

PORÓWNANIE SKŁADU I WŁAŚCIWOŚCI ANTYOKSYDACYJNYCH EKSTRAKTÓW SIEWEK JĘCZMIENIA I PSZENICY

Mariola Samsonowicz  , Ewa Regulska 



Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska


Streszczenie. Siewki zbóż są naturalnym źródłem antyoksydantów. W pracy oznaczono aktywność przeciwrodnikową (DPPH), zdolność do redukcji jonów Fe^{3+} (FRAP) i chelataowania jonów Fe^{2+} , całkowitą zawartość polifenoli (TPC) oraz całkowitą zawartość kwasów fenolowych (PAC) wodnych i etanolowych ekstraktów siewek jęczmienia i pszenicy. Wybrane związki fenolowe oznaczono metodą GC-MS, a składniki mineralne metodą ICP-MS. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że ekstrakty wodne i etanolowe siewek jęczmienia mają lepsze właściwości antyoksydacyjne niż ekstrakty siewek pszenicy. Ekstrakty wodne siewek badanych zbóż charakteryzowały się porównywalnymi zawartościami jonów Al, Cu i Mg. Ekstrakty siewek pszenicy zawierały więcej jonów Ni, Mn, Co i Na, natomiast ekstrakty siewek jęczmienia więcej jonów Zn. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej.

Słowa kluczowe: jęczmień, pszenica, DPPH, FRAP, GC-MS, ICP-MS

WSTĘP

Pszenica i jęczmień od starożytnych czasów obok ryżu i kukurydzy są jednymi z najczęściej uprawianych zbóż na świecie. Młody jęczmień, młoda pszenica, a także preparaty na ich bazie cieszą się obecnie dużym zainteresowaniem jako suplementy diety [Żilić 2016, Kawka i Lemieszek 2017, Kim i in. 2017]. Dieta wzbogacona o młode części roślin w naturalny sposób dostarcza wiele składników odżywczych, takie jak witaminy (tiamina, ryboflawina, biotyna, tokoferol i tokotrienol, kwas foliowy i pantotenowy), białka, minerały (zwłaszcza Na, Mg, Fe, Cu i P) [Urbonaviciute 2009, Zendeabad i in.

Mariola Samsonowicz  <https://orcid.org/0000-0003-4981-0779>, Ewa Regulska  <https://orcid.org/0000-0003-2280-2744>

 m.samsonowicz@pb.edu.pl

© Copyright by Wydawnictwo SGGW

2014, Czerwonka i in. 2017]. Młody jęczmień (*Hordeum vulgare* L.) zawiera duże ilości glukozy, fruktozy, kwasu asparaginowego, glutaminowego, askorbinowego oraz związków polifenolowych [Paulickova i in. 2007]. Głównymi przeciwutleniaczami w liściach jęczmienia są flawonoidy, które mają silną zdolność wychwytywania wolnych rodników i utleniania anty lipidowego [Brauch 2018]. Zarówno młody jęczmień [Zeng 2018] jak i pszenica [Singh i in. 2012, Zendeabad i in. 2014] odgrywają profilaktyczną i terapeutyczną rolę i mogą być wykorzystywane, zarówno jako żywność funkcjonalna, jak też jako podstawa nowych leków zapobiegających wielu chorobom.

Celem niniejszej pracy było porównanie aktywności antyoksydacyjnej i składu chemicznego siewek jęczmienia i pszenicy w zależności od temperatury naparzenia oraz rozpuszczalnika stosowanego do ekstrakcji.

MATERIAŁY I METODY

Materiałem do badań były trzy rodzaje suszonych sproszkowanych siewek jęczmienia i pszenicy dostępne w handlu, opatrzone certyfikatem produkcji ekologicznej. Ekstrakcji poddawano 2 g sproszkowanych siewek przez 0,5 godziny w temperaturze 30°C lub 60°C, stosując 100 cm³ wody dejonizowanej lub 70% etanolu. W przygotowanych ekstraktach TPC oznaczono metodą Folina-Ciocalteu [Singleton i Rossi 1965] i wyrażono jako ekwiwalent kwasu galusowego (mg_{GAE}·g⁻¹s.m.), PAC metodą Arnova [Farmakopea Polska 1999] i przedstawiono jako ekwiwalent kwasu kawowego (mg_{CA}·g⁻¹s.m.). Aktywność przeciwrodnikową oznaczono za pomocą zmodyfikowanej metody Branda-Williamsa [Brand-Williams i in. 1995] z zastosowaniem rodnika DPPH według procedury opisanej w pracy Samsonowicz i Regulskiej [2016]. Zdolność ekstraktów do redukcjonowania jonów Fe³⁺ (FRAP) oznaczono według Benzie i Strain [1996], natomiast zdolność do chelatowania jonów Fe²⁺ (Ch) za pomocą ferrozyny [Lai i in. 2001]. Wszystkie oznaczenia spektrofotometryczne wykonano na aparacie DR 5000 HACH-LANGE. Wyniki stanowią średnią arytmetyczną z trzech powtórzeń testów prowadzonych w trzech równoległych seriach.

Zawartość związków fenolowych oznaczono za pomocą GC/MS. W tym celu 3 g zhomogenizowanej próbki ekstrahowano trzema porcjami octanu etylu przez 1 godzinę. Połączone ekstrakty odparowywano do sucha, a suchą pozostałość poddawano derywatywacji. Przygotowane roztwory analizowano chromatograficznie (Agilent GC/MS Triple Quad 7000C, wyposażony w kolumnę kapilarną HP-5MS).

Zawartość metali w sproszkowanych próbkach młodego jęczmienia i pszenicy oraz w ich ekstraktach oznaczano metodą ICP-MS (spektrometr 8800 ICP QQQ, Agilent Technology).

Stosowano następujące odczynniki: Trolox (Acros); DPPH, kwercetyna, kwas kawowy i FeCl₃ (Sigma Aldrich); kwas galusowy i TPZZ (Fluka); metanol (Merck); odczynnik Folina-Ciocalteu, NaOH, HCl, CH₃COONa, CH₃COOK, NaNO₂, Na₂MoO₄, AlCl₃, Na₂CO₃ (Chempur), HNO₃ (>69% TraceSelect) (Fluka), 30% H₂O₂ do analizy śladowej (Sigma Aldrich), woda dejonizowana z systemu Milli-Q (Millipore, USA), wielopierwiastkowy roztwór standardowy ICP-MS (Al, Cr, Fe, Mn, Co, Ni, Cu i Zn) i jednoelementowe roztwory Na i Mg (Certipur, Merck) oraz Rh jako wzorca wewnętrznego (Fluka).

Analizę statystyczną (analiza korelacji, analiza wariancji »ANOVA«, analiza składowych głównych) przeprowadzono z użyciem programu Microsoft Excel 2010 i Statistica 13 (Statsoft, Inc., 2017). Współczynniki korelacji (r) Pearsona zostały zastosowane do określenia stopnia wzajemnych zależności pomiędzy analizowanymi parametrami. Testowanie prowadzono na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DISKUSJA

W siewkach jęczmienia i pszenicy oznaczono 20 kwasów fenolowych (hydroksypochodne kwasu benzoowego, cynamonowego i fenylooctowego [Piekut 2017]) oraz cztery flawonoidy (tab. 1).

Siewki pszeniczne i jęczmienne różnią się istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$) pod względem zawartości oznaczonych związków fenolowych (wyjątek stanowią kwasy: kawowy i felurowy). W siewkach jęczmienia stwierdzono dużą zawartość kwasu chlorogenowego (ponad $1000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), którego ilość jest 8-krotnie większa niż w siewkach pszenicy. Drugi pod względem ilości jest kwas *m*-kumarowy (780 i $960 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w siewkach jęczmienia i pszenicy). Kwasy: galusowy, 2-hydroksyfenylooctowy, kawowy i elagowy występują w siewkach w ilości od 150 do $355 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. W obu siewkach oznaczono również znaczne ilości kemferolu ($\sim 350 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) i kwercetyny ($\sim 300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Zawartość pozostałych związków była w granicach $0,4$ – $116,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zauważono, że większość związków fenolowych występuje w większej ilości w siewkach jęczmiennych niż w pszenicznych, np. kwasu wanilinowego jest ponad 10-krotnie więcej, 4-hydroksyfenylooctowego prawie 5-krotnie więcej, cynamonowego 4-krotnie więcej, kwasu 2-hydroksyfenylooctowego prawie 3-krotnie więcej, 2-metoksycynamonowego, 3-hydroksyfenylooctowego oraz apigeniny 2-krotnie więcej. Z kolei w siewkach pszenicznych jest zdecydowanie więcej kwasu *p*-kumarowego i synapowego, odpowiednio około 2- i 25-krotnie więcej.

Parametry charakteryzujące aktywność przeciwutleniającą (DPPH, FRAP, TPC, PAC, Ch) wodnych i etanolowych ekstraktów siewek jęczmienia i pszenicy w temp. 60°C zostały przedstawione na rysunku 1. Stwierdzono większą aktywność wodnych ekstraktów w 60°C siewek jęczmienia wobec DPPH (37,8%) niż siewek pszenicy (19,2%). Ekstrakty etanolowe wykazywały taką samą tendencję, 30,4 i 26,6%, odpowiednio dla jęczmienia i pszenicy. W niższej temperaturze (30°C) ekstrakty przejawiały mniejszą aktywność w stosunku do rodnika DPPH, 29,7 i 18,4% dla wodnych oraz 44,5 i 21,2% dla etanolowych ekstraktów odpowiednio siewek jęczmienia i pszenicy. Zendeheb i inni [2014] wyższą aktywność antyoksydacyjną w stosunku do rodnika DPPH stwierdzili dla ekstraktów metanolowych (60%) i chloroformowych (45%) młodego jęczmienia. Zdolność do redukcji jonów Fe^{3+} wodnych i etanolowych ekstraktów siewek jęczmienia (60°C) była większa ($12,8$ i $14,5 \text{ mg}_{\text{Troloksu}} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$) niż pszenicy ($9,9$ i $12,4 \text{ mg}_{\text{Troloksu}} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$). W 30°C wartości te były nieco niższe, ale nie były to różnice istotne statystycznie. W ekstraktach siewek jęczmienia TPC również było większe, zarówno w ekstraktach wodnych ($10,7$ i $8,3 \text{ mg}_{\text{GAE}} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$), jak i w etanolowych (odpowiednio $10,9$ i $9,4 \text{ mg}_{\text{GAE}} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$, dla jęczmienia i pszenicy). Oznaczone TPC w ekstraktach wodnych młodej pszenicy przez Durairaj i innych [2014] wynosiło $35 \text{ mg}_{\text{GAE}} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$, co jest wartością trzykrotnie wyższą od uzyskanej w niniejszej pracy. Według Dudjak i innych [2004] TPC w etanolo-

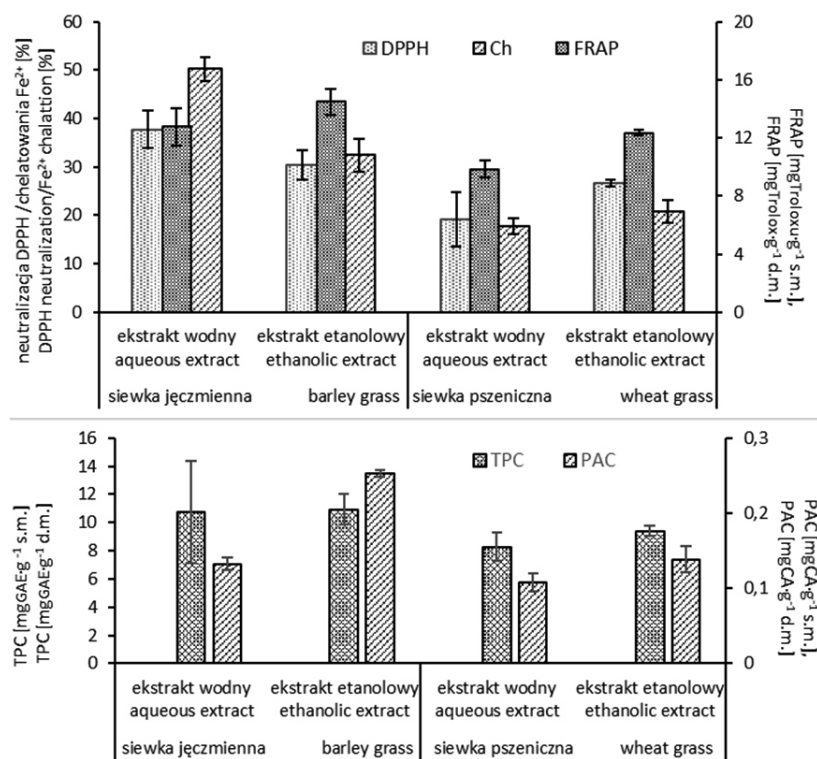
Tabela 1. Zawartość związków fenolowych w siewkach jęczmienia i pszenicy

Table 1. The content of phenolic compounds in barley and wheat grasses

Związek Compound	Zawartość związku fenolowego The content of phenolic compound				
	$\bar{x} \pm SD; [mg \cdot kg^{-1}]$		Związek Compound	$\bar{x} \pm SD; [mg \cdot kg^{-1}]$	
	Jęczmień Barley	Pszenica Wheat		Jęczmień Barley	Pszenica Wheat
Kwas 2-hydroksybenzoesowy 2-hydroxybenzoic acid	38,48 \pm 1,43	28,32 \pm 0,54	Kwas 2-hydroksyfenylooctowy 2-hydroxyphenylacetic acid	281,65 \pm 4,54	106,830 \pm 0,66
Kwas 3-hydroksyfenylooctowy 3-hydroxyphenylacetic acid	32,95 \pm 1,68	20,25 \pm 1,30	Kwas 4-hydroksyfenylooctowy 4-hydroxyphenylacetic acid	116,22 \pm 0,16	24,88 \pm 6,06
Kwas 2-metoksy-cynamonowy 2-methoxycinnamic acid	47,43 \pm 0,70	25,40 \pm 4,56	Kwas 4-metoksy-cynamonowy 4-methoxycinnamic acid	57,16 \pm 2,51	68,86 \pm 0,51
Kwas galusowy Gallic acid	354,85 \pm 11,93	273,20 \pm 4,16	Kwas wanilinowy Vanillic acid	36,42 \pm 0,49	3,47 \pm 0,03
Kwas cynamonowy Cinnamic acid	65,68 \pm 0,40	16,74 \pm 0,36	Kwas <i>o</i> -kumarowy <i>o</i> -coumaric acid	47,37 \pm 1,59	35,05 \pm 1,17
Kwas <i>m</i> -kumarowy <i>m</i> -coumaric acid	782,81 \pm 10,93	963,11 \pm 4,53	Kwas <i>p</i> -kumarowy <i>p</i> -coumaric acid	19,35 \pm 0,35	36,70 \pm 2,18
Kwas kawowy Caffeic acid	223,66 \pm 1,81	228,00 \pm 5,80	Kwas syringowy Syringic acid	3,71 \pm 0,001	5,42 \pm 0,15
Kwas ferulowy Ferulic acid	23,03 \pm 0,14	25,15 \pm 2,05	Kwas synapowy Sinapic acid	0,447 \pm 0,02	11,02 \pm 0,09
Kwas izoferulowy Isoferulic acid	15,85 \pm 0,50	17,97 \pm 1,46	Kwas chlorogenowy Chlorogenic acid	1327,40 \pm 257,89	165,79 \pm 11,19
Kwas elagowy Ellagic acid	159,18 \pm 2,08	146,89 \pm 8,35	Kwas rozmarynowy Rosmarinic acid	1,23 \pm 0,04	1,27 \pm 0,03
Kemferol Kaempferol	337,19 \pm 3,25	367,49 \pm 6,38	Kwercetyna Quercetin	301,52 \pm 0,10	317,24 \pm 0,13
Apigenina Apigenin	8,23 \pm 0,61	4,83 \pm 0,08	Miryctetyna Mirycetin	54,31 \pm 0,04	64,28 \pm 2,95

wych ekstraktach jęczmienia wynosi 6,2 $mg_{GAE} \cdot g^{-1} s.m.$, natomiast Czerwonka i inni [2017] podają, że w ekstraktach młodego jęczmienia TPC waha się od 0,9 do 1,7 $mg_{GAE} \cdot g^{-1} s.m.$ W pracy Paulickovej i innych [2007] całkowita zawartość polifenoli w młodym jęczmieniu kształtuje się na poziomie 17–36 $mg_{GAE} \cdot g^{-1} s.m.$ Różnice pomiędzy otrzymanymi w niniejszej pracy wynikami, a wartościami uzyskanymi przez innych autorów wynikają z innych warunków ekstrakcji oraz z różnego sposobu przygotowania materiału badawczego.

Ekstrakty siewek jęczmienia zawierały także więcej kwasów fenolowych. Wartość PCA w ekstraktach wodnych jęczmienia wynosiła 0,13 $mg_{CA} \cdot g^{-1} s.m.$, a w ekstraktach



Rys. 1. Aktywność przeciwutleniająca (DPPH, FRAP, TPC, PAC, Ch) wodnych i etanolowych ekstraktów siewek jęczmienia i pszenicy przygotowanych w $T = 60^{\circ}\text{C}$

Fig. 1. Antioxidant activity (DPPH, FRAP, TPC, PAC, Ch) of aqueous and ethanolic extracts of barley and wheat grasses prepared at $T = 60^{\circ}\text{C}$

pszenicy $0,11 \text{ mg}_{\text{CA}} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$ (dla ekstraktów etanolowych odpowiednio $0,25$ i $0,14 \text{ mg}_{\text{CA}} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$). Mniejsze wartości TPC i PAC otrzymano w 30°C , ale różnice te nie były statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$. Zdolność chelatowania jonów Fe^{2+} określona dla wodnych ekstraktów siewek jęczmienia ($50,2\%$) była ponad trzykrotnie większa niż w przypadku siewek pszenicy ($17,7\%$), z kolei w etanolowych wynosiła odpowiednio $32,4$ i $20,8\%$.

Analiza współczynników korelacji Pearsona pozwoliła na stwierdzenie silnej korelacji pomiędzy właściwościami redukującymi ekstraktów (FRAP) a całkowitą zawartością związków fenolowych ($r = 0,701$) i kwasów fenolowych ($r = 0,795$) i średniej korelacji pomiędzy zdolnością wygaszania rodnika DPPH a TPC ($r = 0,685$). Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów oznaczona, zarówno metodą FRAP, DPPH, jak i chelatowania jonów Fe^{2+} była silnie skorelowana z obecnością kwasu galusowego, chlorogenowego i kawowego ($r > 0,7$).

Próbki sproszkowanych siewek oraz ich ekstrakty wodne i etanolowe poddano analizie na zawartość wybranych makro- i mikroelementów oraz pierwiastków śladowych (tab. 2). Sproszkowana młoda pszenica charakteryzowała się znacznie wyższymi zawartościami jonów Cr (pięć razy więcej), Al (cztery razy więcej), Ni (dziesięć razy więcej) i Fe (trzy razy

więcej) niż młody jęczmień. Sproszkowane siewki pszenicy zawierały również dwukrotnie więcej jonów Co i Na. W obu siewkach oznaczono natomiast porównywalne ilości jonów Mg i Cu. Ekstrakty wodne i etanolowe zarówno siewek jęczmiennych jak i etanolowych różniły się istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$) pod względem zawartości pierwiastków.

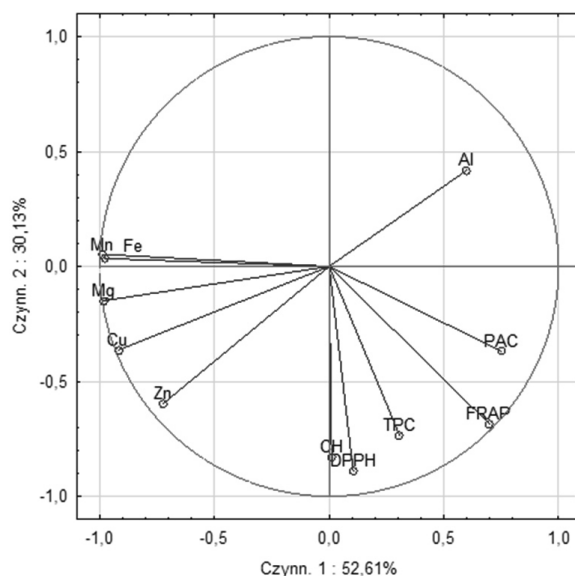
Do ekstraktów wodnych przechodziły większe ilości jonów metali niż do ekstraktów etanolowych. Mangan przechodził do ekstraktu wodnego w 72 i 66% w przypadku siewki jęczmiennej i pszenicznej, natomiast Cu odpowiednio w 88 i 56%. Przy zastosowaniu etanolu jako rozpuszczalnika tylko 10% Mn i Cu przechodziło do ekstraktu. Zarówno Mg jak i Zn były wymywane do ekstraktu wodnego w 80% w przypadku siewek jęczmiennych, natomiast w przypadku siewek pszenicznych Mg był wymywany w większym stopniu (72%) niż Zn (39%). Sód był wymywany wodą w 90%, natomiast etanolem w 27% niezależnie od rodzaju siewek. Procent wymywania Ni i Co wodą wynosił 20–30%. W przypadku zastosowania etanolu 10–20% Mg, Zn i Ni przechodziło do ekstraktu. Fe i Co były wymywane etanolem w najmniejszym stopniu (poniżej 2%). Do wodnych ekstraktów w najmniejszym stopniu przechodziło żelazo (15 i 7%, odpowiednio dla siewki jęczmiennej i pszenicznej). W przypadku Al ekstrakcja wodą była mniej skuteczna (3 i 1%, odpowiednio z siewki jęczmiennej i pszenicznej) niż etanolem (odpowiednio w 11 i 16%).

Analizując współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy stężeniem oznaczonych pierwiastków w ekstraktach wodnych i etanolowych analizowanych siewek, stwierdzono istotne statystycznie liniowe korelacje pomiędzy zawartością Cu i Mn ($r = 0,872$) oraz Cu i Zn ($r = 0,933$). Korelacje te mogą być ważne dla zdrowia ludzi, ponieważ, zarówno Cu, Mn, jak i Zn są składnikami endogennych przeciwutleniaczy i „zmiataczy” wolnych

Tabela 2. Zawartość jonów metali w siewkach jęczmienia i pszenicy oraz w ich ekstraktach

Table 2. The content of metal ions in barley and wheat grasses and in their extracts

Metal	Zawartość metali w siewkach [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.]					
	The content of metals in barley and wheat grasses [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.]					
Metal	Siewka jęczmienna Barley grass			Siewka pszeniczna Wheat grass		
	Sproszkowana Powdered	ekstrakt wodny aqueous extract	ekstrakt etanolowy ethanolic extract	Sproszkowana Powdered	ekstrakt wodny aqueous extract	ekstrakt etanolowy ethanolic extract
Cr	0,96 \pm 0,12	nw nd	nw nd	5,62 \pm 0,78	nw nd	nw nd
Al	93,24 \pm 9,75	2,84 \pm 0,01	10,29 \pm 0,61	353,37 \pm 2,56	2,48 \pm 0,11	56,85 \pm 2,47
Mn	54,51 \pm 3,99	39,34 \pm 0,04	5,6 \pm 0,10	75,40 \pm 0,33	49,81 \pm 1,56	9,53 \pm 0,24
Co	0,05 \pm 0,001	0,01 \pm 0,0001	0,001 \pm 0,00004	0,11 \pm 0,01	0,04 \pm 0,001	0,002 \pm 0,0001
Ni	0,21 \pm 0,03	0,06 \pm 0,002	nw	2,40 \pm 0,05	0,558 \pm 0,003	0,378 \pm 0,005
Cu	7,14 \pm 0,45	6,30 \pm 0,02	0,74 \pm 0,03	7,63 \pm 0,57	4,26 \pm 0,20	0,92 \pm 0,11
Zn	63,34 \pm 3,20	44,92 \pm 0,37	6,79 \pm 0,16	45,18 \pm 4,21	17,47 \pm 0,56	7,84 \pm 0,70
Na	441,38 \pm 9,29	410,62 \pm 10,14	119,72 \pm 2,80	935,62 \pm 4,94	810,74 \pm 31,02	245,63 \pm 2,70
Mg	1797,67 \pm 37,62	1437,72 \pm 39,44	246,57 \pm 9,09	1981,65 \pm 19,48	1418,23 \pm 49,07	236,88 \pm 0,77
Fe	193,95 \pm 18,34	28,51 \pm 0,70	0,46 \pm 0,05	538,58 \pm 7,94	38,79 \pm 1,13	0,45 \pm 0,02



Rys. 2. Projekcja zmiennych na płaszczyznę składowych głównych

Fig. 2. Projection of variables onto principal component plane

rodników takich jak dysmutaza ponadtlenkowa (SOD1, SOD2, SOD3), zaangażowanych w antyoksydacyjny system obronny organizmów [Jeszka-Skowron i in. 2016].

Istotnym elementem kompleksowej oceny parametrów opisujących antyoksydacyjne właściwości jest ich wzajemna korelacja. Analiza składowych głównych (PCA) została przeprowadzona w celu wyjaśnienia struktury tych zmienności, a obliczenie składowych wykonano na podstawie macierzy korelacji. Redukcji wymiarów do dwóch przeprowadzono na podstawie wykresu ospyska. Dwie składowe główne opisują 82,74% wariacji (rys. 2.).

Pierwsza składowa główna przenosi przede wszystkim informacje związane z zawartością jonów metali (Mn, Fe, Mg, Cu, Zn), druga natomiast związane z DPPH, Ch i TPC. Pierwsza składowa główna koreluje silnie ujemnie z zawartością jonów metali: Mn, Fe, Mg, Cu, Zn i dodatnio z FRAP, natomiast druga składowa główna koreluje ujemnie z DPPH, Ch i TPC. Kąt pomiędzy wektorami obrazującymi zdolność do chelatowania, zdolność do neutralizacji rodnika DPPH i TPC jest niewielki, co oznacza duże skorelowanie tych zmiennych. Niewielki kąt między wektorami zmiennych, świadczący o silnej korelacji występuje również między zmiennymi Mn, Fe, Mg, Cu i Zn.

WNIOSKI

1. W siewkach jęczmiennych i pszenicznych oznaczono 24 związki fenolowe. Najwięcej w siewkach jęczmiennych było kwasu chlorogenowego, w siewkach pszenicznych natomiast kwasu *m*-kumarowego.

2. Zdolność do neutralizacji rodnika DPPH ekstraktów siewek jęczmienia jest prawie dwukrotnie większa niż ekstraktów siewek pszenicy. Zdolność do redukcji jonów Fe^{3+} i chelatowania jonów Fe^{2+} oraz całkowita zawartość polifenoli i kwasów fenolowych były również większe w ekstraktach siewek jęczmienia.
3. Ekstrakty etanolowe wykazywały większe właściwości antyoksydacyjne niż wodne, z wyjątkiem ekstraktu wodnego siewek jęczmienia, który wykazywał większą zdolność do neutralizacji rodnika DPPH i wyższą zdolność do chelatowania jonów żelaza(II).
4. We wszystkich oznaczeniach związanych z właściwościami antyoksydacyjnymi wzrost temperatury naparzenia powodował wzrost tych właściwości, jednak w większości nie były to różnice istotne statystycznie.
5. Ekstrakty wodne i etanolowe, siewek jęczmienia i pszenicy różniły się statystycznie istotnie pod względem zawartości pierwiastków. Do ekstraktów wodnych przechodziły większe ilości oznaczanych jonów metali niż do ekstraktów etanolowych, za wyjątkiem Al^{3+} , który był wyekstrahowany wodą w mniejszym stopniu niż etanolem.

Podziękowania

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy S/WBiIŚ/3/2017 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.

LITERATURA

- Benzie I.F.F., Strain J.J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of „Antioxidant Power”: The FRAP assay. *Anal Biochem* 239, 70–76.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28, 25–30.
- Brauch D., Porzel A., Schumann E., Pillen K., Mock H.P., 2018. Changes in isovitexin-O-glycosylation during the development of young barley plants, *Phytochemistry* 148,11–20.
- Czerwonka A., Kawka K., Cykier K., Lemieszek M.K., Rzeski W., 2017. Evaluation of anticancer activity of water and juice extracts of young *Hordeum vulgare* in human cancer cell lines HT-29 and A549. *Ann. Agr. Env. Med.* 24, 345–349.
- Dudjak J., Lachman J., Miholova D., Kolihovala D., Pivec V., 2004. Effect of cadmium on polyphenol content in young barley plants (*Hordeum vulgare* L), *Plant Soil Environ.* 50, 471–477.
- Durairaj V., Hoda M., Shakya G., Babu S.P., Rajagopalan R., 2014. Phytochemical screening and analysis of antioxidant properties of aqueous extract of wheatgrass. *Asian Pac. J. Trop. Med.* 7S1, 398–404.
- Farmakopea Polska V, 1999. PZWL, Warszawa.
- Jeszka-Skowron M., Stanisz E., Paz De Peña M., 2016. Relationship between antioxidant capacity, chlorogenic acids and elemental composition of green coffee. *LWT-Food Sci. Technol.* 73, 243–250.
- Kawka K., Lemieszek M.K., 2017. Prozdrowotne właściwości młodego jęczmienia. *MONZ* 23, 7–12.

- Kim H., Hong H.D., Shin K.S., 2017. Structure elucidation of an immunostimulatory arabinoxylan-type polysaccharide prepared from young barley leaves (*Hordeum vulgare* L.). *Carbohydr. Polym.* 157, 282–293.
- Lai L.S., Chou S.T., Chao W.W., 2001. Studies on the antioxidative activities of Hsian – tsao leaf gum. *J. Agr. Food Chem.* 49, 963–986.
- Paulickova I., Ehrenbergerova J., Fiedlerova V., Gabrovska D., Havlova P., Holasova M., Kopacek J., Ouhrabkova J., Pinkrova J., Rysova J., Vaculova K., Winterova R., 2007. Evaluation of barley grass as a potential source of some nutritional substances, *Czech J. Food Sci.* 25, 65–72.
- Piekut J., 2017. Ocena wybranych ekstraktów roślin przyprawowych pod względem ich właściwości przeciwdrobnoustrojowych oraz zawartości fenolokwasów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 588, 103–111.
- Samsonowicz M., Regulska E., 2016. Evaluation of influence of selected metal cations on antioxidant activity of extracts from savory (*Satureja hortensis*). *Chem. Pap.* 70, 811–819.
- Singh N., Verma P., Pandey B.R., 2012. Therapeutic potential of organic *Triticum aestivum* Linn. (wheat grass) in prevention and treatment of chronic diseases: An overview. *Int. J. Pharm. Sci. Drug Res.* 4, 10–14.
- Singleton V.L., Rossi J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Viticult* 16, 144–158.
- Urbonaviciute A., Samuoliene G., Brazaityte A., Ruzgas V., Sabajeviene G., Sliogeryte K., Sakalauskaite J., Duchovskis P., Zukauskas A., 2009. The effect of light quality on the antioxidative properties of green barely leaves. *Sci. Works Lith. Inst. Hort. Lith. Uni. Agric.* 28, 153–161.
- Zendehbad S.H., Mehran M.J., Malla S., 2014. Flavonoids and phenolic content in wheat grass plant (*Triticum aestivum*). *Asian J. Pharm. Clin. Res.* 7, 184–187.
- Zeng Y., Pu X., Yang J., Du J., Yang X., Li X., Li L., Zhou Y., Yang T., 2018. Preventive and therapeutic role of functional ingredients of barley grass for chronic diseases in human beings. *Oxid. Med. Cell. Longev.* doi.org/10.1155/2018/3232080.
- Žilić S., 2016. Phenolic compounds of wheat. Their content, antioxidant capacity and bioaccessibility, *MOJ Food Process Technol.* 2(3), 00037.

THE COMPARISON OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF EXTRACTS FROM BARLEY AND WHEAT GRASSES

Summary. Cereal grasses are a natural source of antioxidants. Young barley, young wheat and preparations based on them are currently very popular as dietary supplements. The aim of this study was to compare the antioxidant activity and chemical composition of barley and wheat grasses depending on the solvent used for extraction and the temperature of the preparation of infusions. The material for the study were three kinds of dried powdered young barley and wheat, commercially available and certified as organic production. In the study, parameters characterizing antioxidant activity of aqueous and ethanolic barley and wheat extracts at 60 and 30°C were determined, it means antiradical activity (DPPH), Fe³⁺ ions reduction (FRAP), Fe²⁺ ions chelating activity (Ch), total polyphenol content (TPC) and phenolic acid content (PAC). In young barley and wheat, selected phenolic acids (hydroxy derivatives of benzoic, cinnamic and phenylacetic acids) and flavonoids were determined by the GC-MS method. The content of metal ions in powdered samples of barley and wheat grasses and their extracts was determined by the ICP-MS method. On the

basis of the research it was found that the aqueous and ethanolic extracts of barley grass have better antioxidant properties than the extracts of wheat grass. For example, higher activity against DPPH radical of aqueous extracts of barley grass was found (37.8%) than in the case of wheat (19.2%), results obtained for brews at 60°C. Ethanolic extracts showed greater antioxidant properties than aqueous ones, with the exception of an aqueous extract of young barley, which showed greater ability to neutralize the DPPH radical and a higher chelating ability of iron (II) ions. The increase in the temperature of the infusion caused an increase in antioxidant properties, however, most of them were not statistically significant. Wheat and barley grasses differ statistically significantly ($p \leq 0.05$) in terms of the content of marked phenolic compounds. In young barley, a high content of chlorogenic acid (over $1000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) was found, it means eight times more than in wheat grass. The second one in terms of quantity is m-coumaric acid (780 and $960 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in barley and wheat grasses). The aqueous extracts of cereal grasses were characterized by comparable contents of Al, Cu and Mg. Wheat grass extracts contained more Ni, Mn, Co and Na, whereas extracts of barley grass more Zn. The obtained results were subjected to statistical analysis.

Key words: barley, wheat, DPPH, FRAP, GC-MS, ICP-MS