

MAGDALENA ZIELIŃSKA-DAWIDZIAK<sup>1</sup>, DOROTA PIASECKA-KWIATKOWSKA<sup>1</sup>,  
TOMASZ TWARDOWSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Biochemii i Analizy Żywności  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Instytut Chemii Bioorganicznej  
Polska Akademia Nauk w Poznaniu

## WPLYW JONÓW Fe<sup>2+</sup> DZIAŁAJĄCYCH NA KIELKUJĄCE NASIONA SOI, LUCERNY ORAZ ZIARNIAKI PSZENICY NA ZAWARTOŚĆ SKROBI I CUKRÓW REDUKUJĄCYCH

**Streszczenie.** Przedstawione badania prezentują zmiany zawartości skrobi i cukrów redukujących w nasionach soi, lucerny oraz ziarniakach pszenicy skielkowanych w warunkach stresu abiotycznego wywołanego przez jony Fe<sup>2+</sup>. Badane rośliny kielkowano w hodowlach hydroponicznych w 0-25-milimolowych stężeniach FeSO<sub>4</sub>. Czynnikiem wywołującym stres wpływał na zawartość badanych sacharydów i w pewnych warunkach nawet zwiększał stopień hydrolizy skrobi i oligosacharydów. Największy wpływ na technologiczne właściwości mąki może mieć dodatek proszku otrzymanego ze skielkowanej pszenicy. Zmiany obserwowane w zawartości cukrów redukujących i skrobi w kielkach roślin strączkowych nie powinny wpływać na właściwości surowców dla przetwórstwa zbóż.

**Słowa kluczowe:** skrobia, cukry redukujące, kielki, soja, pszenica, lucerna

### Wstęp

Suplementacja żywności składnikami, które w istotny sposób pozwalają na kontrolowanie rozwoju pewnych chorób lub zapobiegają im, jest stosowana w coraz większym zakresie, ze względu na rosnącą wiedzę o wpływie żywienia na zdrowie człowieka. Z jednej strony uważa się, że nieprawidłowo zbilansowana dieta przyczynia się do sześciu z dziesięciu najważniejszych przyczyn śmierci we współczesnym świecie (BELEM 1999), z drugiej społeczeństwa krajów o wysokim stopniu rozwoju cywilizacyjnego wierzą w istotny wpływ racjonalnej diety na zdrowie i długowieczność (HARDY 2000).

Obawy społeczne związane z wprowadzaniem do diety żywności modyfikowanej genetycznie i uznaniem jej za żywność funkcjonalną otwierają szerokie perspektywy

przed wzbogacaniem żywności w cenne składniki prozdrowotne poprzez stosowanie biofortyfikacji roślin klasycznymi metodami hodowlanymi, czyli poprzez naturalną selekcję odmian i zmianę warunków hodowli. Modyfikacje warunków uprawy roślin mogą wywoływać znaczne zmiany ich składu i wpływać na przydatność technologiczną surowca do przemysłowego przetwórstwa żywności.

Wprowadzenie kiełków roślinnych do diety człowieka w celu jej wzbogacenia, szczególnie w witaminy, przeciwutleniacze i błonnik pokarmowy (ZIELIŃSKI i IN. 2005 a, 2005 b), jest stosowane od lat, głównie przez mieszkańców krajów Dalekiego Wschodu. Należy jednak pamiętać, że podczas kiełkowania nasion i ziarniaków dochodzi do szeregu istotnych zmian w składzie otrzymywanego materiału, w tym w składzie sacharydów (BAU i IN. 1997). Stosowanie skielkowanych ziarniaków lub nasion jako dodatku w produktach zbożowych zawsze było związane z obawami dotyczącymi pogorszenia jakości mąki (DOJCZEW i IN. 2004, MIŚ 2002, NEETHIRAJAN i IN. 2007), dlatego należy prześledzić zmiany, jakie następują podczas kiełkowania w obecności silnego czynnika stresowego.

W prezentowanych doświadczeniach badano, w jaki sposób wpływa wzrost obecności jonów żelaza podczas kiełkowania roślin na zawartość skrobi i cukrów redukujących. Sacharydy te w istotny sposób determinują przydatność stosowanego materiału jako suplementu do przetwórstwa zbóż. Dekstrynizacja skrobi przyczynia się bowiem do zmian lepkości, a wzrastająca ilość cukrów prostych i niektórych disacharydów powoduje intensyfikację zachodzących podczas przetwórstwa procesów fermentacji (DOJCZEW i IN. 2004).

W badanych preparatach otrzymywanych ze skielkowanych roślin strączkowych lub zbóż zostaje wymuszone silne wiązanie żelaza, w tym w formie o bardzo dużej biodostępności – w ferrytynie. Działanie silnego stresu abiotycznego uruchamia w komórkach mechanizmy obronne przed zwiększeniem w nich stężenia czynników prooksydacyjnych. Pociąga to za sobą również szereg zmian w procesach syntezy i rozkładu omawianych sacharydów.

## Material i metody

Ziarniak pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L., odm. 'Bombona') otrzymano ze Stacji Hodowli Roślin Danko w Choryni, soi (*Glycine max*, odm. 'Naviko') z Katedry Genetyki i Hodowli Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, natomiast lucerny (*Medicago sativa* L., odm. 'Tula') z Poznańskiej Hodowli Roślin w Tulcach.

W celu przygotowania preparatu skielkowanych nasion i ziarniaków poddawano je odkażaniu za pomocą 70-procentowego roztworu etanolu i pozostawiano na 12 h w roztworach  $FeSO_4$  o stężeniu 0-25 mM, a następnie wysiewano w kiełkownicach. Hodowlę kiełków prowadzono przez sześć-siedem dni, w pokojowej temperaturze, nawilżając każdego dnia rośliny za pomocą odpowiedniego roztworu  $FeSO_4$ . Otrzymane kiełki wraz z nasionami i ziarniakami ponownie odkażano i suszono owiewowo do otrzymania wilgotności poniżej 10%. Wysuszony materiał mielono i przechowywano w szklanych, szczelnie zamkniętych naczyniach w temperaturze pokojowej.

Zielińska-Dawidziak M., Piasecka-Kwiatkowska D., Twardowski T., 2010. Wpływ jonów  $Fe^{2+}$  działających na kiełkujące nasiona soi, lucerny oraz ziarniaki pszenicy na zawartość skrobi i cukrów redukujących. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 2, #27.

Zawartość cukrów redukujących oznaczano metodą MILLERA (1959), natomiast skrobi – metodą HOLMA i IN. (1986).

Do wykonania analiz statystycznych wykorzystano program Statistica 8.0. Wszystkie wartości wyrażono jako wartość średnią z trzech powtórzeń  $\pm$  odchylenie standardowe, a istotne różnice statystyczne wyznaczono, wykonując analizę wariancji ( $p < 0,05$ ).

## Wyniki i dyskusja

Ponieważ badane rośliny należą do różnych rodzin, ich nasiona i ziarniaki istotnie się różnią zawartością skrobi. Zawartość skrobi oznaczona w nasionach soi wyniosła  $1,8\% \pm 0,02\%$ , w nasionach lucerny –  $1,87\% \pm 0,06\%$  i pszenicy –  $67,43\% \pm 0,32\%$ . Różne jest również jej znaczenie w procesie kiełkowania.

Dojrzałe nasiona roślin strączkowych zawierają znaczne ilości sacharydów rodziny rafinozy (ponad 50 mg w 1 g odłuszczonej mąki) (KUO i IN. 1988). Właśnie te sacharydy stają się podstawowym źródłem energii dla kiełkujących nasion, dlatego podczas kiełkowania soi czy lucerny, pomimo oczywistego wzrostu aktywności enzymów amylolitycznych, może być obserwowany nawet wzrost zawartości skrobi (BAU i IN. 1997). W prezentowanym doświadczeniu podczas kiełkowania nasion soi w wodzie destylowanej nie odnotowano jednak istotnych statystycznie zmian zawartości skrobi, a zawartość cukrów redukujących spadła o blisko 20% (tab. 1), natomiast w skiełkowanych w tych samych warunkach nasionach lucerny zawartość skrobi zwiększyła się prawie o 60%, a cukrów redukujących o 15% (tab. 2). Różnice te można tłumaczyć odmiennym składem sacharydów w obu roślinach, w tym także zawartością śluzów roślinnych.

Tabela 1. Zawartość skrobi i cukrów redukujących w nasionach i w spreparowanych kiełkach soi  
Table 1. Starch and reducing sugars content in soy bean seeds and prepared sprouts

| Soja ('Naviko')         | Stężenie $FeSO_4$ zastosowane do hodowli (mM) | Zawartość skrobi w 100 g s.s. (g) | Zawartość cukrów redukujących w 100 g s.s. (g) |
|-------------------------|---|-----------------------------------|--|
| Nasiona                 | –   | 1,81 $\pm$ 0,02 c                 | 2,25 $\pm$ 0,01 f                              |
| Nasiona wraz z kiełkami | 0   | 1,73 $\pm$ 0,01 bc                | 1,89 $\pm$ 0,01 e                              |
|                         | 5   | 1,49 $\pm$ 0,03 a                 | 1,79 $\pm$ 0,01 d                              |
|                         | 10  | 2,23 $\pm$ 0,07 d                 | 1,69 $\pm$ 0,06 c                              |
|                         | 15  | 2,28 $\pm$ 0,10 d                 | 1,69 $\pm$ 0,06 c                              |
|                         | 20  | 1,89 $\pm$ 0,09 c                 | 1,55 $\pm$ 0,04 b                              |
|                         | 25  | 1,65 $\pm$ 0,07 b                 | 1,45 $\pm$ 0,03 a                              |

Wartości w kolumnach (wartość średnia  $\pm$  odchylenie standardowe) z odmiennym indeksem literowym różnią się istotnie statystycznie ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2. Zawartość skrobi i cukrów redukujących w nasionach i w spreparowanych kiełkach lucerny

Table 2. Starch and reducing sugars content in alfalfa seeds and prepared sprouts

| Lucerna ('Tula')        | Stężenie $FeSO_4$ zastosowane do hodowli (mM) | Zawartość skrobi w 100 g s.s. (g) | Zawartość cukrów redukujących w 100 g s.s. (g) |
|-------------------------|---|-----------------------------------|--|
| Nasiona                 | –   | 1,87 ±0,06 a                      | 1,70 ±0,02 b                                   |
| Nasiona wraz z kiełkami | 0   | 2,98 ±0,08 c                      | 1,97 ±0,03 c                                   |
|                         | 5   | 3,61 ±0,05 d                      | 3,30 ±0,13 e                                   |
|                         | 10  | 2,54 ±0,08 b                      | 3,24 ±0,06 e                                   |
|                         | 15  | 2,60 ±0,06 b                      | 2,72 ±0,08 d                                   |
|                         | 20  | 3,00 ±0,04 c                      | 1,99 ±0,07 c                                   |
|                         | 25  | 2,91 ±0,14 c                      | 0,84 ±0,04 a                                   |

Wartości w kolumnach (wartość średnia ±odchylenie standardowe) z odmiennym indeksem literowym różnią się istotnie statystycznie ( $p < 0,05$ ).

Zupełnie odwrotna tendencja jest widoczna w przypadku ziarniaków pszenicy. Skrobia jest tu głównym materiałem energetycznym wykorzystywanym podczas kiełkowania, dlatego jej zawartość w kiełkach wzrastających w wodzie destylowanej maleje o blisko 20%, natomiast zawartość cukrów redukujących powstających w wyniku jej rozkładu wzrasta ośmiokrotnie (tab. 3).

Należy jednak pamiętać, że zmiany zawartości cukrów w badanym materiale mogą być częściowo wynikiem ich dyfuzji do medium hodowlanego.

Zmiany zawartości badanych sacharydów podczas kiełkowania w warunkach zwiększonego stężenia  $FeSO_4$  są powiązane z oddziaływaniem jonów żelaza na aktywność białek enzymatycznych. Na zmiany całkowitej aktywności enzymów amylolitycznych składają się zmiany poziomu ich ekspresji, poziomu ekspresji inhibitorów amylaz, jak i bezpośrednie oddziaływania żelaza z amylazami i ich kofaktorami.

W przypadku nasion soi kiełkowanych podczas hodowli w roztworze o stężeniu 5 mM  $FeSO_4$  obserwuje się szybszy rozkład skrobi (o kolejnych 15%) i nieznaczny spadek zawartości cukrów redukujących (o  $\approx 5\%$ ) w porównaniu z nasionami kiełkowanymi w wodzie destylowanej, co może świadczyć o pozytywnym wpływie  $FeSO_4$  w omawianym stężeniu na aktywność  $\alpha$ -amylaz soi. Większe stężenia, tj. 10 i 15 mM  $FeSO_4$ , hamują jednak enzymy rozkładające skrobię lub powodują wzrost aktywności/ekspresji ich inhibitorów, bowiem obserwowana jest synteza skrobi (przyrost w stosunku do zawartości skrobi w nasionach o  $\approx 24\%$ ), a zawartość cukrów redukujących dalej spada w porównaniu z nasionami kiełkowanymi w wodzie (o 11%). Pomimo tego, że obserwowane zmiany zachodzą podczas kiełkowania, kiedy powinna następować hydroliza skrobi, w tym przypadku następuje jej synteza. Podobne wyniki obserwacji podają BAU i IN. (1997).

Zielińska-Dawidziak M., Piasecka-Kwiatkowska D., Twardowski T., 2010. Wpływ jonów  $Fe^{2+}$  działających na kiełkujące nasiona soi, lucerny oraz ziarniak pszenicy na zawartość skrobi i cukrów redukujących. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 2, #27.

Tabela 3. Zawartość skrobi i cukrów redukujących w ziarniakach i w spreparowanych kielkach pszenicy

Table 3. Starch and reducing sugars content in wheat grain and prepared wheat-germs

| Pszenica ('Bombona')     | Stężenie $FeSO_4$ zastosowane do hodowli (mM) | Zawartość skrobi w 100 g s.s. (g) | Zawartość cukrów redukujących w 100 g s.s. (g) |
|--------------------------|---|-----------------------------------|--|
| Ziarniak                 | –   | 67,43 $\pm$ 0,32 h                | 1,11 $\pm$ 0,06 a                              |
| Ziarniak wraz z kielkami | 0   | 54,01 $\pm$ 0,29 g                | 8,83 $\pm$ 0,06 b                              |
|                          | 1   | 48,90 $\pm$ 0,22 f                | 17,82 $\pm$ 0,16 c                             |
|                          | 2   | 38,88 $\pm$ 0,16 a                | 25,09 $\pm$ 0,13 h                             |
|                          | 3   | 43,78 $\pm$ 0,33 e                | 19,18 $\pm$ 0,16 d                             |
|                          | 4   | 43,28 $\pm$ 0,09 d                | 20,79 $\pm$ 0,22 f                             |
|                          | 5   | 43,21 $\pm$ 0,12 d                | 21,31 $\pm$ 0,23 g                             |
|                          | 10  | 43,02 $\pm$ 0,05 c                | 20,10 $\pm$ 0,09 e                             |
|                          | 15  | 41,90 $\pm$ 0,24 b                | 19,59 $\pm$ 0,14 d                             |

Wartości w kolumnach (wartość średnia  $\pm$  odchylenie standardowe) z odmiennym indeksem literowym różnią się istotnie statystycznie ( $p < 0,05$ ).

Dalszy wzrost stężenia jonów żelaza w podłożu hodowlanym powoduje spadek zarówno zawartości skrobi, jak i cukrów redukujących, co może świadczyć o wzroście aktywności  $\alpha$ -amylazy (enzymu dekstrynującego) i spadku aktywności enzymu cukrującego, czyli  $\beta$ -amylazy, i prawdopodobnym hamowaniu aktywności inhibitorów  $\alpha$ -amylaz. Ponieważ pod wpływem silnego stresu abiotycznego i biotycznego uruchamiana jest synteza specyficznej  $\alpha$ -amylazy, aktywowanej w komórkach, w których są hamowane procesy kariokinezy (DOYLE i IN. 2007), zmiany zawartości badanych sacharydów obserwowane w materiale z hodowli przy 20-25 mM  $FeSO_4$  są dodatkowym potwierdzeniem silnej inhibicji procesu kiełkowania w tych warunkach. Dane o zawartości badanych sacharydów w preparatach otrzymanych podczas kiełkowania soi w roztworach  $FeSO_4$  przedstawia tabela 1.

W preparatach otrzymywanych ze skielkowanych nasion lucerny z hodowli w 5 i 10 mM  $FeSO_4$  obserwowano wzrost zawartości cukrów redukujących o  $\approx 70\%$  w porównaniu z kielkami hodowanymi w wodzie destylowanej. Przy większych stężeniach jonów żelaza w hodowli obserwowany jest spadek zawartości tych cukrów, odpowiednio o 17% przy 15 mM, o 39% przy 20 mM i o 76% przy 25 mM w porównaniu z ich zawartością w preparatach z hodowli w 10 mM  $FeSO_4$  (tab. 2).

Podczas hodowli w 5 mM  $FeSO_4$  następuje również synteza skrobi (wzrost zawartości o ponad 60%), co świadczy o wzroście aktywności enzymów rozkładających inne niż  $\alpha$ -1,4 wiązania glikozydowe i o rozkładzie sacharydów z rodziny rafinozy. Podobne wyniki obserwacji podają BAU i IN. (1997). Zmniejszanie zawartości skrobi podczas

hodowli w 10 i 15 mM (o  $\approx 30\%$ ) sugeruje wzrost aktywności amylaz rozkładających skrobię, a mniejszą aktywność enzymów rozkładających oligosacharydy. Ponieważ zawartość skrobi w hodowlach przy 20 i 25 mM  $Fe^{2+}$  wzrasta (o  $\approx 14\%$ ), a zawartość cukrów redukujących stopniowo maleje, można przypuszczać, że zmniejsza się aktywność (bądź ekspresja) enzymów zarówno rozkładających skrobię, jak i rozkładających oligosacharydy. Jednak 25 mM  $FeSO_4$  silniej wpływa na zmniejszenie całkowitej aktywności enzymów hydrolizujących sacharydy rodziny rafinozy niż enzymów hydrolizujących skrobię.

Jak już wspomniano, w skielkowanych ziarniakach pszenicy oczekiwano innych tendencji badanych zmian – ze względu na dużą zawartość skrobi. Należy jednak podkreślić odmienną niż roślin strączkowych tolerancję pszenicy na stres abiotyczny wywołwany przez jony  $Fe^{2+}$ . Kiełkowanie pszenicy jest zatrzymywane przez znacznie mniejsze stężenia żelaza. Hamowanie wzrostu rośliny jest widoczne już przy 4 mM  $Fe^{2+}$ , a przy 10 czy 15 mM  $FeSO_4$  obserwowane jest jej zamieranie (ZIELIŃSKA-DAWIDZIAK i TWARDOWSKI 2008), dlatego zmiany, jakie następują w kielkach pszenicznych, są badane dla preparatów kiełkowanych w mniejszych stężeniach żelaza.

Podczas hodowli prowadzonych w stężeniach żelaza do 2 mM obserwuje się spadek zawartości skrobi (o prawie 10% przy 1 mM i o prawie 30% przy 2 mM  $Fe^{2+}$ ) i jednoczesny wzrost zawartości cukrów redukujących (o ponad 100% przy 1 mM i ponad 280% przy 2 mM  $Fe^{2+}$ ) w porównaniu z kielkami hodowanymi w wodzie destylowanej. Świadczyć to może o aktywującym działaniu jonów żelaza w tak małym stężeniu na amylazę pszenicy. Przy większych stężeniach żelaza (3-10 mM  $Fe^{2+}$ ) widoczny jest spadek aktywności amylaz, ponieważ wzrasta zawartość skrobi (o 10-15%) i maleje zawartość cukrów redukujących (o 15-23%). Zmiany obserwowane w tym zakresie stężeń są nieznaczne, choć różnice są istotne statystycznie. Należy jeszcze raz podkreślić, że spadek aktywności enzymów może być wywołwany zarówno hamowaniem ich ekspresji, hamowaniem ekspresji inhibitorów, jak i zmianami oddziaływania enzymów z kofaktorami. Następujący przy hodowli w stężeniu 15 mM  $FeSO_4$  spadek zawartości skrobi i cukrów redukujących jest praktycznie niezauważalny (dla obu badanych zmiennych o  $\approx 3\%$ ), jednak podparty innymi obserwacjami (np. analizą przyrostów biomasy i zmianami w zawartości białek) stanowi dodatkowy dowód na zamieranie rośliny przy tym stężeniu żelaza w podłożu hodowlanym (ZIELIŃSKA-DAWIDZIAK i TWARDOWSKI 2008). W całym zakresie badanych stężeń żelaza wprowadzanych do podłoża podczas kiełkowania pszenicy w otrzymanym materiale rozkład skrobi jest nawet większy niż w ziarniakach skielkowanych w wodzie destylowanej, dlatego dodawanie tego preparatu do przetwórstwa zbóż powinno być ściśle kontrolowane.

## Podsumowanie

Oddziaływanie jonów żelaza na białka enzymatyczne i ich inhibitory w preparatach otrzymanych ze skielkowanych nasion soi i lucerny oraz ziarniaków pszenicy wywołuje znaczne zmiany zawartości skrobi i cukrów redukujących. Zmiany te są szczególnie istotne w przypadku kielków pszenicznych, ponieważ podczas ich hodowli w roztworach  $FeSO_4$  obserwowany jest rozkład skrobi i przyrost cukrów redukujących większy

Zielińska-Dawidziak M., Piasecka-Kwiatkowska D., Twardowski T., 2010. Wpływ jonów  $Fe^{2+}$  działających na kiełkujące nasiona soi, lucerny oraz ziarniaki pszenicy na zawartość skrobi i cukrów redukujących. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 2, #27.

niż w kielkach wzrastających w wodzie destylowanej. Ze względu na małą zawartość skrobi i mniejszą niż w przypadku pszenicy zawartość cukrów redukujących w proszkach otrzymanych z kielków soi lub lucerny w całym badanym zakresie stężeń jonów żelaza ich zastosowanie jako dodatku w przetwórstwie zbóż wydaje się korzystniejsze. Istotna jest przy tym większa tolerancja roślin strączkowych na stres wywołany przez jony żelaza i lepsza zdolność jego kumulowania (ZIELIŃSKA-DAWIDZIAK i IN. 2009). Należy jednak skontrolować także zmiany, jakie następują w zawartości pozostałych składników badanego materiału, w tym zmiany aktywności enzymów proteolitycznych, które wpływają na strukturę białek glutenowych.

## Literatura

- BAU H.-M., VILLAUME CH., NICOLAS J.-P., MÉJEAN L., 1997. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds. *J. Sci. Food Agric.* 73: 1-9.
- BELEM M.A.F., 1999. Application of biotechnology in the product development in Canada. *Trends Food Sci. Technol.* 10: 101-106.
- DOJCZEW D., SOBCZYK M., GRODZICKI K., HABER T., (2004). Wpływ porostu ziarna na wartość wypiekową mąki pszennej, pszenżytniej i żytniej. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 3, 2: 127-136.
- DOYLE E.A., LANE A.M., SIDES J.M., MUDGETT M.B., MONROE J.D., 2007. An  $\alpha$ -amylase (*At4g25000*) in *Arabidopsis* leaves is secreted and induced by biotic and abiotic stress. *Plant Cell Environ.* 30, 4: 388-398.
- HARDY G., 2000. Nutraceuticals and functional foods: introduction and meaning. *Nutrition* 16: 688-697.
- HOLM J., BJÖRCH I., DREWS A., ASP N.G., 1986. A rapid method for the analysis of starch. *Stärke* 38: 224-226.
- KUO T.M., MIDDLESWORTH J.F., WOLF W.J., 1988. Content of raffinose oligosaccharides and sucrose in various plant seeds. *J. Agric. Food Chem.* 36: 32-36.
- MILLER G.L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31, 3: 426-428.
- MIŚ A., 2002. Changes in water absorption of gluten as a result of sprouting of wheat grain. *Int. Agrophys.* 17: 25-30.
- NEETHIRAJAN S., JAYAS D.S., WHITE N.D.G., 2007. Detection of sprouted wheat kernels using soft X-ray image analysis. *J. Food Eng.* 81, 3: 509-513.
- ZIELIŃSKA-DAWIDZIAK M., STANIEK H., TWARDOWSKI T., 2009. Zmiany w zawartości żelaza w roślinach kiełkujących w hodowlach hydroponicznych z  $FeSO_4$ . *Żyw. Człow. Metab.* 36, 2: 499-505.
- ZIELIŃSKA-DAWIDZIAK M., TWARDOWSKI T., 2008. Zmiany w zawartości wybranych frakcji białka pod wpływem działania jonów żelaza na kiełkujące nasiona soi, lucerny oraz ziarniaki pszenicy. W: *Metody fizyczne diagnostyki surowców roślinnych i produktów spożywczych*. Red. B. Dobrzański jr. Wyd. Nauk. Fundacji Rozwoju Nauk Agrofizycznych, Lublin: 107-117.
- ZIELIŃSKI H., FRIAS J., PISKUŁA M.K., KOZŁOWSKA H., VIDAL-VALVERDE C., 2005 a. Vitamin B1 and B2, dietary fiber and minerals content of *Cruciferaeae* sprouts. *Eur. Food Res. Technol.* 221: 78-83.
- ZIELIŃSKI H., PISKUŁA M.K., KOZŁOWSKA H., 2005 b. Biologically active compounds in *Cruciferaeae* sprouts and their changes after thermal treatment. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 55, 14: 375-380.

## INFLUENCE OF $Fe^{2+}$ IONS AFFECTING THE GERMINATING SOY BEAN AND ALFALFA SEEDS OR WHEAT GRAIN ON THE CONTENT OF STARCH AND REDUCING SUGARS

**Summary.** The presented experiments describe changes in starch and reducing sugar content in germinated soy bean and alfalfa seeds or wheat grain as the result of abiotic stress induced by  $Fe^{2+}$  ions. The examined plants were germinated in hydroponic cultures at 0-25 mM concentrations of  $FeSO_4$ . The stressing factor influenced on content of the examined saccharides and even increased, in some examined conditions, the starch and oligosaccharides hydrolysis. The greatest effect on technological properties of flour may have had an addition of powder, which was prepared from germinated wheat. Changes observed in reducing sugar and starch content for legumes sprouts should not influence the properties of raw material for cereal processing.

**Key words:** starch, reducing sugar, sprouts, soy bean, wheat, alfalfa

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Magdalena Zielińska-Dawidziak, Katedra Biochemii i Analizy Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Mazowiecka 48, 60-623 Poznań, Poland, e-mail: mzd@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*9.02.2010*

*Do cytowania – For citation:*

*Zielińska-Dawidziak M., Piasecka-Kwiatkowska D., Twardowski T., 2010. Wpływ jonów  $Fe^{2+}$  działających na kiełkujące nasiona soi, lucerny oraz ziarniaki pszenicy na zawartość skrobi i cukrów redukujących. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 2, #27.*