przekłada się na wielkość i jakość plonu, ale także na jakość wytwarzanej później żywności i jej pozytywny wpływ na nasze zdrowie.

METODYKA

Schemat doświadczenia:

I-czynnik-odmiany pszenicy jarej:

1- Harenda, 2-Serenada, 3 - Rusałka, 4 - Orkisz-Wirtas

II-czynnik-stosowanie preparatów krzemowych:

A-kontrola bez stosowania preparatów krzemowych

B- stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie)

C-tylko zabiegi nalistne (2-krotnie) ZumSil

D- tylko stymulacja nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil

Badanie zawartości związków bioaktywnych w ziarnie pszenicy

1. Oznaczanie zawartości alkilorezorcynoli

Nieodtłuszczone, zmielone ziarno w ilości 1 g umieszczono w plastikowych probówkach typu falkon i ekstrahowano 40 ml acetonu przez 48 h w temperaturze pokojowej z zastosowaniem łaźni ultradźwiękowej. Próbkę zostały następnie odwirowane, supernatant zebrano do kolby wyparkowej i odparowano do sucha na wyparce próżniowej. Próbka została rozpuszczona w 2 ml acetonitrylu. Pobrano 500 μ L próbki do fiolek z filtrem PTFE o średnicy porów 0,2 μ m (Thomson).

Do analizy użyto systemu chromatograficznego UHPLC sprzężonego z tandemowym spektrometrem mas ESI-Q-ToF (Thermo & Bruker). Użyto kolumny BEH C8 (Waters), zastosowano gradientową elucję rozpuszczalników (ACN/H₂O/izo-propanol). Dane uzyskano

w oparciu o program Bruker Data Analysis 4.3 (Bruker, Billerica, MA, USA). Do oznaczeń ilościowych zastosowano kalibrację na 5-eikozylrezorcynol.

2. *Oznaczanie zawartości kwasów fenolowych*

Zmielone, odtłuszczone ziarno odważono do próbki typu falcon w ilości 200 mg i zawieszono w 2 % wodnym roztworze kwasu askorbinowego. Hydrolizę 4M NaOH prowadzono w ciemności przez 4 godz. Do każdej próbki dodano 20 μ l kwasu 3-hydroksybenzoesowego jako wzorca. Hydrolizat zakwaszono 6M HCl do pH 2 i odwirowano. Supernatant ekstrahowano 3-krotnie metodą ciecz-ciecz z uwodnionym octanem etylu. Ekstrakt odparowano do sucha na wyparce próżniowej i rozpuszczono w 25 % metanolu.

Do analizy chromatograficznej z zastosowaniem ultrasprawniej chromatografii cieczowej sprzężonej z detektorem DAD i spektrometrem mas (UPLC – DAD – MS) podano próbki o stężeniu 50 mg/ml.

Określenie aktywności antyoksydacyjnej związków bioaktywnych

1. *Aktywność antyoksydacyjna alkilorezorcynoli*

Ekstrakty analizowano pod kątem obecności oraz aktywności związków o właściwościach antyoksydacyjnych testem TLC-DPPH*. Próbki w stężeniu 500 mg/ml (w ilości 10 μ l) oraz wzorzec Trolox (stężenie 10 mg/ml, ilość 2 μ l) naniesiono na płytki chromatograficzne pokrytą żelom krzemionkowym (płytki TLC SiO₂ 60F₂₅₄, 20 x 20 cm, Merck, Darmstadt, Niemcy) i rozwijano w komorze chromatograficznej wysyczonej parami eluentu: toluen : octan etylu : kwas mrówkowy (70:5:5, v/v/v). Po rozwinięciu i wysuszeniu płytki zanurzano w świeżo przygotowanym 0,2% metanolem roztworze DPPH. Oceny uzyskanych wyników dokonano skanując płytki po 90 minutach od wywołania jej roztworem DPPH.

2. *Aktywność antyoksydacyjna kwasów fenolowych*

W niniejszej pracy została zastosowana technika chromatografii cienkowarstwowej (test TLC-DPPH*) do oceny zdolności zmiatania wolnych rodników przez składniki hydrolizatów ziarna pszenicy. Próbki w stężeniu 50 mg/ml (w ilości 40 μ l) oraz wzorzec (Trolox, stęż. 10 mg/ml, ilość 2 μ l) naniesiono, za pomocą pipety, na płytki chromatograficzne pokryte żelom krzemionkowym (płytki TLC SiO₂ 60F₂₅₄, 20 x 20 cm, Merck, Darmstadt, Niemcy), w postaci plamek z 8 mm odstępem między poszczególnymi próbkami, w odległości 10 mm od dolnego i 15 mm od lewego i prawego brzegu płytki. Płytki były rozwijane w komorze chromatograficznej wysyczonej parami eluentu: acetonitryl-chloroform-woda-kwas mrówkowy (60:10:15:5, v/v/v/v), na dystansie 90 mm. Po rozwinięciu i wysuszeniu zanurzone zostały na 5 s w 0,2% metanolem roztworze DPPH. Oceny uzyskanych

wyników dokonano skanując płytki po 90 minutach od wywołania jej roztworem DPPH. Badania wykonano w trzech niezależnych powtórzeniach.

WYNIKI BADAŃ

1. Wpływ preparatów krzemowych na zawartość alkilorezorcynoli w ziarnie pszenicy jarej

Przy użyciu systemu chromatograficznego UHPLC sprzężonego z tandemowym spektrometrem mas ESI-Q-ToF zidentyfikowano oraz określono zawartość siedmiu alkilorezorcynoli (Tabela 47 i 48, wykres 1).

Tab. 47. Zidentyfikowane alkilorezorcynole w ziarnie czterech odmian pszenicy jarej.

Lp.	Oznaczenie	Nazwa	Formuła	[M+H] ⁺
1	C17:0	5-heptadecylresorcinol	C ₂₃ H ₄₀ O ₂	349,3101
2	C19:1	5-nonadecenylresorcinol	C ₂₅ H ₄₂ O ₂	375,3258
3	C19:0	5-nonadecylresorcinol	C ₂₅ H ₄₄ O ₂	377,3414
4	C21:1	5-heneicosenylresorcinol	C ₂₇ H ₄₆ O ₂	403,3571
5	C21:0	5-heneicosylresorcinol	C ₂₇ H ₄₈ O ₂	405,3727
6	C23:0	5-tricosylresorcinol	C ₂₉ H ₅₂ O ₂	433,4040
7	C25:0	5-pentacosylresorcinol	C ₃₁ H ₅₆ O ₂	461,4353

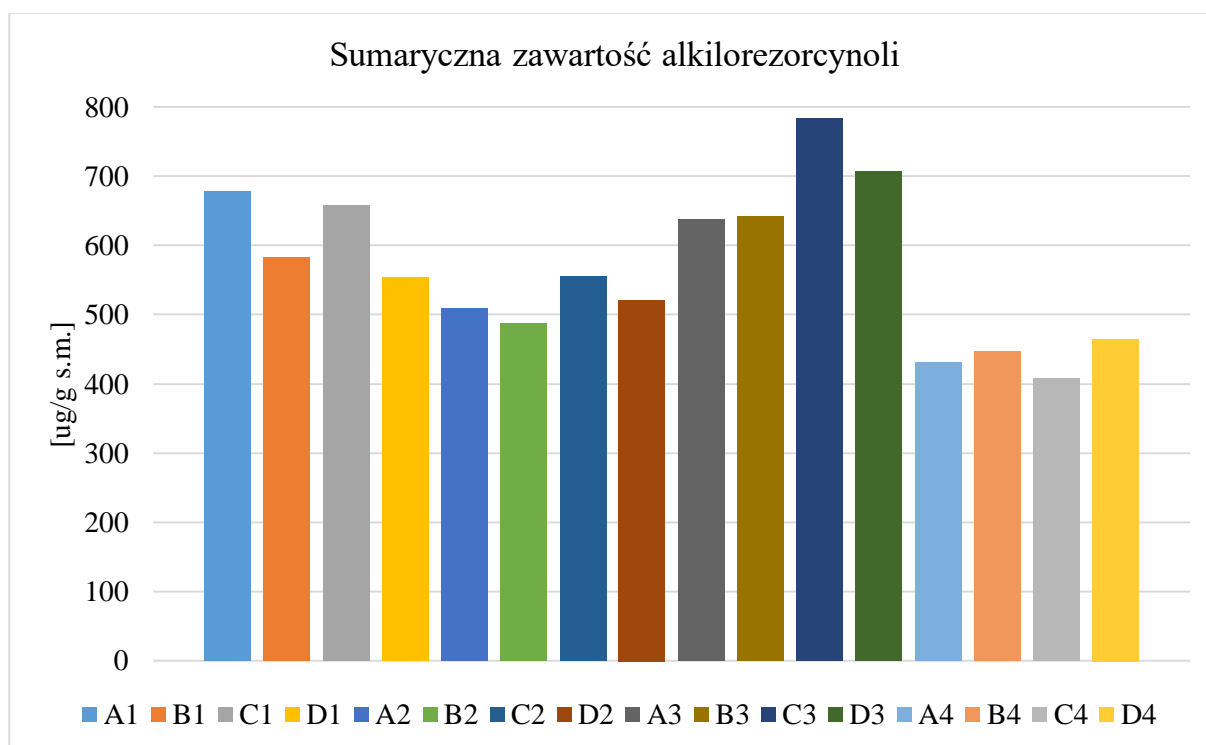
Badanie zawartości alkilorezorcynoli w ziarnie 4 odmian pszenicy jarej, uprawianych w systemie ekologicznym, wykazało najwyższy udział tych związków w odmianie Rusałka (783,26 µg/g s.m.), w wariacie, gdzie zastosowano tylko zabiegi nalistne (2-krotnie) płynnym preparatem z krzemem organicznym (ZumSil) (tab. 48). 5-heneicosylresorcinol (C21:0) i 5-nonadecylresorcinol (C19:0) były dominującymi alkilorezorcynolami we wszystkich badanych odmianach i wariantach.

2-krotnie zabiegi nalistne preparatem ZumSil (wariant C) oraz stymulacja nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil (wariant D) wpłynęła na wzrost zawartości alkilorezorcynoli, w porównaniu do kontroli (wariant A), w ziarnie odmiany Rusałka i nieznacznie odmiany Serenada (tab. 48, wykres 1). U odmiany Harenda stosowanie preparatów krzemowych spowodowało zmniejszenie zawartości alkilorezorcynoli w ziarnie, a u orkiszu Wirtas wariant B i D stosowania preparatów krzemowych wpłynął na nieznaczny wzrost zawartości tych związków.

Tabela 48. Zawartość poszczególnych alkilorezorcynoli [$\mu\text{g/g s.m.}$]

Odmiana	Wariant	Zawartość alkilorezorcynoli [$\mu\text{g/g s.m.}$]							
		C17:0	C19:1	C19:0	C21:1	C21:0	C23:0	C25:0	Suma
Harenda	A1	24,72	41,04	189,84	31,99	310,26	63,61	15,83	677,30
	B1	24,01	39,43	169,10	29,73	257,58	51,21	12,57	583,63
	C1	25,80	43,23	191,55	33,32	292,04	58,72	13,14	657,79
	D1	21,41	36,77	160,66	27,69	244,96	50,11	12,39	553,98
Serenada	A2	21,58	33,12	149,24	30,61	217,80	46,10	11,19	509,64
	B2	20,00	29,34	139,22	28,34	211,33	46,75	11,74	486,71
	C2	23,11	36,08	162,36	32,36	239,56	49,42	11,19	554,08
	D2	22,50	35,38	154,49	32,05	222,35	43,69	10,63	521,10
Rusałka	A3	24,53	43,58	184,36	32,05	285,12	55,38	11,80	636,83
	B3	24,29	43,17	183,44	31,76	290,86	57,56	11,61	642,69
	C3	28,13	52,14	220,91	37,19	361,79	68,69	14,41	783,26
	D3	25,59	49,39	199,11	34,90	324,16	61,81	11,87	706,82
Orkisz-Wirtas	A4	18,35	26,70	111,07	27,54	190,37	42,81	14,21	431,05
	B4	20,38	32,12	122,42	30,50	186,21	40,60	13,93	446,15
	C4	18,38	28,01	108,16	28,42	173,46	38,47	13,18	408,08
	D4	19,75	29,75	118,84	31,41	203,90	45,87	15,20	464,72

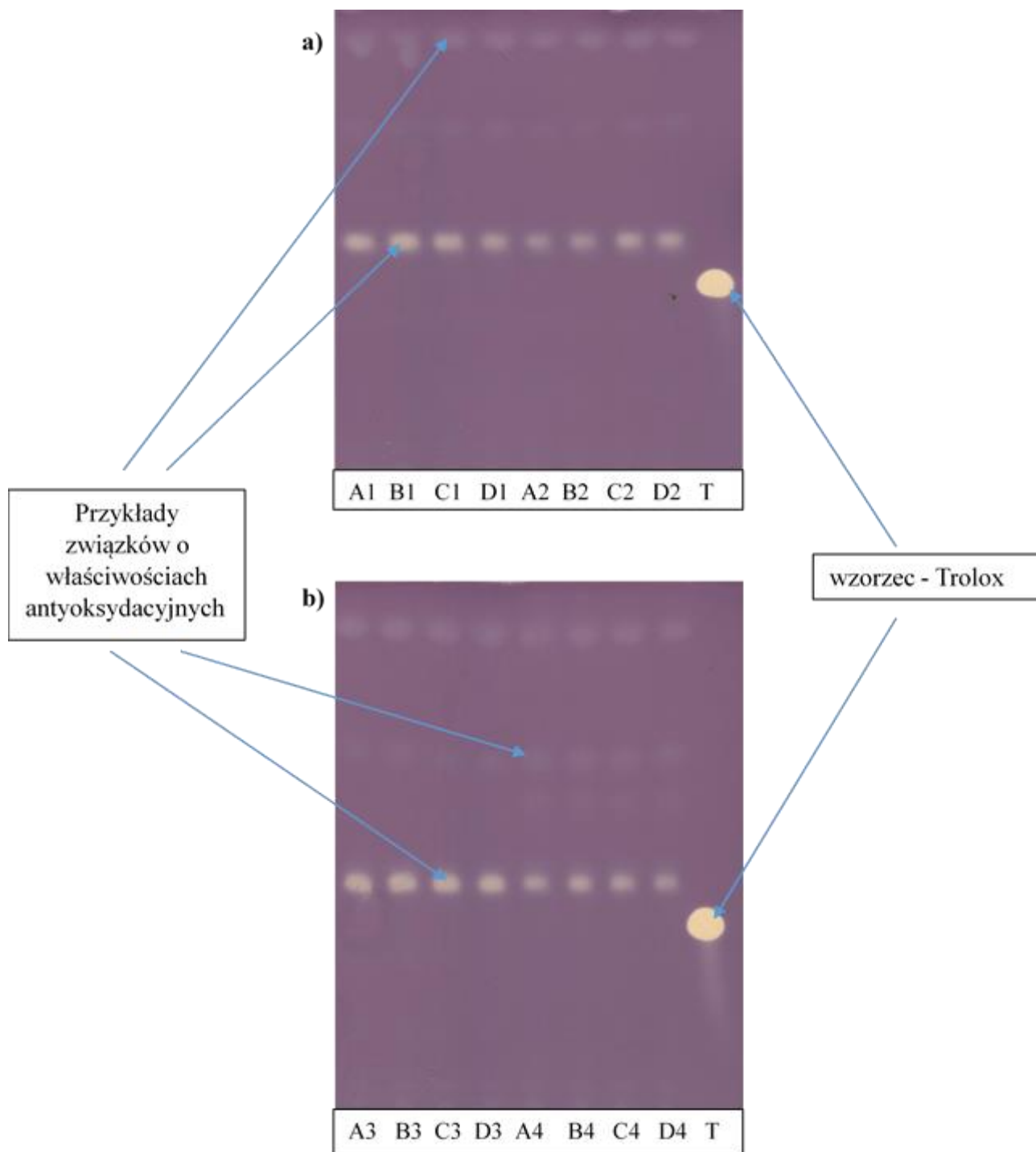
*Obiekty: A – Kontrola bez stosowania preparatów krzemowych, B – stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie), C – tylko zabiegi nalistne (2-krotnie), D – tylko stymulacja nasion preparatami krzemowymi.



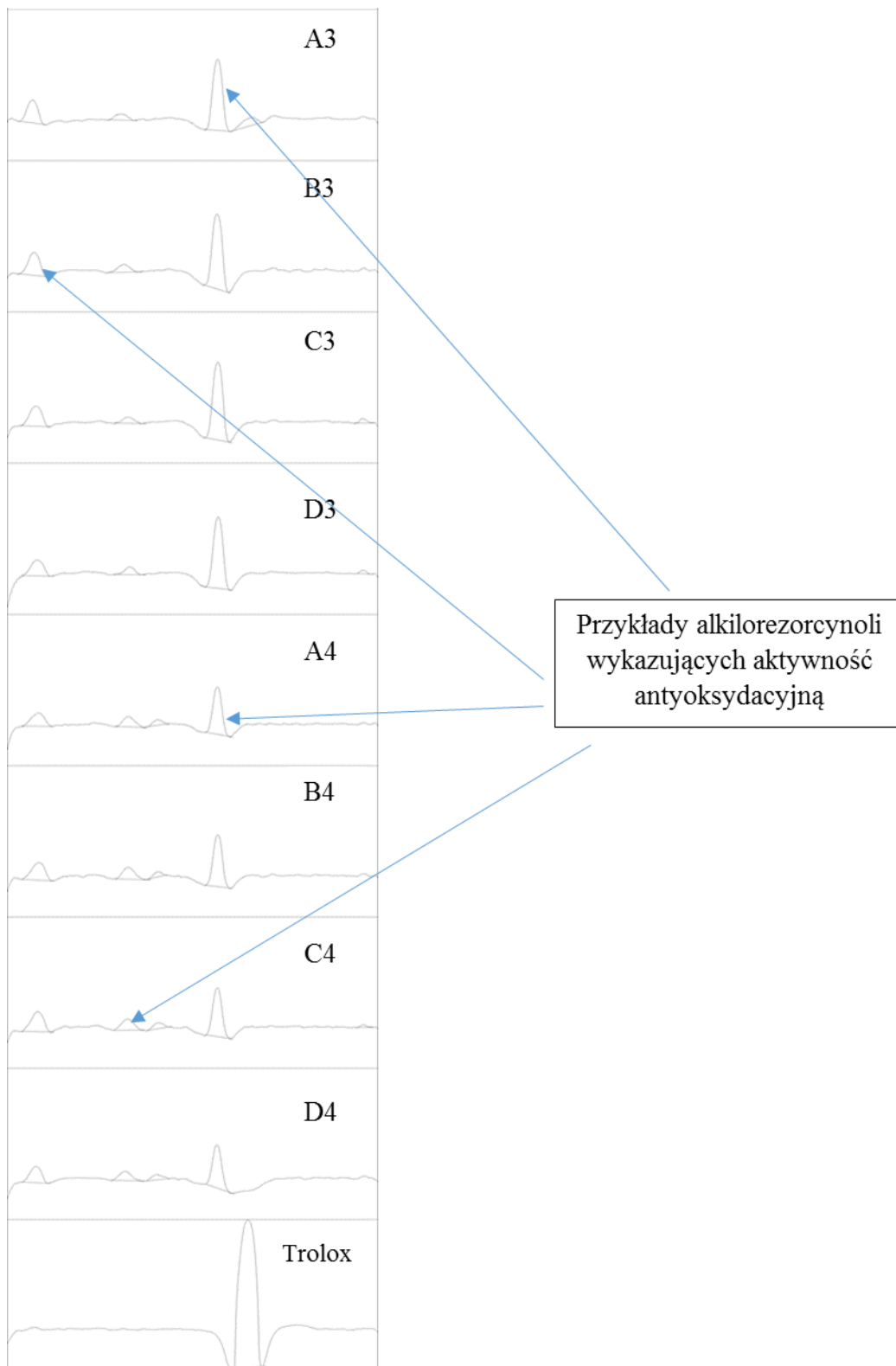
Wykres. 1. Sumaryczna zawartość alkilorezorcynoli [$\mu\text{g/g s.m.}$] w badanych próbkach ziarna pszenicy jarej

2. Wpływ preparatów krzemowych na aktywność antyoksydacyjną alkilorezorcynoli

Związki posiadające zdolność zmiatania wolnych rodników pojawiły się jako żółte pasma na purpurowym tle (Rys. 6). Dla ilościowego porównania wyników badań wykorzystana została graficzna obróbka obrazu z zastosowaniem programu komputerowego ImageJ (Rys. 7). Sumaryczną aktywność antyoksydacyjną alkilorezorcynoli poszczególnych wariantów i odmian podano w Tabeli 49 i na wykresie 2.



Rys. 6. Płytki TLC obrazujące aktywność antyoksydacyjną alkilorezorcynoli ziarna pszenicy jarej odmian: Harenda i Serenada (Rys. 6a), Rusalka i orkisz Wirtas (Rys. 6b) oraz wzorca Trolox (T).

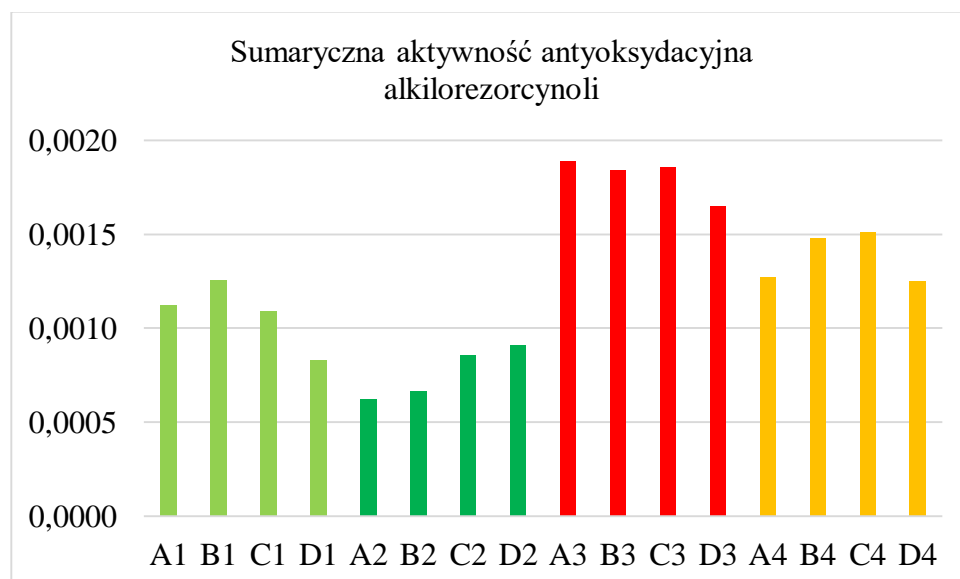


Rys. 7. Graficzna obróbka obrazu z zastosowaniem programu komputerowego ImageJ dla odmian: Rusalka i orkisz Wirtas oraz wzorca (Trolox), w celu określenia aktywności antyoksydacyjnej alkilorezorcynoli ziarna pszenicy jarej.

Tabela 49. Suma aktywności antyoksydacyjnej alkilorezorcynoli dla czterech odmian ziarna pszenicy jarej, w przeliczeniu na wzorzec Trolox (aktywność=1).

Odmiana	Wariant	Aktywność
Harenda	A*	0,00112
	B	0,00125
	C	0,00109
	D	0,00083
Serenada	A	0,00062
	B	0,00066
	C	0,00085
	D	0,00091
Rusalka	A	0,00189
	B	0,00184
	C	0,00186
	D	0,00165
Orkisz-Wirtas	A	0,00127
	B	0,00148
	C	0,00151
	D	0,00125

*Obiekty: A – Kontrola bez stosowania preparatów krzemowych, B – stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie), C – tylko zabiegi nalistne (2-krotnie), D – tylko stymulacja nasion preparatami krzemowymi.



Wykres 2. Sumaryczna aktywność antyoksydacyjna alkilorezorcynoli czterech badanych odmian pszenicy jarej

Dwukrotne zabiegi nalistne preparatem ZumSil (wariant C) oraz stymulacja nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil (wariant D) wpłynęła na wzrost aktywności alkilorezorcynoli, w porównaniu do kontroli (wariant A), w odmianie Serenada (tab. 49, Wykres 2). Wariant B i C stosowania preparatów krzemowych spowodował wzrost aktywności alkilorezorcynoli w ziarnie orkisz Wirtas.

Stymulacja nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil i zabiegi nalistne (2-krotnie) (wariant B) wpłynęły na wzrost aktywności antyoksydacyjnej alkilorezorcynoli w trzech z czterech badanych odmian, tj. Harenda, Serenada oraz orkisz Wirtas, w porównaniu do kontroli (wariant A).

Najwyższą sumaryczną aktywność antyoksydacyjną wykazywały alkilorezorcynole odmiany Rusalka, we wszystkich badanych wariantach stosowania preparatów krzemowych, w porównaniu do innych odmian.

Najniższą zawartość alkilorezorcynoli odnotowano w ziarnie odmiany Wirtas i Serenada. Aktywność alkilorezorcynoli była również najniższa w odmianie Serenada, we wszystkich badanych wariantach.

3. Wpływ preparatów krzemowych na zawartość kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy jarej

Zawartość kwasów fenolowych w ziarnie 4 odmian pszenicy jarej była największa w odmianie Wirtas, w wariantach B, gdzie zastosowano zarówno stymulację nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil oraz zabiegi nalistne (2-krotnie) (tab. 50). Dominującym kwasem fenolowym w ziarnie badanych odmian pszenicy jarej był kwas ferulowy.

Tabela 50. Zawartość poszczególnych kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy

Odmiana	Wariant	Zawartość kwasów fenolowych [µg/g s. m.]									
		PRO	PHB	VAN	CAF	SYR	PCO	FER	SIN	SAL	Suma
Harenda	A*	1,47	7,11	11,04	16,01	9,57	30,97	743,32	90,02		909,51
	B	1,57	7,46	11,41	15,90	9,57	41,58	753,32	98,77		939,58
	C	1,52	7,81	12,06	22,87	11,31	41,72	805,97	111,81		1015,07
	D	1,54	8,70	13,29	17,30	12,58	38,36	816,45	122,08		1030,30
Serenada	A	1,84	11,06	11,94	21,42	13,35	41,23	830,83	80,23		1011,90
	B	1,77	10,81	12,38	22,24	14,46	44,82	847,26	83,33		1037,07
	C	1,65	10,93	11,73	23,91	14,32	36,46	870,26	94,04		1063,30
	D	1,71	11,36	13,26	24,06	14,85	43,19	845,05	92,66		1046,14
Rusalka	A	1,61	7,79	12,79	23,83	11,31	46,07	858,41	87,02		1048,83
	B	1,59	8,60	13,42	23,45	12,43	71,82	840,42	97,85		1069,58
	C	1,51	8,06	12,97	24,02	11,33	36,80	877,07	85,29		1057,05
	D	1,59	7,24	12,48	26,81	10,83	39,04	884,86	92,85		1075,70
Orkisz Wirtas	A	5,90	12,53	19,11	28,69	18,39	807,26	1310,05	60,78	1,77	2264,48
	B	7,98	13,76	23,63	28,88	21,51	820,17	1411,14	62,43	2,16	2391,66
	C	5,93	11,20	21,16	24,64	19,67	625,93	1178,08	59,84	1,73	1948,18
	D	6,77	11,90	20,93	25,04	19,12	663,77	1273,45	60,81	1,97	2083,76

*Obiekty: A – Kontrola bez stosowania preparatów krzemowych, B – stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie), C – tylko zabiegi nalistne (2-krotnie), D – tylko stymulacja nasion preparatami krzemowymi.

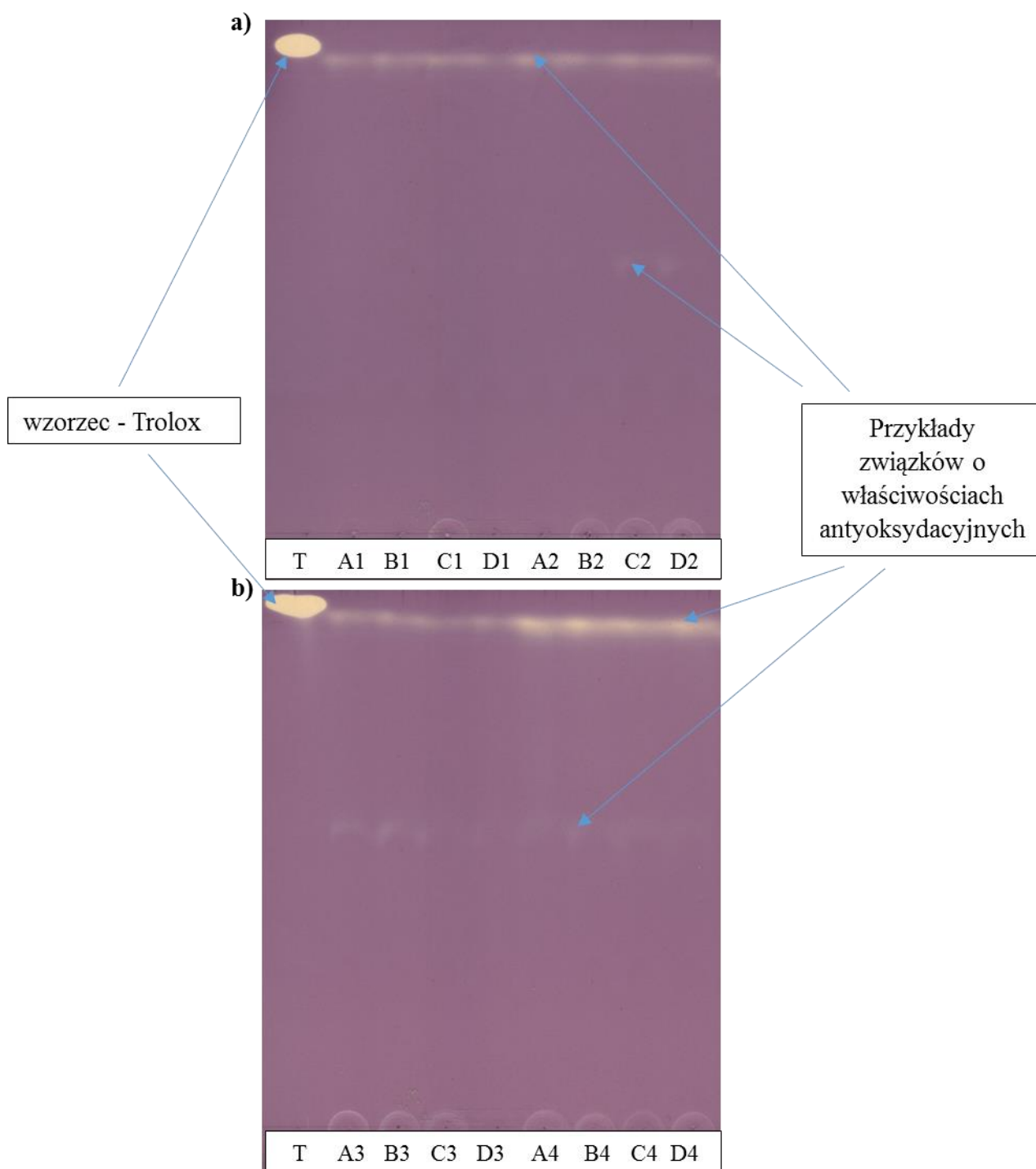
KWASY

FENOLOWE

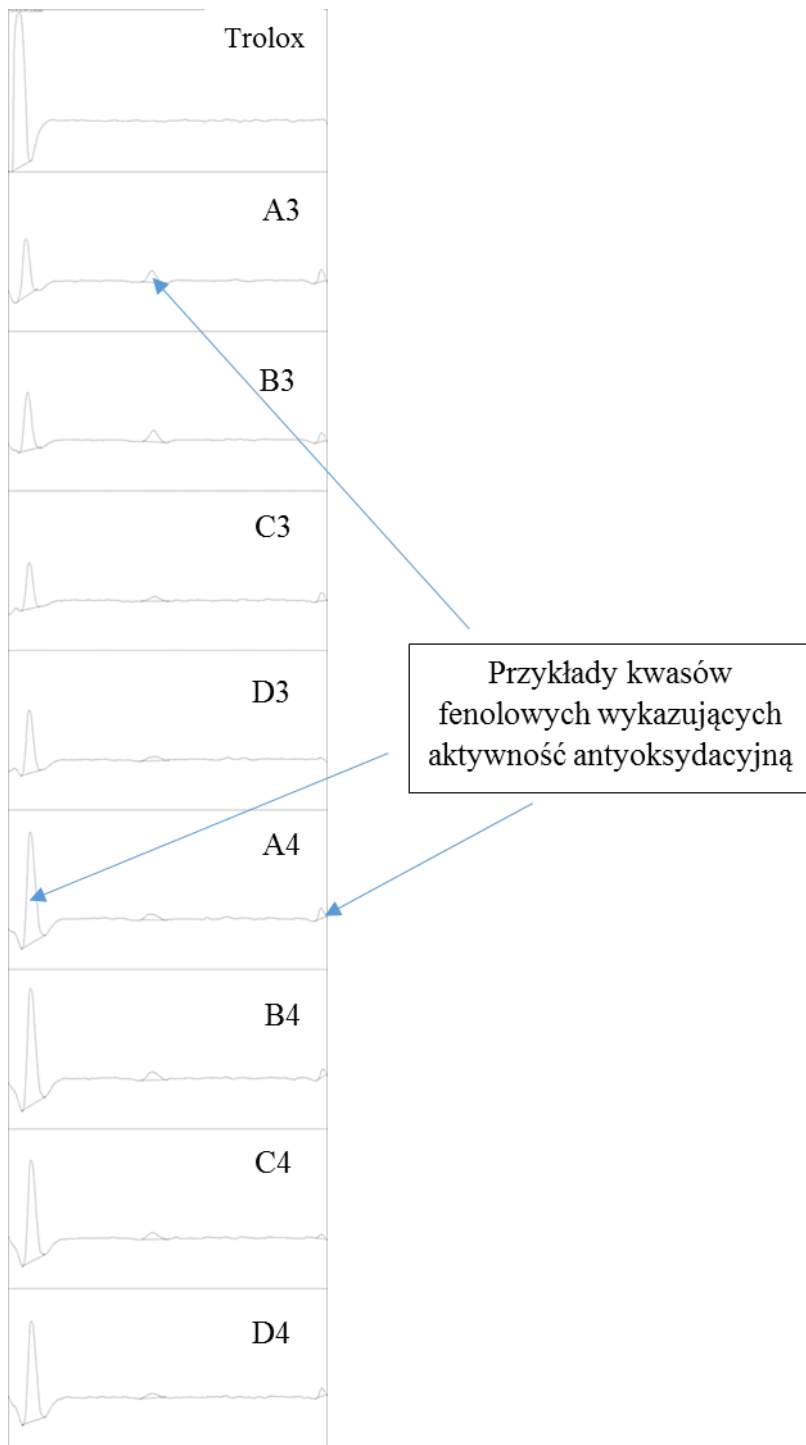
PRO	protokatechowy
PHB	para-hydroksybenzoesowy
VAN	wanilinowy
CAF	kawowy
SYR	syryngowy
PCO	para-kumarowy
FER	ferulowy
SIN	synapinowy
SAL	salicyłowy

4. Wpływ preparatów krzemowych na aktywność antyoksydacyjną kwasów fenolowych

We wszystkich badanych hydrolizatach ziarna pszenic jarych zidentyfikowano kwasy fenolowe wykazujące właściwości antyoksydacyjne. Związki posiadające zdolność zmiatania wolnych rodników pojawiły się jako żółte pasma na purpurowym tle (Rys. 8). Dla ilościowego porównania wyników badań wykorzystana została graficzna obróbka obrazu z zastosowaniem programu komputerowego ImageJ (Rys. 9).



Rys. 8. Płytki TLC obrazujące aktywność antyoksydacyjną kwasów fenolowych ziarna pszenicy jarej odmian: Harenda i Serenada (Rys. 8a), Rusałka i orkisz Wirtas (Rys. 8b) oraz wzorca Trolox (T).

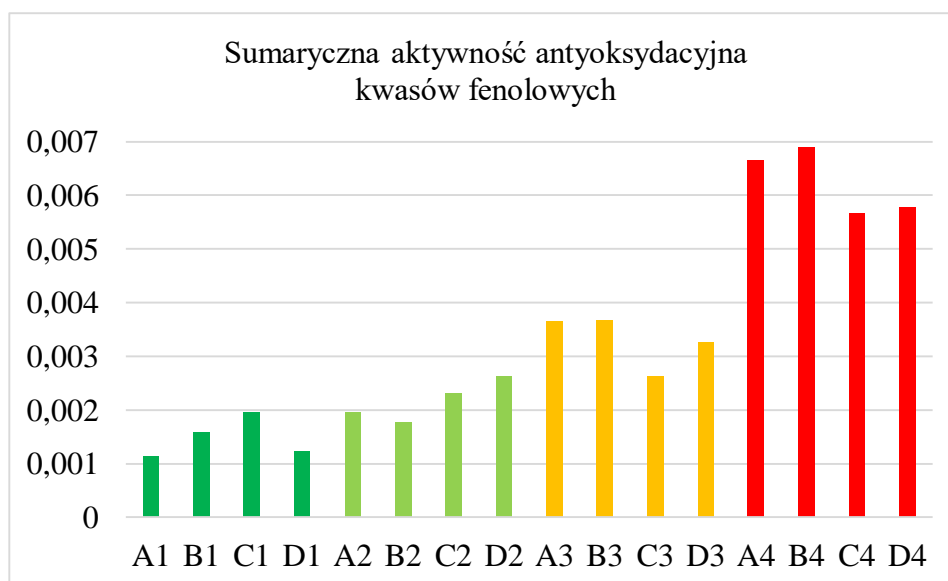


Rys. 9. Graficzna obróbka obrazu z zastosowaniem programu komputerowego ImageJ dla wzorca (Trolox) oraz odmian: Rusałka i Orkisz-Wirtas, w celu określenia aktywności antyoksydacyjnej kwasów fenolowych ziarna pszenicy jarej.

Sumaryczną aktywność antyoksydacyjną kwasów fenolowych poszczególnych wariantów i odmian podano w Tabeli 51 i na wykresie 4.

Tabela 51. Suma aktywności antyoksydacyjnej kwasów fenolowych dla czterech odmian ziarna pszenicy jarej, w przeliczeniu na wzorzec Trolox (aktywność=1).

Odmiana	Wariant	Aktywność
Harenda	A1	0,00113
	B1	0,00159
	C1	0,00196
	D1	0,00123
Serenada	A2	0,00195
	B2	0,00178
	C2	0,00232
	D2	0,00263
Rusałka	A3	0,00365
	B3	0,00368
	C3	0,00263
	D3	0,00327
Orkisz-Wirtas	A4	0,00666
	B4	0,00690
	C4	0,00568
	D4	0,00577



Wykres 4. Sumaryczna aktywność antyoksydacyjna kwasów fenolowych czterech badanych odmian pszenicy jarej.

Stwierdzono duże zróżnicowanie aktywności antyoksydacyjnej kwasów fenolowych występujących w ziarnie pszenicy jarej między poszczególnymi odmianami. Zdecydowanie najwyższą sumaryczną aktywnością charakteryzowały się kwasy fenolowe obecne w hydrolizatach pszenicy orkisz odmiany Wirtas, we wszystkich badanych wariantach stosowania preparatów krzemowych.

Stymulacja nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil i 2 zabiegi nalistne (wariant B) wpłynęły na wzrost aktywności antyoksydacyjnej kwasów fenolowych w trzech z czterech badanych odmian, tj. Harenda, Rusalka oraz Wirtas, w porównaniu do kontroli (wariant A).

LITERATURA

1. Brogowski Z., 2000. Krzem w glebie i jego rola w żywieniu roślin. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 6, 9-16.
2. Edwardson J.A., Moore P.B., Ferrier I.N., Lilley J. S., Newton G.W., Barker J., Templar J., Day J. P. 1993. Effect of silicon on gastrointestinal absorption of aluminium. The Lancet, 342, 211-212.
3. Sacala E., Demczuk A., Grzys E., Zyla M., 2009. Effect of silicon on the growth and some biochemical parameters of maize cultivated under osmotic stress conditions. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 541(2).
4. Sacala E., Durbajło W., 2012. Oddziaływanie krzemianu sodu na kukurydzę rosnącą w warunkach stresowych. Przemysł Chemiczny, 91(5), 949-951.
5. Tuna A.L., Kaya C., Higgs D., Murillo-Amador B., Aydemir S., Girgin A.R. 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. Environmental and Experimental Botany, 62, 10-16.

5. Opracowanie raportu końcowego oraz syntezy wyników badań nt. jakości ziarna pszenicy jarej z uprawy ekologicznej

Synteza wyników badań prowadzonych w IUNG-PIB w latach 2017-2019 nad jakością ziarna pszenicy jarej z uprawy ekologicznej

Wyniki oceny cech ziarna pszenicy, mąki i pieczywa

Masa 1000 ziaren oraz celność to cechy wskazujące na wielkość i dorodność ziarna zbóż. Masa 1000 ziaren badanych odmian pszenicy zwyczajnej wynosiła średnio z lat 2017-2019 od 31,7 g (odmiana Mandaryna) do 38,6 g (odmiana Serenada) (tab. 1). Odmianami o małej masie 1000 ziaren były Mandaryna, Kamelia i Zadra, a największą dorodnością ziarna oprócz Serenady cechowały się odmiany Struna, Rusalka, Nimfa i Kandela. Ziarno orkiszu (odmiana Wirtas) miało średnią masę 1000 ziaren 32,2 g. Dużo niższą masą 1000 ziaren cechowały się „dawne” odmiany oplewione: samopsza (25,8 g) oraz płaskurka ciemna i biała

(odpowiednio: 24,2 i 26,8 g). Istotnie mniejsza ilość opadów w 2019 r. wpłynęła negatywnie na dorodność ziarna (mała masa tysiąca ziaren).

Tab. 1. Masa 1000 ziaren [g] pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym

Gatunek/ odmiana	2017	2018	2019	średnia
Pszenica zwyczajna				
Goplana	35,5	37,6	33,0	35,4
Harenda	34,5	39,1	34,9	36,2
Kamelia	35,4	34,1	26,8	32,1
Kandela	36,0	40,3	34,0	36,8
Mandaryna	30,5	32,8	31,7	31,7
Nimfa	38,5	38,1	34,1	36,9
Rusałka	40,7	37,0	33,2	37,0
Serenada	40,7	38,8	36,2	38,6
Struna	37,5	38,3	35,7	37,2
Zadra	32,5	36,8	32,2	33,8
Średnia	36,2	37,3	33,2	35,6
Pszenica orkisz				
Wirtas	35,7	31,1	29,7	32,2
Pszenica płaskurka				
Biała	29,7	26,0	24,8	26,8
Ciemna	24,5	21,1	27,1	24,2
Pszenica samopsza				
Samopsza	28,4	25,0	24,0	25,8

Celność wszystkich badanych próbek ziarna pszenicy zwyczajnej w latach 2017-2018 pokrywała się z wyrównaniem, co świadczy o jego dorodności. Wartości tych wskaźników mieściły się w zakresie od 69,6 do 91,9% (tab. 2). Najbardziej dorodne było ziarno pszenicy odmian: Rusałka, Struna, Serenada i Kandela. W 2019 r. ze względu na suszę wartości tych wskaźników uległy pogorszeniu. Celność i wyrównanie ziarna orkiszu średnio z 3 lat badań wynosiło odpowiednio: 30,0 i 73,3%. Najmniej dorodne było ziarno samopszy (celność 5,2%) oraz płaskurki ciemnej i białej (celność odpowiednio: 15,9 i 19,1%). Według Kiryłuka i Gąsiorowskiego [1999] wyrównanie ziarna pszenicy przeznaczanego do przemiału na mąki gatunkowe (niskiego typu) powinno wynosić co najmniej 85%. Spośród badanych próbek pszenicy wymaganie to spełniało ziarno orkiszu (odmiana Wirtas) w 2017 r. oraz pszenicy zwyczajnej odmian: Rusałka i Serenada w 2017 r. oraz Kandela, Rusałka, Struna w 2018 r.

Tab. 2. Celność/wyrównanie ziarna [%] odmian pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym

Gatunek/ odmiana	2017	2018	2019
Pszenica zwyczajna			
Goplana	71,2	73,5	64,1/67,2
Harenda	74,5	84,8	76,1
Kamelia	72,3	66,2	29,9/64,2
Kandela	80,8	87,0	70,5
Mandaryna	75,7	80,2	74,7
Nimfa	78,8	77,3	65,2/66,5
Rusalka	91,9	86,4	78,4
Serenada	86,1	80,3	63,8
Struna	83,1	86,7	88,2
Zadra	69,6	83,4	57,6/72,7
Średnia	78,4	80,5	66,9/72,2
Pszenica orkisz			
Wirtas	49,7 / 86,7	16,6 / 69,3	23,8/64,1
Pszenica płaskurka			
Biała	33,7 / 73,7	8,9 / 51,5	14,7 / 38,8
Ciemna	27,1 / 66,6	2,3/ 24,8	18,2/ 49,2
Pszenica samopsza			
Samopsza	9,4 / 61,0	3,4 / 19,0	2,9 / 28,5

Zawartość białka ogółem w mąkach otrzymanych z przemiału ziarna badanych odmian pszenicy zwyczajnej była na ogół niska, mieściła się w zakresie od 8,8 do 12,2% (tab. 3). Średnio z lat 2017-2019 najwięcej białka zawierało mąka z ziarna odmian Serenada i Kamelia (odpowiednio 10,8 i 10,7%), a najmniej Mandaryna (9,8%). Dużo więcej białka zawierały mąki z samopszy (15,6%), płaskurki ciemnej i białej (odpowiednio: 19,2 i 17,4%) oraz orkiszu (13,6%). Minimalne wymagania skupowe (11,5% zawartości białka) spełniały mąki z pszenicy orkisz, samopszy, płaskurki oraz w niektórych latach Kamelii, Serenady i Zadry.

Tab. 3. Białko ogółem [% s.m.] w ziarnie odmian pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym

Gatunek odmiana	2017	2018	2019	średnia
Pszenica zwyczajna				
Goplana	9,2	11,3	9,9	10,1
Harenda	8,8	10,0	11,1	10,0
Kamelia	10,0	9,6	12,5	10,7
Kandela	9,6	10,3	10,7	10,2
Mandaryna	9,1	8,9	11,3	9,8
Nimfa	10,1	9,5	10,7	10,1
Rusałka	10,0	9,8	10,8	10,2
Serenada	8,9	10,7	12,8	10,8
Struna	9,7	10,5	10,8	10,3
Zadra	9,3	9,9	12,2	10,5
Średnia	9,5	10,1	11,3	10,3
Pszenica orkisz				
Wirtas	12,3	12,8	15,6	13,6
Pszenica płaskurka				
Biała	13,8	20,6	17,9	17,4
Ciemna	14,9	22,8	19,9	19,2
Pszenica samopsza				
Samopsza	14,8	13,7	18,4	15,6

Wydajność glutenu mokrego wyizolowanego z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej wynosiła średnio 22,7% (zakres: 19,7-25,4%) (tab. 4). Dużo więcej glutenu wymyto z mąk z płaskurki białej i ciemnej (odpowiednio: 44,3 i 43,0%) oraz mąki orkiszowej (36,1%). Z mąki z samopszy, pomimo dużej zawartości białka ogółem, gluten się nie wymywał, co mogło wynikać z dużej ilości białek rozpuszczalnych (albumin i globulin) a małej ilości białek glutenowych. Według normy PN-91/A-74022:1992 ilość glutenu w mąkach pszennych gatunkowych (jasnych) nie powinna być niższa niż 25%. Wymagania tego nie spełniała żadna mąka z pszenicy zwyczajnej w 2017 i 2018 r., a w 2019 r. spełniała je mąka z ziarna odmiany Kamelia, Mandaryna, Nimfa, Rusałka, Serenada i Zadra.

Tab. 4. Zawartość glutenu mokrego [%] w ziarnie odmian pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym

Gatunek odmiana	2017	2018	2019	średnia
Pszenica zwyczajna				
Goplana	20,6	20,9	22,6	21,4
Harenda	16,6	18,3	24,3	19,7
Kamelia	23,9	21,9	30,5	25,4
Kandela	20,9	16,3	23,9	20,4
Mandaryna	19,0	19,6	25,4	21,3
Nimfa	23,4	21,2	26,8	23,8
Rusałka	24,4	23,9	25,2	24,5
Serenada	18,8	22,7	29,2	23,6
Struna	22,7	19,3	22,7	21,6
Zadra	23,0	22,9	30,0	25,3
Średnia	21,3	20,7	26,1	22,7
Pszenica orkisz				
Wirtas	33,5	34,2	40,5	36,1
Pszenica płaskurka				
Biała	40,0	37,0	55,9	44,3
Ciemna	39,6	41,6	47,9	43,0
Pszenica samopsza				
Samopsza	nie wymyto			

Na wartość technologiczną mąki pszennej, oprócz ilości, wpływa również jakość glutenu. Do celów wypiekowych najlepsze są mąki o wartości indeksu glutenu (IG) mieszczącego się w zakresie 60-90 jednostek. Wartości tego wskaźnika powyżej 90 jednostek wskazują na gluten bardzo mocny, natomiast poniżej 60 jednostek na gluten słabej jakości [Rothkaehl 2009]. Mała wydajność glutenu wyizolowanego z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej miała zapewne wpływ na wysokie wartości IG (od 73 do 99 jednostek). Na podstawie wartości IG gluten wymyty z większości próbek mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej (za wyjątkiem odmian: Zadra i Kamelia) zakwalifikowano jako mocny (tab. 5). Wartość tego wskaźnika dla glutenu wymytego z mąki z ziarna orkiszu (odmiana Wirtas) wynosiła średnio 66, dla glutenu z płaskurki białej 48, a dla glutenu z płaskurki ciemnej 32.

Tab. 5. Indeks glutenu [-] dla ziarna odmian pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym

Gatunek odmiana	2017	2018	2019	średnio
Pszenica zwyczajna				
Goplana	93	95	99	96
Harenda	99	100	98	99
Kamelia	77	90	90	86
Kandela	97	97	98	97
Mandaryna	98	98	99	98
Nimfa	96	92	97	95
Rusalka	98	99	98	98
Serenada	99	99	99	99
Struna	91	99	99	96
Zadra	73	78	78	76
Średnia	92	95	96	94
Pszenica orkisz				
Wirtas	73	54	70	66
Pszenica płaskurka				
Biała	47	48	48	48
Ciemna	34	42	19	32
Pszenica samopsza				
Samopsza	nie wymyto			

Wartości liczby opadania, wskaźnika aktywności enzymów amylolitycznych, mieściły się w zakresie średnio od 207 do 387 s (tab. 6). Optymalna aktywność enzymów amylolitycznych w mące przeznaczonej do wypieku pieczywa powinna być na średnim poziomie (liczba opadania w zakresie 220-280 s) (Rothkaehl 2009). W przypadku zbyt niskiej aktywności amylolitycznej wskazane jest jej podwyższenie poprzez dodatek do mąki preparatów zawierających enzymy amylolityczne. Dla mąki z pszenicy zwyczajnej przeznaczonej do produkcji makaronów wartości liczby opadania nie powinny być niższe niż 220 s. Wszystkie badane mąki spełniały to wymaganie w latach 2017-2018. Tylko w 2019 r., ze względu na specyficzny przebieg pogody, stwierdzono niższe wartości liczby opadania dla ziarna większości odmian pszenicy zwyczajnej, z wyjątkiem odmiany Kamelia, Nimfa i Serenada. Opady, które wystąpiły w Osinach na przełomie lipca i sierpnia spowodowały porastanie ziarna pszenicy jarej, o czym świadczy mała liczba opadania dla większości odmian (duża aktywność enzymów amylolitycznych).

Tab. 6. Liczba opadania [s] dla ziarna odmian pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym

Gatunek odmiana	2017	2018	2019	średnia
Pszenica zwyczajna				
Goplana	346	348	232	309
Harenda	304	281	159	248
Kamelia	384	393	286	354
Kandela	290	255	186	244
Mandaryna	307	300	128	245
Nimfa	337	341	225	301
Rusałka	303	227	117	216
Serenada	371	363	237	324
Struna	276	225	120	207
Zadra	268	298	178	248
Średnia	319	303	187	270
Pszenica orkisz				
Wirtas	376	370	261	336
Pszenica płaskurka				
Biała	369	384	346	366
Ciemna	386	436	339	387
Pszenica samopsza				
Samopsza	349	331	375	352

Pieczywo z próbnego wypieku laboratoryjnego wszystkich odmian cechowało się prawidłowym smakiem i zapachem, typowym dla pieczywa pszennego (fot. 1). Kształt bochenków był prawidłowy, typowy dla pieczywa wypiekanego w foremkach. Skórka chleba miała właściwą grubość, barwę od jasno do ciemno brązowej.

Suma punktów przyznanych podczas oceny organoleptycznej pieczywa wynosiła średnio od 23,6 (odmiana Zadra) do 28,5 (Harenda) (tab. 7). **W latach 2017-2018 najwyżej zostało ocenione pieczywo z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Harenda, Serenada i Mandaryna oraz orkiszu Wirtas, a najniżej z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Zadra, Goplana, Kamelia, Kandela oraz z samopszy.** W 2019 r. na podstawie ogólnej liczby punktów przyznanych podczas oceny organoleptycznej żadnej z prób pieczywa nie zakwalifikowano do I poziomu jakości (28-32 pkt.). Do II poziomu jakości (27-23 pkt.) zakwalifikowano pieczywo z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Harenda, Kamelia, Mandaryna, Rusalka i Serenada oraz z mąki orkiszowej (odmiana Kuiavia). Pieczywo z mąki z ziarna płaskurki ciemnej oraz z samopszy głównie ze względu na zbyt małe wyrośnięcie bochenka oraz nieodpowiednią porowatość mięksiszu zostało zdyskwalifikowane. Pieczywo z mąki z ziarna pozostałych odmian pszenicy zostało zakwalifikowane do III poziomu jakości.

Tab. 7. Wyniki wypieku laboratoryjnego pieczywa. Ocena punktowa [pkt.]

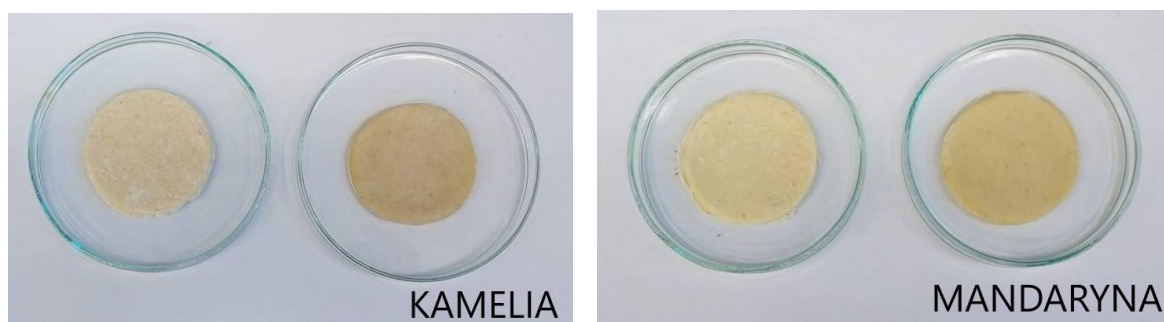
Gatunek odmiana	2017	2018	2019	średnia
Pszenica zwyczajna				
Goplana	25,4	24	22,0	23,8
Harenda	31,2	28	26,3	28,5
Kamelia	28,6	20	23,7	24,1
Kandela	27,6	27	19,7	24,8
Mandaryna	28,8	27	27,3	27,7
Nimfa	31,0	25	21,3	25,8
Rusalka	31,6	26	23,0	26,9
Serenada	31,8	27	25,7	28,2
Struna	31,0	24	22,7	25,9
Zadra	27,4	23	20,3	23,6
Średnia	29,4	25	23,2	25,9
Pszenica orkisz				
Wirtas	30,0	28	18,3	25,4
Pszenica płaskurka				
Biała	28,4	25	18,7	24,0
Ciemna	29,4	26	-80,0	-
Pszenica samopsza				
Samopsza	27,4	19	-16,3	-



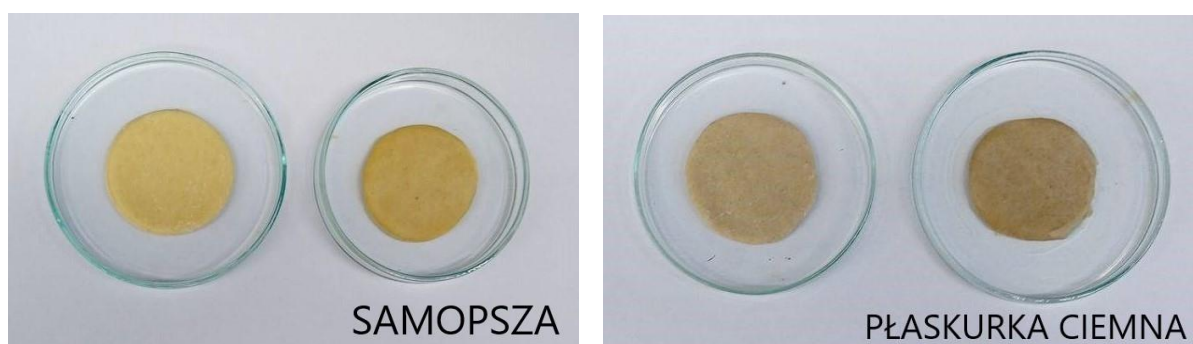
Fot. 1. Porównanie barwy miększu pieczywa: nr 13 odmiana Goplana, nr 14 Harenda, nr 15 Kamelia, nr 16 Kandela, nr 17 Mandaryna, nr 18 Nimfa, nr 19 Rusalka, nr 20 Samopsza, nr 21 Serenada, nr 22 Struna, nr 23 Wirtas, nr 24 Zadra, nr 25 Płaskurka ciemna, nr 26 Płaskurka biała (zdjęcia z badań z 2018 r.)

Wyniki oceny przydatności mąki do produkcji makaronów

Wizualna ocena ciasta makaronowego otrzymanego z badanych próbek mąki potwierdziła stwierdzone instrumentalnie zmiany barwy ciasta makaronowego w trakcie termostatowania. Żadnej z badanych próbek ciasta nie zakwalifikowano do grupy o niskiej podatności na ciemnienie (I stopień) (tab. 8). Wysoką podatnością na ciemnienie (III stopień) cechowały się ciasta z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Harenda, Kamelia (fot. 2), Nimfa, Rusałka i Serenada oraz z płaskurki białej, płaskurki ciemnej i samopszy. Średnią podatnością na ciemnienie (II stopień) cechowały się ciasta z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Kandela, Mandaryna (fot. 2), Struna i Zadra oraz z orkisz (odmiana Wirtas). Bardzo ładną żółtą barwą odznaczało się ciasto z mąki z samopszy (fot. 4), natomiast najbardziej ciemną barwę, zarówno przed jak i po termostatowaniu, miało ciasto z płaskurki ciemnej (fot. 3).



Fot. 2. Porównanie barwy ciasta makaronowego przed i po termostatowaniu: odmiana Kamelia (III stopień), odmiana Mandaryna (II stopień) (2017 r.)



Fot. 3. Porównanie barwy ciasta makaronowego przed i po termostatowaniu: samopsza (II stopień), płaskurka ciemna (III stopień) (2017 r.)

Tab. 8. Podatność na ciemnienie [st.]

Gatunek odmiana	Lata		
	2017	2018	2019
Goplana	III	II	II
Harenda	III	III	II
Kamelia	III	II	III
Kandela	II	II	II
Mandaryna	II	III	II
Nimfa	III	III	III
Rusałka	III	III	III
Serenada	III	III	III
Struna	II	II	II
Zadra	II	II	II
Pszenica orkisz			
Wirtas	II	III	II
Pszenica płaskurka			
Biała	III	III	III
Ciemna	III	III	III
Pszenica samopsza			
Samopsza	II	III	III

Najwyższą sumę punktów przyznano makaronom z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Kandela (fot. 4) i Serenada (tab. 9).

Tab. 9. Wyniki oceny jakości makaronów. Ocena organoleptyczna [pkt] po ugotowaniu

Gatunek odmiana	2017	2018	2019	średnia
Pszenica zwyczajna				
Goplana	3,4	4,1	3,8	3,8
Harenda	3,4	3,8	4,0	3,7
Kamelia	3,4	4,0	4,0	3,8
Kandela	3,8	4,7	4,1	4,2
Mandaryna	3,6	4,5	3,8	4,0
Nimfa	3,2	4,1	3,9	3,7
Rusałka	3,2	4,3	3,9	3,8
Serenada	3,7	4,5	4,4	4,2
Struna	3,6	4,1	4,2	4,0
Zadra	3,2	4,3	4,3	3,9
Średnia	3,5	4,2	4,0	3,9
Pszenica orkisz				
Wirtas	3,2	4,4	4,0	3,9
Pszenica płaskurka				
Biała	2,7	3,5	3,8	3,3
Ciemna	2,6	3,5	3,9	3,3
Pszenica samopsza				
Samopsza	3,3	3,7	5,2	4,1

Pod względem smaku najwyższej zostały ocenione makarony z mąki z ziarna pszenicy odmian Mandaryna i Kamelia, a najniższej makaron z płaskurki białej. Według oceniających najbardziej pożądaną barwą cechował się makaron z samopszy, a najmniej pożądaną makaron z płaskurki ciemnej (fot. 4). W ocenie końcowej najniższą liczbę punktów przyznano makaronom z obu płaskurek (fot. 4). Zastrzeżenia oceniających dotyczyły przede wszystkim kleistej konsystencji i zniekształcenia formy (widoczne zlepy), a w przypadku makaronu z płaskurki ciemnej także zapachu.



Fot. 4. Wygląd makaronów po ugotowaniu w 2017 r.: pszenica zwyczajna odmiana Kandela, płaskurka ciemna, samopsza, orkisz (odmiana Wirtas)

WNIOSKI:

1. Na podstawie wyników trzyletnich badań (lata zbioru 2017-2019) dotyczących przydatności ziarna pszenicy jako surowca do przetwórstwa stwierdzono, że wymagania przemysłu piekarskiego w największym stopniu spełniały mąki otrzymane z przemiału ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: **Harenda, Mandaryna, Rusalka i Serenada.**
2. Jako najbardziej przydatne do produkcji mąk na cele makaronowe wytypowano ziarno pszenicy zwyczajnej odmian: **Kandela i Struna** oraz obu odmian orkisz (Wirtas i Kuiavia).

6. PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ I ZALECENIA DLA PRAKTYKI

Zad. 1. Ocena podatności odmian pszenicy jarej na porażenie przez grzyby z rodzaju *Fusarium*

1. W 2019 roku objawy fuzariozy kłosów pszenicy jarej wystąpiły w niewielkim nasileniu (procent kłosów z objawami fuzariozy wynosił od 0,0–1,5%). Przyczyną były niesprzyjające warunki pogodowe dla rozwoju tych patogenów (susza).
2. Analiza mykologiczna ziarna wykazała duże zróżnicowanie w zasiedleniu przez *Fusarium* spp. ziarna badanych odmian pszenicy jarej. Jednoroczne wyniki wskazują, że do uprawy ekologicznej najbardziej przydatnymi z badanych odmian pod kątem zmniejszenia zagrożenia infekcją przez *Fusarium* spp. były:
 - a. w okolicach Osin – ‘Struna’ i ‘Samopsza’,
 - b. w okolicach Chomentowa – ‘Struna’, i ‘Zadra’,
 - c. w okolicach Grabowa – ‘Struna’, i ‘Goplana’.

Zad. 2. Ocena odmian pszenicy jarej z uprawy ekologicznej pod kątem wymagań przemysłu młynarsko-piekarskiego i makaronowego

1. Ziarno wszystkich badanych próbek ziarna pszenicy spełniało wymagania zawarte w normie PN-R-74103 odnośnie maksymalnej zawartości zanieczyszczeń i wilgotności.
2. Największe wyciągi mąki uzyskano z przemiału ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Goplana, Harenda, Mandaryna i Struna, a najniższe z samopszy. Najlepszymi właściwościami przemiałowymi cechowało się ziarno pszenicy zwyczajnej odmian: Mandaryna, Harenda, Kandela i Nimfa.
3. Zawartość białka ogółem w badanych mąkach wynosiła od 9,9 do 19,9%, a ilość glutenu mokrego od 22,6 do 55,9%. Najwięcej substancji białkowych zawierały mąki z ziarna płaskurki białej i ciemnej oraz obu odmian orkisz (Kuiavia i Wirtas). Aktywność enzymów amylolytycznych w badanych próbkach mąki była zróżnicowana. Mąki z ziarna obu płaskurek oraz samopszy cechowały się niską aktywnością enzymów amylolytycznych, w mąkach orkiszowych aktywność tych enzymów była na średnim poziomie, natomiast w mąkach uzyskanych z przemiału ziarna pszenicy zwyczajnej na średnim lub wysokim poziomie.

4. Pieczywo z próbnego wypieku laboratoryjnego cechowało się właściwym smakiem i zapachem oraz na ogół prawidłowym kształtem i barwą skórki. Mięksisz chlebów cechował się na ogół dobrą elastycznością, ale nierównomierną porowatością. Na podstawie ogólnej liczby punktów przyznanych podczas oceny organoleptycznej żadnej z prób pieczywa nie zakwalifikowano do I poziomu jakości (28-32 pkt.). **Do II poziomu jakości (27-23 pkt.) zakwalifikowano pieczywo z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Harenda, Kamelia, Mandaryna, Rusalka i Serenada oraz z mąki orkiszowej (odmiana Kuiavia).** Pieczywo z mąki z ziarna pozostałych odmian pszenicy zostało zakwalifikowane do III poziomu jakości.
5. W 2019 r. żadnej z badanych próbek ciasta nie zakwalifikowano do grupy o niskiej podatności na ciemnienie. Większość próbek ciasta cechowała się wysoką podatnością na ciemnienie (III stopień). Średnią podatnością na ciemnienie (II stopień) cechowały się ciasta z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Goplana, Harenda, Kandela, Mandaryna, Struna i Zadra oraz orkiszu odmiany Wirtas.
6. Makarony otrzymane w warunkach laboratoryjnych z ziarna z 2019 r. były zróżnicowane pod względem jakości. Biorąc pod uwagę cechy organoleptyczne najwyżej oceniono makarony otrzymane z mąki z ziarna pszenicy odmian: Serenada, Zadra, Struna, Kandela, Harenda i Kamelia oraz obu odmian orkiszu, które po ugotowaniu zachowywały właściwy kształt, miały odpowiednią konsystencję, smak i zapach, a także najbardziej akceptowalną barwę. **Na podstawie wyników oceny podatności ciasta na ciemnienie oraz oceny organoleptycznej makaronów po ugotowaniu jako potencjalny surowiec do produkcji makaronów wytypowano mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Harenda, Kandela, Struna i Zadra.**

Zad. 3. Ocena zawartości substancji bioaktywnych (kwasy fenolowe, flawonoidy, karotenoidy, aktywność przeciwutleniająca) w ziarnie pszenicy jarej oraz produktach zbożowych (mąka, chleb, makaron)

1. Zawartość kwasów fenolowych i flawonoidów

- Wśród badanych odmian pszenicy jarej z systemu ekologicznego, płaskurka biała i ciemna oraz Harenda cechowały się najwyższą zawartością kwasów fenolowych, głównie fenylokarboksylowych.
- Samopsza i Rusalka cechowały się najwyższą zawartością flawonoidów.

- Płaskurka ciemna zawierała istotnie więcej flawonoidów niż płaskurka biała, nawet 20 razy więcej, w przypadku kwercytiny.
- Pod wpływem wypieku poziom polifenoli nie zmienił się istotnie w porównaniu z ich zawartością w mące. Dodatkowo, w niektórych przypadkach stwierdzono, że stężenie tych związków nieznacznie wzrosło.
- W makaronie stwierdzono ok. 2-krotny spadek stężenia kwasów fenolowych i flawonoidów w porównaniu z ich zawartością w mące.

2. Zawartość karotenoidów

- Samopsza i płaskurki cechowały się istotnie wyższą zawartością karotenoidów, nawet 8-krotnie wyższą niż pozostałe odmiany pszenicy jarej.
- W wyniku przemiału stężenie karotenoidów zmniejszyło się o połowę w przypadku większości odmian. Mąka z samopszy i płaskurek cechowała się wysoką zawartością karotenoidów, ponadto stężenie karotenoidów w mące nie było istotnie niższe niż w ziarnie.
- Proces wypieku chleba obniżył nieznacznie stężenie karotenoidów u wszystkich analizowanych odmian. Podobną tendencję zaobserwowano w przypadku wyrobu makaronu.

3. Aktywność przeciwutleniająca oraz zawartość sumy związków fenolowych

- Procesy technologiczne wpływają na obniżenie zarówno aktywności przeciwutleniającej, jak i zawartości polifenoli ogółem.
- Zawartość związków polifenolowych w mące i pieczywie z samopszy oraz płaskurek można ocenić jako wysoką, podobnie jak aktywność antyoksydacyjną. Odmiany pszenicy jarej zwyczajnej cechowały się niższym poziomem tych związków.
- Proces wyrobu makaronów obniżył poziom polifenoli ogółem, jak również aktywności przeciwutleniającej w porównaniu z tymi wartościami wyznaczonymi dla mąki.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotny wpływ procesów technologicznych na poziom związków bioaktywnych, jednocześnie zaobserwowano istotny wpływ odmiany.

Samopsza i dwie odmiany płaskurki w sposób istotnie różny od pozostałych odmian pszenicy jarej zachowywały wysoki poziom związków bioaktywnych w surowcu i produktach przerobu ich ziarna.

Zad. 4. Ocena wpływu preparatów z krzemem organicznym na zdrowotność pszenicy jarej, plon i cechy jakościowe ziarna

Jednoroczne wyniki badań wskazują na pewne tendencje, natomiast nie dają podstaw do uogólniania i formułowania stwierdzeń na temat wpływu zastosowanych preparatów z krzemem na wzrost i plonowanie roślin w systemie ekologicznym. Uzyskane wyniki badań będą jeszcze analizowane statystycznie.

- Wszystkie z zastosowanych zabiegów z użyciem preparatów z krzemem organicznym dały pozytywny efekt w postaci przyrostu plonu. **Najwyższe plony uzyskano na obiekcie, gdzie stosowano stymulację nasion preparatami AdeSil+ZumSil i 2 zabiegi dolistne ZumSil), średnio 4,13 t/ha, o 9% większe niż w obiekcie kontrolnym.** Najmniej efektywne pod kątem zwiększania plonu okazała się stymulacja nasion AdeSil+ZumSil.
- Stwierdzono działanie ochronne zastosowanych preparatów krzemowych przeciwko porażeniu przez patogena rdzy brunatnej (*Puccinia recondita*), o czym świadczą mniejsze objawy tej choroby na liściach w stosunku do obiektu kontrolnego najsilniej porażonego. Najmniej porażone były rośliny z obiektów, na których stosowano dwa zabiegi nalistne ZumSil i stymulację nasion Adesil+ZumSil.
- Dwukrotne zabiegi dolistne preparatami krzemowymi oraz stymulacja nasion preparatami krzemowymi spowodowały zwiększenie suchej masy korzeni pszenicy u odmian Serenada i orkiszu Wirtas w stosunku do kontroli nie traktowanej preparatami krzemowymi.
- Stosowanie preparatów krzemowych w postaci stymulacji nasion Adesil+ZumSil spowodowało zwiększenie krzewistości roślin pszenicy, zwłaszcza u orkiszu Wirtas.
- Stosowanie preparatów z krzemem organicznym spowodowało zahamowanie wzrostu roślin, o czym świadczy mniejsza ich wysokość w obiektach, gdzie stosowano te preparaty, zwłaszcza w wariancie stymulacja nasion preparatami krzemowymi + zabiegi nalistne (2-krotnie).
- Stosowanie preparatów krzemowych nie wpłynęło znacząco na stan odżywienia roślin pszenicy oceniany wskaźnikiem zieloności liści SPAD u odmiany Serenada i Rusalka, natomiast u orkiszu Wirtas spowodowało pogorszenie stanu odżywienia roślin.
- U orkiszu Wirtas stosowanie preparatów krzemowych zwiększało obsadę kłosów, natomiast u odmian pszenicy zwyczajnej: Serenada i Rusalka taką reakcję stwierdzono tylko po dwukrotnych zabiegach nalistnych preparatem Zumsil.

- Zabiegi nalistne (2-krotnie) preparatem ZumSil oraz stymulacja nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil wpłynęła na wzrost zawartości i aktywności alkilorezorcynoli, w porównaniu do kontroli, w odmianie Serenada oraz na wzrost zawartości alkilorezorcynoli w odmianie Rusalka.
- Stymulacja nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil i zabiegi nalistne (2-krotnie) wpłynęły na wzrost aktywności antyoksydacyjnej alkilorezorcynoli w trzech z czterech badanych odmian, tj. Harenda, Serenada oraz Wirtas, w porównaniu do kontroli.
- Oznaczanie zawartości kwasów fenolowych w ziarnie 4 badanych odmian pszenicy jarej wykazało najwyższy udział tych związków w odmianie Wirtas, w wariancie, gdzie zastosowano zarówno stymulację nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil, jak i 2-krotne zabiegi nalistne. Dominującym kwasem fenolowym w ziarnie badanych odmian pszenicy jarej był kwas ferulowy.
- Stymulacja nasion preparatami krzemowymi AdeSil + ZumSil i 2-krotne zabiegi nalistne wpłynęły na wzrost aktywności antyoksydacyjnej kwasów fenolowych w trzech z czterech badanych odmian, tj. Harenda, Rusalka oraz Wirtas, w porównaniu do kontroli.
- Zdecydowanie najwyższą sumaryczną aktywnością charakteryzowały się kwasy fenolowe obecne w hydrolizatach pszenicy orkisz odmiany Wirtas, we wszystkich badanych wariantach stosowania preparatów krzemowych.

Zad. 5. Synteza wyników badań prowadzonych w IUNG-PIB w latach 2017-2019 nad jakością ziarna pszenicy jarej z uprawy ekologicznej

1. Na podstawie wyników trzyletnich badań (lata zbioru 2017-2019) dotyczących przydatności ziarna pszenicy jako surowca do przetwórstwa stwierdzono, że **wymagania przemysłu piekarskiego w największym stopniu spełniały mąki otrzymane z przemiału ziarna pszenicy zwyczajnej odmian: Harenda, Mandaryna, Rusalka i Serenada.**
2. Jako najbardziej przydatne do produkcji mąk **na cele makaronowe wytypowano ziarno pszenicy zwyczajnej odmian: Kandela i Struna oraz obu odmian orkiszu.**

FORMY UPOWSZECHNIANIA I PROMOCJI WYNIKÓW BADAŃ W 2019 R.

I. Publikacje:

1. Feledyn-Szewczyk B., Nakielska M., Radzikowski P. **Porażenie odmian owsa zwyczajnego i nagoziarnistego przez patogeny grzybowe w systemie produkcji ekologicznej.** IV Ogólnopolskie Sympozjum mikrobiologiczne „Metagenomy różnych środowisk”. Książka abstraktów. Lublin 27-28 czerwca 2019 r., s. 106.

II. Referaty na konferencjach i warsztatach:

1. Feledyn-Szewczyk B.: **Badania w zakresie oceny jakości plonu współczesnych i dawnych odmian pszenicy jarej, ich przydatności dla przemysłu piekarskiego i makaronowego oraz potencjału zdrowotnego.** Konferencja pt. „Podsumowanie zadań badawczych w zakresie rolnictwa ekologicznego finansowanych przez MRIRW w roku 2018”, CDR Radom, 11-12.03.2019
2. Feledyn-Szewczyk B. **Dobór odmian zbóż dla rolnictwa ekologicznego.** Warsztaty szkoleniowe pt. „Środki ochrony roślin i nawozy w uprawach ekologicznych” dla doradców i rolników z woj. podlaskiego w ramach projektu „NATURA-lnie LOKALNIE – kampania na rzecz tworzenia krótkich łańcuchów dostaw w Powiecie Łomżyńskim”, IUNG-PIB, Puławy, 26.09.2019 r.

III. Postery na konferencjach i warsztatach:

1. Feledyn-Szewczyk B., Nakielska M., Radzikowski P. **Porażenie odmian owsa zwyczajnego i nagoziarnistego przez patogeny grzybowe w systemie produkcji ekologicznej.** IV Ogólnopolskie Sympozjum mikrobiologiczne „Metagenomy różnych środowisk”. Lublin 27-28 czerwca 2019 r.