

**ANNA FRAŚ****DANUTA BOROS**Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

## Wpływ warunków środowiska na zmienność zawartości alkilorezorcynoli w ziarnie pszenicy ozimej

### **Influence of environmental conditions on the variability of alkylresorcinols content in winter wheat grain**

Celem badań było wykazanie wpływu genotypu i warunków środowiska, w tym lat uprawy na zmienność zawartości alkilorezorcynoli w ziarnie pszenicy ozimej. Materiał badawczy stanowiło ziarno 20 odmian i 4 linii pszenicy ozimej z Hodowli Roślin Strzelce z lat uprawy 2005–2007. Zawartość alkilorezorcynoli oznaczono metodą kolorymetryczną z zastosowaniem soli diazoniowej Fast Blue B. Wyniki poddano analizie statystycznej. Średnia zawartość alkilorezorcynoli w ciągu trzech lat badań wynosiła 552 mg/kg, przy wartości współczynnika zmienności 14%. Wykazano, że zawartość alkilorezorcynoli w latach 2005–2007 była zdeterminowana głównie warunkami środowiska (51%).

**Słowa kluczowe:** alkilorezorcynole, genotyp, pszenica ozima, środowisko, zmienność

The aim of the study was to show the effect of winter wheat genotype and harvest year on alkylresorcinols content and variability. Material for the study comprised of 20 varieties and 4 lines of winter wheat obtained from Plant Breeding Strzelce, harvested in years 2005–2007. Alkylresorcinols content was measured with a colorimetric method with the use of diazonium salt, Fast Blue B. All data were submitted to statistical analysis. The average content of alkylresorcinols in 2005–2007 was 552 mg/kg, with coefficient of variation 14%. The results indicated that variability of alkylresorcinols content during three harvest years was significantly affected by the environmental conditions (51%).

**Key words:** alkylresorcinols, genotype, winter wheat, environment, variability

#### WSTĘP

Ziarno pszenicy jest podstawowym surowcem do produkcji mąki, chleba, makaronów, kasz oraz wyrobów ciastkarskich. Z uwagi na wysoki udział przetworów z tego zboża

---

*Redaktor prowadzący: Barbara Zagdańska*

w diecie jest ono cennym źródłem substancji bioaktywnych, do których obok błonnika pokarmowego można zaliczyć alkilorezorcynole (5-n-alkilorezorcynole, lipidy rezorcynolowe, AR). Są to związki należące do klasy niezoprenoidowych lipidów fenolowych, będących pochodnymi 1,3-dihydroksybenzenu. Związki te charakteryzują się łańcuchem bocznym o nieparzystej liczbie atomów węgla, podstawionym w pozycji 5 pierścienia benzenowego. W grupie roślin mających podstawowe zastosowanie w żywności i żywieniu, największe ilości alkilorezorcynoli występują w ziarnie zbóż (Kozubek i Tyman, 1999). Związki te zlokalizowane są głównie w zewnętrznych warstwach ziarna, stanowiących frakcję otrąb. Oznacza to, że większość z nich jest usuwana w procesie pozyskiwania mąki. Największą zawartość alkilorezorcynoli stwierdzono w ziarnie żyta, pszenżyta i pszenicy, natomiast ziarno jęczmienia, prosa i kukurydzy zawiera nieznaczące ilości tych związków (Lorenz i Hengtarkul, 1990; Kozubek i Tyman, 1999; Ross, 2003; Ross i in., 2003 a; Kulawinek i Kozubek, 2007; Landberg i in., 2008). Badania dotyczące alkilorezorcynoli prowadzone od kilkadziesiąt lat wykazały, że związki te cechuje szeroki zakres korzystnych właściwości biologicznych, w związku z czym zaliczane są do substancji bioaktywnych. Proponowane są jako biomarkery spożycia produktów całościarnych pszenicznych i żytnich. Ważną cechą alkilorezorcynoli jest ich stabilność w procesie mieszenia ciasta i wypieku pieczywa (Ross, 2003). Ponadto diety bogate w produkty zawierające całe ziarna zbóż wpływają na zwiększenie stężenia alkilorezorcynoli w osoczu. Zawartość alkilorezorcynoli w produktach z całego ziarna waha się w zakresie od 142 do 1784 µg/g, w zależności rodzaju użytego ziarna (Chen i in., 2004; Ross i in., 2003 a). Alkilorezorcynole uznawane są za naturalny składnik ziarna chroniący je przed drobnoustrojami i szkodnikami, szczególnie podczas kiełkowania (Sałek, 1979; Kulawinek i Kozubek, 2007). Jako związki o budowie fenolowej mogą wykazywać właściwości przeciwutleniające (Kozubek i Tyman, 1999; Kamal-Eldin i in., 2000; Linko-Parvinen, 2006; Stasiuk i Kozubek, 2010). Ponadto wykazują działanie antymutagenne, antykancerogenne, przeciwbakteryjne i przeciwgrzybiczne (Gąsiorowski i in., 1996; Linko-Parvinen, 2006). Na podstawie badań prowadzonych ze szczurami wykazano, że spożycie alkilorezorcynoli (powyżej 0,4%) powoduje obniżenie całkowitego poziomu lipidów w wątrobie o prawie 20%, cholesterolu o 50%, przy jednoczesnym wzroście ilości gamma-tokoferolu (Gubernator i in., 1999; Ross, 2003; Ross i in., 2003 a; Ross i in., 2003 b; Linko i Adlercreutz, 2005; Kulawinek i Kozubek, 2007; Linko-Parvinen, 2006; Stasiuk i Kozubek, 2010).

Celem badań było wykazanie wpływu warunków środowiska, w tym lat uprawy na zmienność zawartości alkilorezorcynoli w ziarnie pszenicy ozimej.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły trzy zestawy ziarna pszenicy ozimej pochodzące kolekcji roboczej Hodowli Roślin Strzelce pochodzące z uprawy w latach 2005–2007. Z uprawy w latach 2005–2007 pochodziło po 20 odmian i 4 linie hodowlane pszenicy

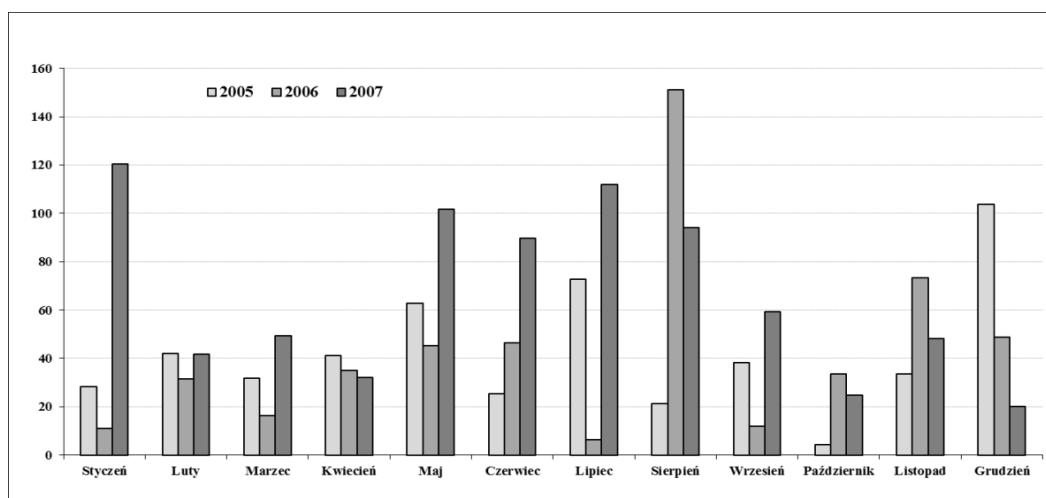
ozimej, a z uprawy w 2007 roku 20 odmian i 3 linie hodowlane. Charakterystykę miejsca uprawy oraz średni poziom opadów przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 1.

Tabela 1

**Charakterystyka miejsca uprawy odmian w latach 2005–2007**  
**Characteristics of field trial location in years 2005–2007**

Sezon Season	2004/2005	2005/2006	2006/2007
Rodzaj gleby Soil type	brunatna właściwa typical brown soil	brunatna właściwa typical brown soil	brunatna właściwa typical brown soil
Klasa gleby Soil class	III a	III a	II
pH gleby Soil pH	—	6,3–6,6	6,2–6,5
Przedplon Forecrop	owies oat	rzepak ozimy winter rapeseed	owies oat
Termin siewu Sowing date	01.10.2004	27.09.2005	03.10.2006
Termin zbioru Harvest date	01.08.2005	08.08.2006	23.07.2007

— Brak danych;



**Rys. 1. Poziom opadów ze stacji meteorologicznej HR Strzelce w latach 2005–2007 (mm)**  
**Fig. 1. Level of rainfall from metrological station of HR Strzelce in years 2005–2007 (mm)**

Alkilorezorcynole wyekstrahowano z całego ziarna i oznaczono metodą kolorymetryczną według Tłuścika i in. (1981) z użyciem soli diazoniowej Fast Blue B do rozwinięcia barwy. Próbkę całego ziarna (4 g) ekstrahowano w 16 ml acetonu, wytrząsając przez 4 godziny w temperaturze 50°C, a następnie umieszczono w ciemności na 16–20 godzin. Po tym czasie 20 µl ekstraktu acetonowego dodano do 4 ml roztworu soli diazoniowej Fast Blue B w kwasie octowym i alkoholu metylowym, wymieszano i umieszczono w ciemności na 60–120 minut w celu rozwinięcia barwy. Następnie odczytano

absorbancję przy długości fali 520 nm względem ślepej próby. Równocześnie wykonano krzywą kalibracyjną, w której jako standardu użyto 5-n-pentadecylresorcinolu w stężeniach 5, 10, 15 i 20 µl. Wyniki wyrażono w przeliczeniu na suchą masę ziarna, oznaczoną zgodnie ze standardową procedurą AACC 44-15A (AACC, 2003). Analizy wykonano przynajmniej w dwóch powtórzeniach, błąd każdej z nich nie przekracza 3%. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w oparciu o: analizę funkcji regresji liniowej, jedno i wielocechową analizę wariancji wraz z wyznaczeniem grup jednorodnych procedurą porównań wielokrotnych Tukeya, ocenę komponentów wariancyjnych metodą największej wiarygodności z restrykcją (REML) dla modeli liniowych. Analizy statystyczne wykonano przy użyciu Systemu SAS w wersji 9.2 (SAS Institute Inc., 2009).

## WYNIKI I DYSKUSJA

Alkilorezorcynole (AR) ze względu na prozdrowotne właściwości należą do ważnych składników bioaktywnych, mimo ich niewielkich ilości w ziarniaku. Badania dotyczące stabilności tej cechy w różnych warunkach środowiska, mogłyby ułatwić selekcję uprawianych odmian pod kątem dużej zawartości alkilorezorcynoli. Stwierdzono istotne różnice pomiędzy odmianami, latami uprawy oraz istotną interakcją genotypowo-środowiskową dotyczącą zawartości alkilorezorcynoli (tab. 2), biorąc pod uwagę oceniany okres uprawy tj. lata 2005–2007.

Tabela 2

**Analiza wariancji wyników oznaczenia zawartości alkilorezorcynoli (AR) w ziarnie pszenicy ozimej uprawianej w latach 2005–2007**  
**Analysis of variance for alkylresorcinols (AR) content in winter wheat grain harvested in 2005–2007**

Składnik Component	Odmiana Variety		Rok uprawy Harvest year		Interakcja G×E G×E interaction	
	MS1	Statystyka F F statistic	MS1	Statystyka F F statistic	MS1	Statystyka F F statistic
WEV	50762	68,76**	67871	910,1**	14215	19,25**

<sup>1</sup>MS-średnia kwadratów; \*\*dla P<0.01; \*dla P<0.05; <sup>2</sup>NA-nie oznaczony (jedno powtórzenie)

<sup>1</sup>MS-mean square; \*\*for P<0.01; \*for P<0.05; <sup>2</sup>NA-not analysed (one repetition)

Średnia zawartość alkilorezorcynoli w ziarnie, w latach uprawy 2005–2007 wynosiła 552 mg/kg, a wartość współczynnika zmienności 14,0%. Najmniejszą zawartość alkilorezorcynoli wykazano u odmian Mironowska 65 (426 mg/kg) oraz Mironowska 67 (427 mg/kg), natomiast największą — u odmiany Sukces (697 mg/kg) (tab. 3). Zawartość alkilorezorcynoli w badanym materiale mieściła się w zakresie typowym dla pszenicy. Wielu badaczy oznaczało poziom tych związków w ziarnie zbóż, w tym pszenicy. Kulawinek i in. (2008) uzyskali zawartość alkilorezorcynoli w całym ziarnie pszenicy w zakresie od 631 do 943 mg/kg. Szerszy zakres zawartości podają Ross i in. (2003 c), wynoszący w ziarnie pszenicy od 317 do 1010 mg/kg, natomiast Chen i in. (2004) oznaczyli zawartość alkilorezorcynoli w ziarnie pszenicy jarej w zakresie od 297 do 639 mg/kg, a w ziarnie pszenicy ozimej od 227 do 427 mg/kg.

Tabela 3

**Grupy jednorodne i średnie zawartości alkilorezorcynoli [mg/kg] w ziarnie pszenicy ozimej uprawianej w latach 2005–2007**

**Homogenous groups and average alkylresorcinols (AR) content in winter wheat grain harvested in 2005–2007**

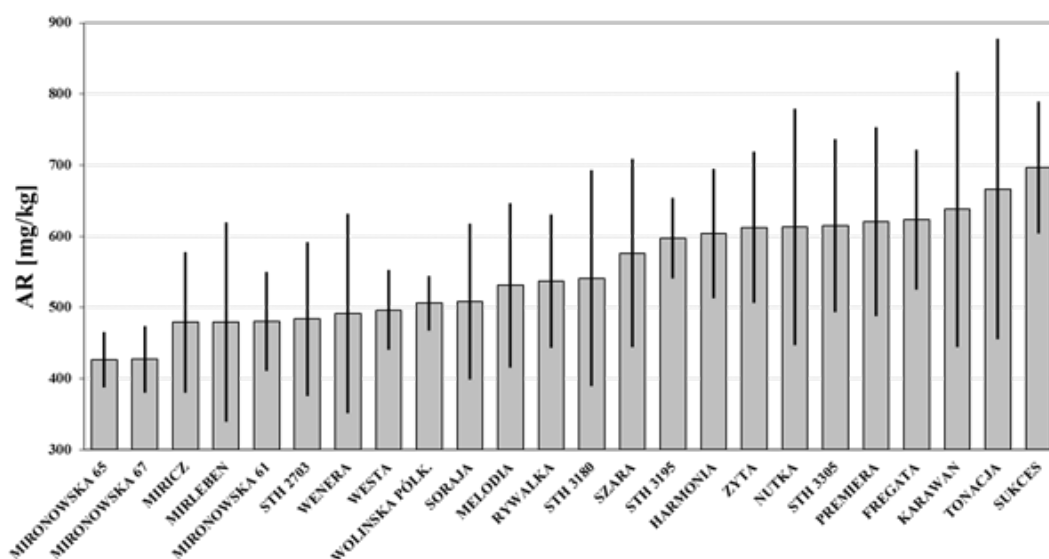
Odmiana Variety	2005	2006	2007	2005–2007
Fregata	551 <sup>bcd</sup>	736 <sup>bc</sup>	582 <sup>cde</sup>	623 <sup>bcd</sup>
Harmonia	506 <sup>def</sup>	686 <sup>cde</sup>	619 <sup>bcd</sup>	604 <sup>cd</sup>
Karawan	542 <sup>bcd</sup>	860 <sup>a</sup>	511 <sup>efghi</sup>	638 <sup>bc</sup>
Melodia	417 <sup>gh</sup>	648 <sup>cdef</sup>	528 <sup>efg</sup>	531 <sup>efgh</sup>
Miricz	387 <sup>h</sup>	584 <sup>efghi</sup>	466 <sup>ghijkl</sup>	479 <sup>i</sup>
Mirleben	425 <sup>gh</sup>	638 <sup>cdefg</sup>	374 <sup>m</sup>	479 <sup>i</sup>
Mironowska 61	401 <sup>gh</sup>	529 <sup>hij</sup>	513 <sup>efghi</sup>	481 <sup>i</sup>
Mironowska 65	381 <sup>h</sup>	449 <sup>j</sup>	448 <sup>hijkl</sup>	426 <sup>j</sup>
Mironowska 67	384 <sup>h</sup>	478 <sup>ij</sup>	420 <sup>lm</sup>	427 <sup>j</sup>
Nutka	516 <sup>cde</sup>	805 <sup>ab</sup>	518 <sup>efgh</sup>	613 <sup>cd</sup>
Premiera	470 <sup>efg</sup>	668 <sup>cde</sup>	723 <sup>a</sup>	621 <sup>bcd</sup>
Rywalka	439 <sup>fgh</sup>	626 <sup>defgh</sup>	546 <sup>def</sup>	537 <sup>efg</sup>
Soraja	448 <sup>efgh</sup>	634 <sup>cdefgh</sup>	442 <sup>ijklm</sup>	508 <sup>fghi</sup>
Sth 2703	413 <sup>gh</sup>	608 <sup>efgh</sup>	430 <sup>klm</sup>	484 <sup>hi</sup>
Sth 3180	579 <sup>abc</sup>	670 <sup>cde</sup>	374 <sup>m</sup>	541 <sup>ef</sup>
Sth 3195	557 <sup>bcd</sup>	637 <sup>cdefg</sup>	—	597 <sup>cd</sup>
Sth 3305	607 <sup>ab</sup>	741 <sup>bc</sup>	497 <sup>fghijk</sup>	615 <sup>cd</sup>
Sukces	632 <sup>a</sup>	804 <sup>ab</sup>	655 <sup>abc</sup>	697 <sup>a</sup>
Szara	516 <sup>cde</sup>	728 <sup>bcd</sup>	484 <sup>fghijkl</sup>	576 <sup>de</sup>
Tonacja	448 <sup>efgh</sup>	870 <sup>a</sup>	681 <sup>ab</sup>	666 <sup>ab</sup>
Wenera	395 <sup>h</sup>	652 <sup>cdef</sup>	426 <sup>klm</sup>	491 <sup>ghi</sup>
Westa	432 <sup>gh</sup>	537 <sup>ghij</sup>	519 <sup>efgh</sup>	496 <sup>fghi</sup>
Wolińska Pólk.	469 <sup>efg</sup>	547 <sup>fghij</sup>	501 <sup>fghij</sup>	506 <sup>fghi</sup>
Zyta	570 <sup>abcd</sup>	733 <sup>bc</sup>	534 <sup>efg</sup>	613 <sup>cd</sup>

Wartości w kolumnach opatrzone nie tymi samymi literami różnią się istotnie przy  $p < 0,05$

Values within a given column not followed by the same superscript letter are significantly different at  $P < 0.05$

Odnośnie zawartości alkilorezorcynoli wyliczono wartości współczynników zmienności dla odmian w latach. Ponad połowa badanych odmian charakteryzowała się dużym zróżnicowaniem pod względem tego składnika w obrębie lat ( $CV > 20,0\%$ ), przy czym najbardziej zróżnicowane były odmiany: Tonacja ( $CV = 32,0\%$ ), Karawan ( $CV = 30,0\%$ ), Nutka ( $CV = 27,0\%$ ) oraz linia STH 3180 ( $CV = 28,0\%$ ). Najmniejsze zróżnicowanie w latach w zawartości alkilorezorcynoli wykazano u dwóch odmian: Mironowska 65 ( $CV = 9,0\%$ ) oraz Wolińska Półkarłowa ( $CV = 8,0\%$ ) (rys. 2). Wysokie wartości współczynników zmienności sugerują, że zawartość alkilorezorcynoli w istotnym stopniu była zdeterminowana przez warunki środowiska.

Na podstawie testu Tukeya-Kramera stwierdzono, że wszystkie odmiany oraz lata uprawy istotnie różniły się zawartością alkilorezorcynoli. Odmiany pochodzące z uprawy w 2005 roku charakteryzowały mniejszą zmiennością w zawartości alkilorezorcynoli ( $CV=16,0\%$ ), w porównaniu ze zmiennością w 2006 roku ( $CV=17,0\%$ ) i 2007 roku ( $CV=18,0\%$ ). W trzech latach prowadzonych badań odmiany istotnie różniły się pod względem zawartości alkilorezorcynoli. W 2005 roku, do grupy o najmniejszej zawartości alkilorezorcynoli zaliczono odmiany: Mironowska 65 (381 mg/kg), Mironowska 67 (384 mg/kg), Miricz (387 mg/kg) oraz Wenera (395 mg/kg).



Rys. 2. Wartości średnie i odchylenia standardowe oznaczenia zawartości alkilorezorcynoli (AR) w ziarnie pszenicy ozimej uprawianej w latach 2005–2007 (pionowymi liniami zaznaczono odchylenie standardowe w latach)

Fig. 2. The average values and standard deviations for alkylresorcinols content (AR) in winter wheat grain harvested in 2005–2007 (standard deviation within years is marked by vertical lines)

Największą zawartością tych związków odznaczała się odmiana Sukces (632 mg/kg). Wśród odmian z uprawy w 2006 roku, tylko Mironowska 65 wykazała najmniejszą zawartość alkilorezorcynoli (449 mg/kg), natomiast największą — Tonacja (870 mg/kg) oraz Karawan (860 mg/kg). W 2007 roku zakres zawartości alkilorezorcynoli w badanym materiale wynosił od 374 mg/kg u linii STH 3180 oraz odmiany Mirleben, do 723 mg/kg u odmiany Premiera (tab. 3). Zawartości alkilorezorcynoli w ziarnie badanych odmian pszenicy różniły się w istotny sposób w poszczególnych latach uprawy. Największą średnią zawartością tych związków charakteryzowały się odmiany z roku uprawy 2006 (661 mg/kg), następnie odmiany z roku 2007 (513 mg/kg) i w ostatniej kolejności odmiany uprawiane w roku 2005 (479 mg/kg) (tab. 4). Prawdopodobną przyczyną niewielkiej zawartości alkilorezorcynoli w omawianych latach była duża ilość opadów atmosferycznych w okresie od kłoszenia do zbioru ziarna, co mogło spowodować, że ziarno było większe, z mniejszym udziałem okrywy owocowo-nasiennej przypadającym na masę ziarniaka, a co za tym idzie mniejszą zawartością tego składnika. Ze względu na brak informacji dotyczących temperatury w Strzelcach, w okresie rozwoju ziarniaka trudno przewidzieć czy i jaki wpływ ten parametr wywarł na zawartość alkilorezorcynoli. Ogólna zmienność zawartości alkilorezorcynoli w Strzelcach zdeterminowana była przede wszystkim przez wpływ warunków środowiska (51%), następnie przez interakcję G×E (26,2%) i w ostatniej kolejności przez genotyp (22,7%) (tab. 4). Dane przedstawione powyżej wskazują, że zawartość AR jest cechą niestabilną pod względem hodowlanym.

Wytłumaczeniem zależności uzyskanych w zawartości alkilorezorcynoli w ziarnie odmian uprawianych w ciągu trzech kolejnych sezonów wegetacyjnych może być zarówno pula genowa badanych odmian, jak również warunki klimatyczne, a także typ gleby, jej skład chemiczny czy też sposób nawożenia.

Tabela 4

**Średnia zawartość alkilorezorcynoli (AR) oraz udział genotypu (G), lat uprawy oraz interakcji G×E w ich zmienności w ziarnie pszenicy ozimej uprawianej w latach 2005–2007**  
**The average alkylresorcinols (AR) content and the contribution of genotype (G), harvest year (E) and G×E interaction in its variability in winter wheat grain harvested in 2005–2007**

Parametr — Parameter	Rok uprawy Harvest year			Udział procentowy (%) Percentage of contribution		
	2005	2006	2007	G	E	G×E
AR (mg/kg)	479 <sup>c</sup>	661 <sup>a</sup>	513 <sup>b</sup>	22,7	51,0	26,2

Wartości w kolumnach opatrzone nie tymi samymi literami różnią się istotnie przy  $p < 0,05$

Values within a given column not followed by the same superscript letter are significantly different at  $P < 0,05$

Badania zmienności w zawartości alkilorezorcynoli w tych samych warunkach klimatycznych prowadził już w latach 60. Wieringa (1967), stwierdzając tylko nieznaczące zróżnicowanie pomiędzy latami uprawy w ziarnie badanych odmian żyta. Podobną zależność, pomiędzy latami uprawy a zawartością alkilorezorcynoli wykazali również Al-Requae i Lorenz (1990), natomiast Żarnowski i in. (2002) analizowali zawartość alkilorezorcynoli w ziarnie jęczmienia w ciągu kilku lat uprawy i wykazali, że poziom tych związków był uwarunkowany wpływem czynników środowiska, takich jak klimat, pogoda czy nawet nawożenie gleby. Andersson i in. (2010) także wykazali wpływ lat uprawy na zawartość alkilorezorcynoli w ziarnie pszenicy. Autorzy podają informację, że pomiędzy poszczególnymi latami badań wystąpiły istotne różnice w masie tysiąca ziarniaków, co potwierdza wpływ wielkości ziarniaka na zawartość alkilorezorcynoli. Inni badacze, na podstawie analizy zmienności zawartości alkilorezorcynoli w pszenicy uprawianej w różnych lokalizacjach sugerują, że poziom tych związków w istotnym stopniu jest zależny od czynników środowiskowych. Takie badania prowadzili Ross i in. (2003 a), wykazując bardzo duży zakres zmienności w zawartości alkilorezorcynoli w ziarnie (690–1200  $\mu\text{g/g}$ ) uprawianym w różnych lokalizacjach i sugerując, że na opisaną zmienność oprócz odmiany miały wpływ również czynniki takie, jak skład i nawożenie gleby czy też stosowanie pestycydów. Chen i in. (2004) badali zawartość alkilorezorcynoli w odmianach pszenicy uprawianych w różnych rejonach Szwecji i wykazali, że odmiany odznaczające się wyższym poziomem tych związków w jednym rejonie wykazały podobną zawartość alkilorezorcynoli w innym rejonie uprawy. Cytowani autorzy sugerują, że zawartość alkilorezorcynoli jest zdeterminowana zarówno przez genotyp jak i przez warunki środowiska.

#### PODSUMOWANIE

1. Zawartość alkilorezorcynoli w ziarnie pszenicy ozimej uprawianej w latach 2005–2007 była w największym stopniu zdeterminowana przez warunki środowiska.

2. Szeroki zakres zmienności genotypów pod względem zawartości alkylresorcynoli umożliwi selekcję odmian pszenicy o dużej ich zawartości w celu poszukiwania naturalnych źródeł składników bioaktywnych.

## LITERATURA

- Andersson A. A. M., Kamal-Eldin A., Aman P. 2010. Effects of environment and variety on alkylresorcins in wheat in the Healthgrain diversity screen. *J. Agric. Food Chem.* 58 (17): 9299 — 9305.
- Approved Methods of the AACC. 2003. AACC Method 44-15A (dry matter), American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- Chen Y., Ross A. B., Aman P., Kamal-Eldin A. 2004. Alkylresorcins as markers of whole grain wheat and rye in cereal products. *J. Agric. Food Chem.* 52: 8242 — 8246.
- Gąsiorowski K., Szyba K., Brokos B., Kozubek A. 1996. Antimutagenic activity of alkylresorcins from cereal grains. *Cancer Letters*, 106: 109 — 115.
- Gubernator J., Stasiuk M., Kozubek A. 1999. Dual effect of alkylresorcins, natural amphiphilic compounds, upon liposomal permeability. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1418: 253 — 260.
- Kamal-Eldin A., Pours A., Eliasson C., Aman P. 2000. Alkylresorcins as antioxidants: hydrogen and peroxy radical-scavenging effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81: 353 — 356.
- Kozubek A., Tyman J. H. P. 1999. Resorcinolic lipids, the natural non-isoprenoid phenolic amphiphiles and their biological activity. *Chemical Reviews*, Volume 99: 1.
- Kulawinek M., Kozubek A. 2007. 5-n-alkilorezorcynole ziaren zbóż i pełnoziarnistych produktów spożywczych jako biomarkery zdrowej żywności. *Postępy Biochemii*, 53 (3): 287 — 296.
- Kulawinek M., Jaromin A., Kozubek A., Zarnowski R. 2008. Alkylresorcins in selected polish rye and wheat cereals and whole-grain cereal products. *J. Agric. Food Chem.*, 56: 7236 — 7242.
- Landberg R., Kamal-Eldin A., Salmenkallio-Marttila M., Rouau X., Aman P. 2008. Localization of alkylresorcins in wheat, rye and barley kernels. *Journal of Cereal Science*, 48, 2: 401 — 406.
- Linko A. M., Adlecreutz H. 2005. Whole-grain rye and wheat alkylresorcins are incorporated into human erythrocyte membranes. *British Journal of Nutrition*, 93: 11 — 13.
- Linko-Parvinen A. M. 2006. Cereal alkylresorcins as dietary biomarkers-absorption and occurrence in biological membranes. Doctoral Thesis. Institute of Preventive Medicine. University of Helsinki, Finland.
- Lorenz K., Hengtrakul. 1990. Alkylresorcins in cereal grains — nutritional importance and methods of analysis. *Lebensm. Wiss. Technol.* 23: 208 — 215.
- Ross A. B. 2003. Alkylresorcins in cereal grains. Occurrence, absorption, and possible use as biomarkers of whole grain wheat and rye intake. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- Ross A. B., Sheperd M. J., Bach Knudsen K. E., Glitsso L. V., Bowey E., Philips J., Rowland I., Guo Z. X., Massy D. J., Aman P., Kamal-Eldin A. 2003 a. Absorption of dietary alkylresorcins in ileal — cannulated pigs and rats. *British Journal of Nutrition* 90: 787 — 794.
- Ross A. B., Kamal-Eldin A., Lundin E. A., Zhang J. X., Hallmans G., Aman P. 2003 b. Cereal alkylresorcins are absorbed by humans. *The Journal of Nutrition*, 133: 2222 — 2234.
- Ross A. B., Sheperd M.J., Schupphaus M., Sinclair V., Alfardo B., Kamal-Eldin A., Aman P. 2003 c. Alkylresorcins in cereals and cereals products. *J. Agric. Food Chem.* 51: 4111 — 4118.
- Sałek M. 1979. Występowanie 5-n-alkilorezorcyn w ziarnach zbóż. *Postępy Nauk Rolniczych*, 2/79: 57 — 66.
- Stasiuk M., Kozubek A. 2010. Biological activity of phenolic lipids. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 67: 841 — 860.
- Thuścik F., Kozubek A., Mejbaum-Katzenellenbogen W. 1981. Alkylresorcins in rye (*Secale cereale* L.) grains. VI: colorimetric micromethod for the determination of alkylresorcins with the use of diazonium salt, Fast Blue B. *Acta Societas Botanica Polonica* 50: 645 — 651.



Wieringa G. W. 1967. On the occurrence of growth inhibiting substances in rye. Veenman H., Zonen N.V. Wageningen.

Żarnowski R., Suzuki Y., Yamaguchi I., Pietr S. J. 2002. Alkylresorcinols in barley (*Hordeum vulgare* L. *distichon*) grains. *Z. Naturforsch.* 57 C: 57 — 62.

#### PODZIĘKOWANIA

*Dr inż. Dariuszowi R. Mańkowskiemu z Pracowni Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin, ZNIN IHAR — PIB za pomoc i zaangażowanie w opracowaniu statystycznym wyników niniejszej pracy. Pracownikom inżynieryjno-technicznym i technicznym SPOJPR IHAR — PIB za pomoc w wykonaniu analiz chemicznych.*

