

PIOTR P. LEWICKI

KIEŁKI NASION JAKO ŹRÓDŁO CENNYCH SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH

Streszczenie

W pracy omówiono zmiany zachodzące w nasionach podczas kiełkowania i ich powiązanie ze składem chemicznym kiełków. Wykazano, że kiełki są bogatym źródłem podstawowych składników żywności, takich jak: aminokwasy, witaminy, substancje mineralne, nienasycone kwasy tłuszczowe, błonnik pokarmowy. Ponadto kiełki zawierają substancje nieobecne, lub występujące w niewielkich ilościach w innych produktach spożywczych. Należą do nich przede wszystkim związki o działaniu przeciwutleniającym. Podano przykłady wpływu parametrów procesu technologicznego i składu cieczy nawilżającej na proces kiełkowania i skład chemiczny kiełków. Produkcja kiełków jest prosta i umożliwia otrzymanie produktu bogatego w pożądany składnik lub składniki. Jakość mikrobiologiczna kiełków może być problemem tak w procesie produkcji, jak i w sprzedaży. Z tego względu warto rozpatrywać kiełki jako surowiec dla przetwórstwa np. suszenia, zamrażania i utrwalania w opakowaniach hermetycznych oraz jako źródło naturalnych składników istotnych pod względem żywieniowym.

Słowa kluczowe: kiełkowanie nasion, skład chemiczny, właściwości przeciwutleniające, polifenole, makro- i mikroelementy

Wprowadzenie

Współczesny przemysł spożywczy, wytwarzając niezliczoną liczbę produktów z ograniczonej liczby surowców, korzysta z różnego rodzaju dodatków. Dodatki mają za zadanie poprawić cechy surowca lub uzupełnić jego skład o składniki odżywcze, a także umożliwić wytworzenie nowych produktów o zaprojektowanych walorach sensorycznych i zdrowotnych. Z kolei suplementy diety mają za zadanie uzupełnić dietę o witaminy, składniki mineralne oraz inne substancje wykazujące efekt odżywczy lub fizjologiczny. W składzie suplementów diety występują w większości surowce roślinne, w tym również surowce farmakopealne, jednak w dawkach dużo mniejszych niż dawki lecznicze [48].

Zapotrzebowanie na dodatki do żywności jest bardzo duże, jednak istnieją określone ograniczenia związane z ich stosowaniem. Przede wszystkim jest to stosunek konsumentów do obecności dodatków w żywności. W wyniku oczekiwań konsumentów, a także dbałości o bezpieczeństwo i gwarantowaną jakość żywności poszukuje się nowych metod produkcji i nowych źródeł substancji istotnych z żywieniowego punktu widzenia.

Wśród potencjalnych naturalnych źródeł substancji, którymi można uzupełniać żywność i podnosić jej funkcjonalność znajdują się skiełkowane nasiona wielu roślin. Wynika to z faktu, że są one bogatym źródłem witamin, soli mineralnych, a także przeciwutleniaczy, a ich produkcja jest stosunkowo łatwa. Ponadto, kiełkujące nasiona charakteryzują się intensywnym metabolizmem, który może być modyfikowany w kierunku produkcji określonych składników czy związków.

Kiełkowanie nasion

Faza kiełkowania w życiu rośliny jest najbardziej intensywnym okresem, w którym substancje zapasowe są rozkładane na łatwo przyswajalne związki proste. Uaktywniają się enzymy i syntetyzowane są witaminy [25]. Skrobia, białka i tłuszcze rozkładane są na związki stanowiące źródło energii i substratów dla nowo syntetyzowanych substancji. Kiełki wykazują bardzo dużą aktywność enzymatyczną. Aktywne są enzymy amylolityczne, proteolityczne, lipolityczne i inne, a ich ilość jest od 10 do 100 razy większa niż w dorosłych roślinach [10, 37]. Enzymy uruchamiają trzy grupy procesów:

- rozpad substancji zapasowych najpierw w zarodku, a następnie, po przebicciu okrywy przez korzeń zarodkowy, w bielmie i przetransportowanie produktów hydrolizy do organów zarodka,
- procesy oddechowe służące jako źródło energii dla rosnącego zarodka,
- synteza związków wielkocząsteczkowych w rosnących częściach zarodka.

Substancje te muszą być najpierw przekształcone w niskocząsteczkowe produkty rozpuszczalne w wodzie, aby mógł nastąpić transport tych składników do zarodka. Zmiana substancji zapasowych na prostsze zachodzi przy udziale enzymów, które zostają wytworzone w czasie kiełkowania. W procesie kiełkowania zachodzą następujące przemiany: wzrost kiełków, tworzenie enzymów oraz przemiana materii [21].

Już w pierwszej fazie kiełkowania zaczynają działać enzymy ksylanaza i glukanaaza rozszczepiające hemicelulozy (materiał konstrukcyjny ścian komórkowych) na cukry proste. Działanie tych enzymów powoduje rozluźnienie komórek bielma i warstwy aleuronowej ziarniaków, co otwiera innym enzymom drogę do wnętrza wszystkich komórek. W trakcie kiełkowania ziarniaków polisacharydy są rozkładane przez całą gamę enzymów do dwucukrów i cukrów prostych. Po ich przemianie są zużywane

przez kielki jako źródło energii oraz do syntezy wielocukrów ściany komórkowej, lipidów strukturalnych, aminokwasów i białek oraz innych związków [37].

W momencie przebiccia okrywy przez korzeń zarodkowy rozpoczyna się rozpad białek zapasowych bielma pod działaniem wielu grup enzymów proteolitycznych. Jednocześnie następuje synteza dwu- i trójpeptydów oraz nowych białek w zarodku. Według Kunze [21], podczas kiełkowania tworzenie enzymów stymulowane jest przez hormony znajdujące się w tarczce zarodkowej ziarna. Tworzone są enzymy β -glukanaza, potem α -amylaza i proteazy. Te enzymy znajdują się w warstwie aleuro nowej natomiast β -amylaza powstaje w bielmie.

Lipazy uaktywniają się, gdy zawartość wody w ziarniakach przekroczy tzw. wartość krytyczną. Duży wpływ na działanie tego enzymu mają światło i temperatura [37].

W początkowym okresie pęcznienia i kiełkowania rozpoczyna się rozpad fityny na inozytol, kwas fosforowy oraz kationy Ca^{2+} , Mg^{2+} i K^{+} pod wpływem enzymu fitazy. Kwas fosforowy służy do syntezy nukleotydów, kwasów nukleinowych, fosfolipidów i innych związków [37].

Skład chemiczny kielków

Kielki są bogate w takie składniki, jak: witaminy A, B, C, E, H. Zawierają duże ilości wapnia, żelaza, siarki, magnezu, potasu oraz cynku, selenu, jak również mikroelementy – lit, chrom [33]. Zawarte w skiełkowanym ziarnie witaminy są bardzo dobrze przyswajalne. We wszystkich gatunkach skiełkowanych ziaren znajduje się pełny zestaw witamin, a różnice dotyczą jedynie ich stężeń. Kielki fasoli mung zawierają dużo witamin A i B₆ [20], a w czasie kiełkowania istotnie wzrasta w nich zawartość związków fenolowych [52].

Zmiany w kiełkujących ziarnach następują szybko; zawartość witamin wzrasta wielokrotnie w ciągu kilku dni. Szczególnie gwałtownie wzrasta zawartość witaminy C. Jej ilość podczas kiełkowania zwiększa się wielokrotnie, a w niektórych strączkowych nawet 80 razy w stosunku do suchego nasiona [25]. Kwas askorbinowy w nasionach rzodkwi, rzodkiewki i rzepaku występował w ilościach śladowych, natomiast po 5 - 6 dniach kiełkowania jego zawartość wynosiła od 23,2 do 31,8 $\mu\text{moli/g s.m.}$ [60].

Oprócz witamin i pierwiastków śladowych skiełkowane ziarno zawiera dużo aminokwasów, np. w skiełkowanych nasionach lucerny znajdują się wszystkie aminokwasy egzogenne. Węglowodany i tłuszcze z kielków są łatwiejsze do przyswojenia przez ludzki organizm. W żywych zarodkach jest także błonnik, enzymy, chlorofil i wiele innych składników. Skiełkowane ziarna są doskonałym źródłem makro- i mikroelementów. Obok bogactwa mikroelementów zawierają one enzymy, które ułatwiają przyswajanie pierwiastków śladowych przez organizm. W skiełkowanym ziarnie znajdują się ponadto substancje smakowe, aromatyczne i zapachowe, aktywizujące enzymy

trawienne, a także saponiny, flawonoidy, fitohormony, które mają korzystny wpływ na organizm [20].

Białka i aminokwasy

Kiełki gryki [18] zawierają kwas glutaminowy (2764 mg/100 g s.m.) i kwas asparaginowy (1698 mg/100 g s.m.). Zawartość tryptofanu, alaniny, tyrozyny i histydyny była 1,7 - 1,9 razy większa w kiełkach niż w nasionach. Zawartość białka wynosi 20,8 % w s.m. Podczas kiełkowania nasion amarantusa (*Amaranthus hypochondriacus*) zawartość białek ogółem i błonnika wzrastała i po 3 dniach kiełkowania wynosiła 21,9 % w s.m. Zawartość lizyny wynosiła 4,9 g/100 g białka, a strawność białka była na poziomie 79,2 % [35]. W czasie kiełkowania orzeszków ziemnych wzrosła istotnie zawartość wolnych aminokwasów, a jednocześnie występował intensywny rozkład białek o dużej masie molowej [53]. W kiełkach soi stwierdzono od 36,5 do 44,2 % białka w s.m. [39].

Węglowodany

Błonnik w nasionach amarantusa kiełkowanych przez 3 dni stanowił 4,7 % s.m. [35]. Kiełkowanie orzeszków ziemnych powoduje istotny wzrost zawartości sacharozy i glukozy [53]. Analizowano zawartość błonnika strawnego w kiełkach różnych odmian uprawianych w Korei. W 30 odmianach zawartość błonnika strawnego wynosiła od 18,03 do 33,38 % przy średniej wartości 24,48 %. Średnio kiełki zawierały 1,6 razy więcej błonnika niż wyjściowe nasiona. Najwięcej błonnika było w korzeniach w porównaniu do liści i hypokotyli [22]. Kiełkowanie nasion rzodkwi, rzodkiewki i rzepaku przez 7 dni z dostępem światła powoduje liniowe zmniejszenie się zawartości białek rozpuszczalnych. Z początkowej wartości od 166,3 do 197,5 mg/g s.m. zawartość tych białek zmniejszyła się do 25 - 30 mg/g s.m. [60]. W kiełkach soi stężenie cukrów ogółem zawiera się w granicach 31,0 - 34,1 % w s.m. [39].

Tłuszcze

W kiełkach gryki [40] kwasy linolowy i oleinowy stanowiły 45,9 i 18,4 % wszystkich tłuszczów. W czasie kiełkowania zawartość kwasu oleinowego i stearynowego malała, a zwiększała się zawartość kwasu linolowego i linolenowego odpowiednio 1,3 i 5,4 razy. Zawartość tłuszczu w kiełkach stanowiła 1,3 % s.m. W nasionach amarantusa zawartość lipidów ulegała zmniejszeniu w czasie kiełkowania i po 3 dniach wynosiła 3,3 % s.m. [35]. Bogatym źródłem kwasów tłuszczowych są kiełki soi, które zawierają od 19,4 do 22,8 % tłuszczu w s.m. [39].

Składniki mineralne

Kiełki gryki [40] zawierają Ca w ilości 152 mg/100 g s.m., Zn – 9,9 mg/100 g s.m., Mg – 485 mg/100 g s.m., Fe – 5,4 mg/100 g s.m. Związki mineralne, oznaczone

w postaci popiołu, stanowią w kielkach gryki 2,6 % s.m. Popiół w trzydniowych kielkach amarantusa stanowił 3,2 % s.m. [35]. Zawartość popiołu w kielkach soi wynosi od 5,7 do 6,7 % s.m. [39].

Witaminy

Zawartość witamin A, C i E w kielkach gryki wynosiła odpowiednio 1180 I.U./100 g s.m. (357,6 µg/100 g s.m.), 203 mg/100 g s.m. i 32,1 mg/100 g s.m. [18]. Zawartość α-tokoferolu w kielkach wzrosła 27,5 razy w stosunku do nasion. W kielkach rzodkiewki po 7 dniach kiełkowania stwierdzono od 55 do 70 mg witaminy C w 100 g. Natomiast kiełki słonecznika i lucerny nie były tak bogatym źródłem witaminy C – zawierały one około 10 mg/100 g [29]. Zawartość karotenoidów i ksantofili w kielkach słonecznika wynosiła około 5 mg/100 g, natomiast w kielkach lucerny i rzodkiewki ich stężenie było w granicach 1 - 2 mg/100 g [1]. Nasiona rzodkwi, rzodkiewki i rzepaku są bogatym źródłem tokoferoli. Zawartość α-tokoferolu wzrastała liniowo w czasie kiełkowania i w ciągu 5 - 7 dni osiągała poziom 0,224 - 0,247 µmoli/g s.m. W tym samym czasie zawartość γ-tokoferolu zmniejszała się, przy czym proces ten bardzo zależał od gatunku nasion [60]. W kielkach 4-dniowych rzepaku zawartość α-tokoferolu wynosiła 104,37 µg/g s.m., a γ-tokoferolu 148,93 µg/g s.m. Łączna zawartość tokoferoli wynosiła 311,52 µg/g s.m. W kielkach rzodkwi γ-tokoferolu było 334,01 µg/g s.m., łączna zawartość tokoferoli wynosiła 506,52 µg/g s.m. [59].

Związki fenolowe

W czasie kiełkowania nasion gryki [18] zawartość rutyny (343,67 mg/100 g s.m.) wzrosła 18 razy w stosunku do nasion. W kielkach fasoli mung stwierdzono zawartość fenoli ogółem od 1054 do 1167 mg/100 g [29]. Kiełkowanie fasoli mung (*Vigna radiata* L.) powoduje co najmniej 2-krotny wzrost zawartości fenoli ogółem i znaczny wzrost zawartości proantocyjanidyn [25]. Wykazano, że w kielkach fasoli mung zawartość fenoli wzrasta w czasie kiełkowania [47]. Kielki słonecznika, rzodkiewki i lucerny są dobrym źródłem polifenoli. Po 7 dniach kiełkowania ich zawartość wynosiła odpowiednio 80, 160 i 30 mg/100 g [29]. W kielkach słonecznika, rzodkwi, fasoli mung, pszenicy i soczewicy stwierdzono następujące zawartości związków fenolowych, odpowiednio: $31,7 \pm 0,6$; $16,5 \pm 0,5$; $5,7 \pm 0,1$; $5,1 \pm 0,1$ i $4,1 \pm 0,1$ mg/g s.m. [46]. W 5-dniowych kielkach owsa stwierdzono od 336 do 727 mg/100 g s.m. [23]. W czasie kiełkowania nasion rzodkwi, rzodkiewki i rzepaku zawartość związków fenolowych zwiększała się z około 15 µmoli/g s.m. do około 35 µmoli/g s.m. [1]. Zawartość związków fenolowych w 4-dniowych kielkach rzepaku wynosiła 8,11 mg/g s.m., a w kielkach rzodkwi 8,9 mg/g s.m. [59]. W kielkach soi zawartość polifenoli wynosi od 494,0 do 537,2 mg/100 g s.m. [39].

Inne składniki kiełków

Intensywne procesy metaboliczne przebiegające w kiełkach prowadzą do powstawania różnych związków chemicznych. Zawartość zredukowanego glutationu w nasionach rzepaku wynosiła 1,62 $\mu\text{mola/g}$ s.m. i zmniejszyła się dziesięciokrotnie w ciągu 7 dni kiełkowania [60]. W innych badaniach stwierdzono 1,18 $\mu\text{mola/g}$ s.m. zredukowanego glutationu w nasionach rzepaku po 4 dniach kiełkowania. W kiełkach rzodkwi zawartość tego związku wynosiła 0,50 $\mu\text{mola/g}$ s.m. [59]. Glukozynolany są prekursorami izotiocyjanianów, które uwalniane są przez myrozynazę i indukują enzymy, które odgrywają istotną rolę w neutralizowaniu elektrofilów oraz w ochronie przed stresem oksydacyjnym. Głównym składnikiem glukozynolanów w kiełkach rokiety siewnej jest glukoerucyna, która rozkłada wodę utlenioną i alkilowe wodoronadtlenki, a więc działa jak wygaszacz nadtlenków. W procesie tym tworzony jest sulforafan, najbardziej aktywny induktor enzymów [3]. Dobrym źródłem glukozynolanów są skiełkowane nasiona kapusty białej, czerwonej i włoskiej [4]. W orzeszkach ziemnych skiełkowanych w 25 °C i 95 % RH przez 9 dni stwierdzono istotny wzrost zawartości resweratrolu z 2,3 - 4,5 do 11,7 - 25,7 $\mu\text{g/g}$. Najwięcej resweratrolu występowało w liścieniach, a znacznie mniej w korzeniach [53]. W kiełkach brązowego ryżu, jęczmienia i fasoli stwierdzono względnie wysokie zawartości kwasu γ -aminomasłowego (GABA), odpowiednio 389, 326 i 302 nmol/g s.m. [49]. Nasiona bobu (*Vicia faba*) zawierają znaczne ilości L-dihydroksy-fenylalaniny (L-DOPA), prekursora dopaminy [41]. Nasiona lnu są bogatym źródłem prekursorów lignanów [7]. Kiełkowanie nasion brokuła i rzodkiewki przez 3 i 5 dni prowadzi do powstania putrescyny, kadaweryny, histaminy, tyraminy, spermidyny i speminy. Stężenie tych amin biogennych było niskie i nie wpływało na rozwój kultur tkankowych HL-60 [26].

Właściwości przeciwutleniające kiełków

Test przeprowadzony z 17 fenolami pochodzenia roślinnego (m.in. rutyną, kwasem chlorogenowym, waniliną, kwasem wanilinowym, neohesperydyną, kwasem galusowym, kwasem szikimowym, ramnetyną i kempferolem) wykazał, że mają one zdolność wygaszania rodników i działają antyoksydacyjne. Jednocześnie wykazano, że w kiełkach fasoli mung zawartość fenoli wzrastała w czasie kiełkowania z równoczesnym wzrostem zdolności wygaszania rodników [47]. Właściwości antyoksydacyjne kiełków fasoli mung, skiełkowanej soi i rzodkiewki były porównane z BHA i α -tokoferolem. Metanolowe ekstrakty były od 6 do 10 razy mniej efektywne niż BHA. W eksperymentach utleniało kwas linolowy. Z badanych surowców najsilniejsze właściwości redukujące oraz zdolność wygaszania rodników DPPH wykazywał ekstrakt z kiełków rzodkiewki. Aktywność antyoksydacyjna wodnych ekstraktów kiełków fasoli mung w układzie β -karoten - kwas linolowy była niższa niż BHT [1]. Kiełki

fasoli adzuki (*Phaseolus angularis*) również wykazują właściwości antyoksydacyjne. Ekstrakty chloroformowo-metanolowe wykazały, że aktywność antyoksydacyjna związana jest głównie z frakcją niepolarną. Frakcja polarna wykazywała bardzo małą aktywność antyoksydacyjną [19]. Wodne i etanolowe ekstrakty skielkowanej pszenicy wykazują właściwości wygaszania nadtlenków. Ekstrakty otrzymane z 1 g suszonych kielków miały aktywność porównywalną z aktywnością 10 mg rutyny lub kwercetyny. Analiza wykazała, że aktywność antyoksydacyjna wynika z obecności redukujących glikozydów i polifenoli [5]. Głównym składnikiem glukozydów w kielkach rokity siewnej jest glukoerucyna, która wykazuje bezpośrednią i pośrednią aktywność przeciwutleniającą. Rozkłada wodę utlenioną i alkilowe wodoronadtlenki, a więc działa jak wygaszacz nadtlenków [3]. Ekstrakty metanolowe z kielków orzeszków ziemnych wygaszały 1,1-difenylo-2-pikrylo-hydrazyl, zapobiegając utlenianiu kwasu linolowego [53]. Kielkowanie nasion gryki powoduje istotne zwiększenie jej właściwości antyoksydacyjnych. Ekstrakty metanolowe korzeni oddzielonych od kielków po 6 dniach wykazywały właściwości przeciwutleniające wyrażone w $\mu\text{molach Troloxu/g s.m.}$ równe $375,80 \pm 26,21$, a po 8 dniach $288,73 \pm 13,50$ [58]. W przypadku kielków słonecznika, rzodkwi, fasoli mung, pszenicy i soczewicy odpowiednie wartości były następujące: $23,8 \pm 1$; $9,0$; $1,1 \pm 0,1$; $1,6 \pm 0,1$ i $1,3 \pm 0,1$ [46]. Zdolność wygaszania rodników kielków fasoli mung i pszenicy była porównywalna z aktywnością kwasu kawowego i ferulowego, natomiast słonecznika i rzodkwi odpowiadająca tokoferolowi i ekstraktom rozmarynu. Ekstrakty metanolowe i acetonowe z kielków rzodkiewki miały znaczną zdolność do rozkładania nadtlenku wodoru oraz wygaszania rodników [8]. Kielkowane przez 7 dni nasiona rzepaku, rzodkwi i rzodkiewki wykazywały właściwości przeciwutleniające od $67,0 \pm 7,0$ do $84,5 \pm 8,8 \mu\text{moli Troloxu/g s.m.}$ [60]. W innych badaniach stwierdzono po 4 dniach kielkowania nasion rzepaku i rzodkwi następujące zdolności a przeciwutleniające w $\mu\text{molach Troloxu/g s.m.}$, odpowiednio 76,4 i 67,9 [59].

Właściwości chelatujące

Najlepsze właściwości chelatowania jonów Fe^{2+} wykazały ekstrakty z kielków soi [44]. Ekstrakty metanolowe i acetonowe z sześciodniowych kielków rzodkiewki wykazały znacznie lepsze właściwości do chelatowania jonów Fe^{2+} niż Trolox. Odpowiednie wartości były następujące: 32,24; 45,33 i 4,03 % [8].

Właściwości biologiczne

Stwierdzono, że sok otrzymany z kielków fasoli mung wpływa na akumulację kadmu w wątrobie i nerkach, a także wykazuje efekt ochrony w stosunku do indukowanej kadmem hepatotoksyczności u szczurów [12]. Ekstrakty z igieł sosny, kielków soi, bylicy pospolitej i grzybów shitake wykazują aktywność osłaniającą wątrobę

szczurów przed uszkodzeniem czterochlorkiem węgla. Wszystkie ekstrakty istotnie obniżały aktywność aminotransferaz kwasu asparaginowego i alaniny [56]. W procesie kiełkowania nasion soi stwierdzono istotną redukcję zawartości inhibitorów trypsyny [39]. Badano stężenie cholesterolu w plazmie krwi szczurów karmionych dietą zawierającą 5 lub 10 % błonnika strawnego otrzymanego z kiełków fasoli mung. Po 21 dniach stwierdzono istotne zmniejszenie stężenia cholesterolu we krwi przy diecie zawierającej błonnik strawny [32]. Dieta zawierająca pełnoziarnisty chleb pszenny i kiełki powodowała istotne zmniejszenie zawartości cholesterolu w plazmie krwi szczurów w porównaniu z dietą kontrolną. Ponadto ogólna zawartość lipidów w plazmie krwi również uległa istotnemu zmniejszeniu. Istotne zmniejszenie strawności odnotowano w przypadku tej diety [28]. Fitoestrogeny występujące w niektórych roślinach działają *in vivo* jak słabe estrogeny i mogą zmniejszać ryzyko zachorowania na nowotwory piersi i osteoporozę. Najpowszechniej badane są izoflawony genisteina i daidzeina występujące w soi. Zawartość izoflawonów w soi zawiera się w granicach 560 – 3810 mg/kg. Koncentraty i izolaty białek soi zawierają 466 - 615 mg/kg izoflawonów. Wykazano, że ekstrakty fenoli z jabłek i marchwi, a także czyste związki fenolowe redukowały przeżywalność dwóch linii komórek nowotworowych jelita grubego w warunkach *in vitro* [38]. Kiełkowanie nasion powoduje hydrolizę białek, co w znacznym stopniu obniża alergenicność tych produktów. Stwierdzono, że trzydniowe kiełkowanie nasion soczewicy powoduje redukcję o 97 - 99 % ich immunoreaktywności w teście ELISA [54].

Modyfikowanie składu chemicznego kiełków

Kiełkowanie soi i fasoli mung w obecności fitohormonu z jednoczesnym sztucznym oświetleniem częściowo hamuje wzrost, a wytworzone kiełki były twardsze w stosunku do kontroli. Wzrosła również zawartość białka i cukrów z jednoczesnym zmniejszeniem zawartości tłuszczów. Zawartość witamin rozpuszczalnych w wodzie, z wyjątkiem witaminy B₁ również wzrosła. Uważa się, że taka metoda produkcji kiełków poprawia ich właściwości sensoryczne, a także podnosi ich wartość odżywczą [51]. Zastosowanie takich metod produkcji, jak: złoże obrotowe, traktowanie CO₂, złoże obrotowe z równoczesnym traktowaniem CO₂ oraz traktowanie roztworem fitohormonów spowalnia proces kiełkowania, jednocześnie uzyskuje się produkt o bardzo dobrych właściwościach fizycznych i żywieniowych [50].

Fasola mung moczona i kiełkowana w ciemności wykazywała istotny wzrost zawartości witaminy C, szczególnie gdy kiełki wystawiono na działanie światła. Uzyskano około 37 mg/100 g kiełków. Światło wpływało korzystnie na tworzenie karotenoidów w kiełkach [9]. Kiełkowanie nasion fasoli mung i lucerny siewnej (alfa-alfa) w obecności ozonu powodowało obniżenie skażenia mikrobiologicznego i wydłużenie hypokotyli. Jednocześnie aktywność katalazy została zredukowana i zwiększona ak-

tywność dysmutazy nadtlenkowej [31]. Krótkotrwałe potraktowanie nasion bobu (*Vicia faba*) mikrofalami (15 - 75 s), a następnie kiełkowanie w ciemności powoduje znaczne zwiększenie zawartości L-DOPA. Ponadto stwierdzono zwiększoną zawartość fenoli, wyższą aktywność antyoksydacyjną i enzymatyczną [41].

Kiełkowanie fasoli mung w roztworach zawierających selen w ilości od 0,5 do 50 ng/ml hamuje proces, ale zawartość selenu w kiełkach istotnie wzrasta. Przy najwyższym stężeniu selenu w roztworze uzyskano 155,6 mg Se/kg kiełków [11]. Z kolei opryskiwanie kiełków soi i fasoli mung roztworem selenu prowadziło do znacznej akumulacji tego pierwiastka. W zależności od metody opryskiwania i stężenia roztworu uzyskiwano nawet 525,12 $\mu\text{g Se/g s.m.}$ kiełków soi i 101,43 $\mu\text{g/g s.m.}$ fasoli mung [2]. Warto podkreślić, że w kiełkach nieopryskiwanych zawartość selenu była na poziomie 0,26 i 0,05 $\mu\text{g/g s.m.}$, odpowiednio w soi i fasoli mung. Kiełkowanie fasoli mung w obecności hydrolizatów białek odpadowych przy przerobieniu makreli, ekstraktów oregano i laktoferyny zwiększa zawartość fenoli o 18 - 35 % w stosunku do próby kontrolnej. Aktywność antyoksydacyjna wzrosła o 49 %. Zaobserwowano również aktywność przeciwbakteryjną w kiełkach traktowanych ekstraktem oregano lub laktoferyną [43]. Skiełkowana w ciemności fasola mung w obecności ekstraktów oregano i tymianku zawierała więcej fenoli w stosunku do próby kontrolnej, co wyrażało się podwyższoną aktywnością przeciwutleniającą [27]. Soja kiełkowana w obecności odłuszczonego ekstraktu z nasion sezamu zawierała więcej białka, związków mineralnych i witaminy C. Stwierdzono, że kiełki były większe [55]. Hydrolizat białek ryb, laktoferynę i ekstrakt oregano stosowano jako substancje sprzyjające produkcji fenoli i zwiększające aktywność antyoksydacyjną kiełków kukurydzy. Jednak żadna z badanych substancji nie wpływała istotnie na właściwości produktu [42]. Hydrolizaty białek ryb, laktoferyna i ekstrakt oregano wpływały na zawartość fenoli, L-DOPA, a także aktywność inhibitorów α -amylazy i α -glukozydazy w kiełkach *świerzbca właściwego* (*Mucuna pruriens*) [40]. W hodowli hydroponicznej japońskiej rzodkwi stosowano siarczan wapnia, chlorek żelazowy i siarczan magnezu. Stwierdzono maksymalną zawartość minerałów w kiełkach przy stężeniu badanych soli wynoszącym 0,1 % (m/v) w roztworze hydroponicznym [45]. Zastosowanie akwakultury w produkcji kiełków gryki znacznie skróciło proces, a także zwiększyło aktywność przeciwutleniającą i hipolipidemiczną, a także zdolność wygaszania rodników [36]. Kiełkowanie brązowego ryżu w obecności chlorku chromu prowadziło do wzbogacenia produktu w ten pierwiastek. W produkcji było 4 razy więcej chromu ogólnego i 11 razy więcej chromu organicznego niż w kiełkach uzyskanych bez dodatku chromu [57].

Wyprodukowane kiełki soi i fasoli mung zapakowano w woreczki polietylenowe w obecności tlenu, azotu lub CO_2 , a także powietrza i przetrzymywano przez 18 h w temp. 30 °C, w ciemności. Po 9 dniach stwierdzono, że kiełki traktowane CO_2 za-

wierały 7,4 razy więcej kwasu γ -aminomasłowego (GABA) niż przed pakowaniem. Beztlenowa obróbka azotem nie była tak efektywna [14].

Stan mikrobiologiczny kiełków

Nasiona stosowane do produkcji kiełków powierzchniowo są skażone rodzimą mikroflorą. Kiełkowanie prowadzone w temperaturze pokojowej i w wysokiej wilgotności środowiska sprzyja rozwojowi mikroflory. W rezultacie, produkt przeznaczony do konsumpcji może zawierać znaczne ilości różnych drobnoustrojów, zależne głównie od czasu i temperatury przechowywania produktu.

Ogólna liczba drobnoustrojów w kiełkach słonecznika po 7 dniach przechowywania w temperaturze 0 i 6 °C, wynosiła 10^8 /g, a kiełki lucerny i rzodkiewki zawierały o jeden rząd wielkości więcej drobnoustrojów w gramie produktu [29]. W populacji przeważały bakterie, natomiast drożdży i pleśni było 10^4 - 10^5 /g. Bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* występowały w ilości około 10^7 /g.

Badania 80 rodzajów kiełków dostępnych na rynku Mumbai w Indiach wykazały, że tlenowych bakterii było 10^7 - 10^8 /g, z grupy coli 10^6 - 10^8 /g, a *Staphylococcus* 10^3 - 10^5 /g. W żadnej próbie nie stwierdzono obecności *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* oraz *Salmonella* [30]. Ogólnie stwierdzono, że jakość mikrobiologiczna kiełków przechowywanych w temperaturze poniżej 8 °C jest dobra. W 90 próbach kiełków pobranych ze sklepów w Seulu w Korei stwierdzono obecność bakterii tlenowych, drożdży i pleśni, przy czym ogólna liczba drobnoustrojów bardzo zależała od rodzaju kiełków [17]. Mieszanki kiełków były znacznie bardziej skażone mikrobiologicznie niż produkty jednogatunkowe. W mieszankach bakterii tlenowych było 7,52 log jtk, gdy w kiełkach rzodkiewki 6,97 log jtk. W kiełkach rzepy było 2,54 - 2,84 log jtk bakterii tlenowych oraz 0,82 - 1,69 log jtk drożdży i pleśni. Nie stwierdzono obecności *Salmonella* i *Escherichia coli* O157:H7 tak w nasionach, jak i w kiełkach. Natomiast komórki *Enterobacter sakazakii* nie były obecne w nasionach, ale wystąpiły w 13,3 % pobranych prób.

Podjęto wielokierunkowe badania, których celem jest ograniczenie liczby drobnoustrojów w kiełkach. Badania te dotyczą surowca oraz samych kiełków. Stosowane techniki wykorzystują metody fizyczne, jak i chemiczne. Zastosowanie pulsującego pola magnetycznego w stosunku do 5-dniowych kiełków powodowało istotne zmniejszenie skażenia mikrobiologicznego produktu, zależne od natężenia pola i jego częstotliwości [23]. Przy 5 impulsach o natężeniu 5T w odstępach 250 μ s liczba bakterii zmniejszyła się o połowę, a pleśni i drożdży – dziesięciokrotnie. Napromieniowanie kiełków koniczyny promieniami UV-C o natężeniu od 1 do 10 kJ/m² w niewielkim stopniu zmniejszało ogólną liczbę drobnoustrojów tlenowych, o 1,03 - 1,45 log jtk [12]. Połączenie napromieniowania z zanurzeniem w roztworze kwasu fumarowego powodowało znacznie lepszy efekt. Liczba komórek *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhi-*

murium i *Listeria monocytogenes* została zmniejszona odpowiednio o 3,02; 2,88 i 2,35 log jtk. Krótkotrwałe zanurzenie kielków lucerny siewnej (alfa-alfa) i fasoli mung w wodzie o temp. od 70 do 100 °C w ciągu od 20 do 5 s powodowało całkowite usunięcie *Salmonella* z materiału. Kielki zainfekowano odpowiednio 7,6 i 6,9 log jtk przed procesem. Usunięcie bakterii z kielków alfa-alfa wymagało niższej temperatury niż w przypadku kielków fasoli mung [34].

Ze środków chemicznych stosowano kwas 5-aminolewulinowy [24], kwas octowy [34], kombinację enterocyny AS-48 z EDTA, kwasem mlekowym, kwasem polifosforowym, kwasem hydrocynamonowym, kwasem nadoctowym i podchlorynem sodu [6]. Stosowano roztwory dwutlenku chloru i kwasu fumarowego [15, 16]. Większość badań prowadzono z kielkami zainfekowanymi określoną liczbą komórek, głównie bakterii. Testy dotyczyły *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella* sp., *Enterobacter aerogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas fluorescens*. We wszystkich przypadkach środki chemiczne, ich kombinacje i stężenia, jeżeli nie miały działania bakteriobójczego, to istotnie hamowały rozwój badanych drobnoustrojów. Traktowanie kielków ditlenkiem chloru, a następnie pakowanie ich w atmosferze modyfikowanej hamuje rozwój bakterii mezofilnych oraz *Salmonella typhimurium* i *Listeria monocytogenes* [13].

Kierunki wykorzystania kielków

Nie ulega wątpliwości, że kielki spożyte w stanie surowym i w odpowiednim okresie rozwoju mają największą wartość żywieniową. Uwzględniając jednak proces produkcji, dystrybucję oraz sprzedaż, kielki w momencie zakupu nie zawsze znajdują się w tym najbardziej korzystnym stadium rozwoju. Ponadto, wykorzystanie ich w stanie świeżym jest uzależnione od preferencji i edukacji żywieniowej konsumenta.

Wydaje się, że jedną z metod wzbogacania diety w naturalne składniki odżywcze może być przetwórstwo kielków. Możliwe są następujące kierunki ich przetwórstwa:

1. *Suszenie*. Zastosowane metody suszenia powinny zachować w maksymalnym stopniu wartość odżywczą kielków. Dobrą metodą będzie liofilizacja, suszenie rozpyłowe rozdrobnionej zawiesiny, jak również suszenie metodami tradycyjnymi z odpowiednio dobranymi parametrami. Uzyskany susz, po rozdrobnieniu, może być aglomerowany lub formowany w postaci pastylek. Aglomerat i pastylki stanowią już gotowy produkt. Natomiast susz może być składnikiem wzbogacającym inne wyroby, np. pieczywo, różnego rodzaju desery, koncentraty zup, sosy i przyprawy w proszku.
2. *Zamrażanie*. Kielki w stanie zamrożonym mogą być składnikiem dań mrożonych, a także niektórych deserów.
3. *Pasteryzacja i sterylizacja*. Kielki, jako produkt mogą być utrwalane w puszkach lub słoikach w odpowiedniej zalewie. Ponadto, mogą być składnikiem konserw

warzywnych, mięsnych i rybnych. Wykazano, że procesy cieplne spowodowały statystycznie istotną inaktywację inhibitorów tripsyny w kiełkach soi, przy jednoczesnym wzroście zawartości polifenoli i aktywności przeciwutleniającej [39]. W innych badaniach [59] kiełki rzepaku i rzodkwi poddano pasteryzacji oraz sterylizacji i stwierdzono, że procesy te wpłynęły niekorzystnie na jakość otrzymanych konserw. Jednak w pracy tej badano tylko kiełki i nie uwzględniono tych składników, które przeszły do zalewy. Brak bilansu składników uniemożliwia ocenę rzeczywistego wpływu procesów cieplnych na wartość żywieniową kiełków.

Podsumowanie

Z powyższego przeglądu wynika, że kiełki wielu roślin są bogatym źródłem podstawowych składników diety człowieka. Prócz tego zawierają wiele związków, które w innych produktach nie występują lub występują w mniejszych ilościach. Kiełki wykazują właściwości atrakcyjne dla przemysłu spożywczego, takie jak wygaszanie rodników czy opóźnianie procesów utleniania. Skład chemiczny kiełków może być w prosty sposób modyfikowany, co stwarza możliwości uzyskiwania produktów bogatych w pożądane składniki.

Kiełkowanie jest procesem szybkim i prostym w wykonaniu. Z tego też względu kiełki mogą być tanim źródłem uzupełniającym żywność w substancje naturalne. Kiełki mogą być wielokierunkowo wykorzystane w produkcji żywności, co mogłoby przyczynić się do ich większego spożycia.

Literatura

- [1] Arroxelas-Galvao-de-Lima V.L., de Almeida-Melo E., Sucupira-Maciel M.I., Soares-Beltrao-Silva G., da Silva-Lima D.E.: Total phenolics and antioxidant activity of the aqueous extract of mung bean sprouts (*Vigna radiata* L). *Revista de Nutricao*, 2004, **17** (1), 53-57. (FSTA-2004-10-Jp2763).
- [2] Bai H.S., Kim D.J., Bai S.C., Kim D.J.: Evaluation of Se accumulation in the production of Se-treated soybean sprouts and mungbean sprouts. *J. Food Sci. Nutr.*, 2009, **14** (2), 142-147.
- [3] Barillari J., Canistro D., Paolini M., Ferroni F., Pedulli G.F., Iori R., Valgimigli L.: Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa* Mill.) seeds and sprouts. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, **53**, 2475-2482.
- [4] Bellostas N., Kachlicki P., Sorensen J.C., Sorensen H.: Glucosinolate profiling of seeds and sprouts of *B. oleracea* varieties used for food. *Scientia Horticulturae*, 2007, **114** (4), 234-242.
- [5] Calzuola I., Marsili V., Gianfranceschi G.L.: Synthesis of antioxidants in wheat sprouts. *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52**, 5201-5206.
- [6] Cobo-Molinos A., Abriouel H., Lopez R.L., Valdivia E., Omar N.B., Galvez A.: Combined physico-chemical treatments based on enterocin AS-48 for inactivation of Gram-negative bacteria in soybean sprouts. *Food Chem. Toxicol.*, 2008, **46** (8), 2912-2921.
- [7] Fletcher R.J.: Food sources of phyto-oestrogens and their precursors in Europe. *Br. J. Nutr.*, 2003, **89** (Suppl. 1), S39-S43.

- [8] Gawlik-Dziki U., Kowalczyk D.: Wpływ warunków ekstrakcji na aktywność przeciwutleniającą ekstraktów z kielków rzodkiewki. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **1** (50), 132-139.
- [9] Ghazali H.M., Goh S.C.: The effect of illumination on vitamin C and total carotenoid contents of black gram (*Vigna mungo* L.) sprouts. *Pertanika*, 1991, **14** (2), 159-161. (FSTA-1992-07-J0109).
- [10] <http://www.chefnoah.com/sprouts.htm> (2003).
- [11] Huang-Zhili, Mai-Bingpei.: Study on enriching selenium in mung bean sprouts. *Food Sci. China*, 2004, **25**, 200-203. (FSTA-2004-11-Jp2932)
- [12] In H-C., Sung O-K., Kyung S-K., Myung Y-L.: Effect of mungbean sprouts juice on cadmium-induced hepatotoxicity in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 1998, **27**, 980-986.
- [13] Jin H.H., Lee S.Y.: Combined effect of aqueous chlorine dioxide and modified atmosphere packaging on inhibiting *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in mungbean sprouts. *J. Food Sci.*, 2007, **72** (9), M441-M445.
- [14] Katagiri M., Shimizu S.: Gamma-amino butyric acid accumulation in bean sprouts (soybean, black gram, green gram) treated with carbon dioxide. *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.*, 1989, **36**, 916-919. (FSTA-1990-07-J0103).
- [15] Kim Y., Kim M., Song K.B.: Combined treatment of fumaric acid with aqueous chlorine dioxide or uv-C irradiation to inactivate *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar *typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* inoculated on alfalfa and clover sprouts. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2009, **42** (10), 1654-1658.
- [16] Kim Y.J., Kim M.H., Song K.B.: Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on broccoli sprouts. *Food Control.*, 2009, **20** (11), 1002-1005.
- [17] Kim H., Lee Y., Beuchat L.R., Yoon B-J., Ryu J-H.: Microbial examination of vegetable seed sprouts in Korea. *J. Food Prot.*, 2009, **72** (4), 856-859.
- [18] Kim Y. S., Kim J.G., Lee Y.S., Kang I.J.: Comparison of the chemical components of buckwheat seeds and sprouts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 2005, **34**, 81-86. (FSTA-2005-06-Mg0923).
- [19] Kojima M., Suzuki N., Ohnishi M., Ito S.: Changes in antyoxidative activity and tocopherol contents during germination of adzuki beans. *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.*, 1997, **44**, 144-148. (FSTA-1998-02-Jp0300).
- [20] Krajewski K., Trzcńska I.: Kielki – szansa na zdrowie i nowoczesność. (http://www.sggw.waw.pl/~zcz_knzd/gazetka/1/0111.html), 1998.
- [21] Kunze H.: *Technologie Bruer und Malzer*. WLB, Berlin, 1999, pp. 101-105.
- [22] Kyung A-L., Young A-C., Young H-H., Hye S-L.: Analysis of dietary fiber of 66 Korean varieties of sprout beans and bean sprouts. *Nutraceuticals and Food*, 2003, **8**, 173-178.
- [23] Lipiec J., Janas P., Barabas W., Pysz M., Pisulewski P.: Effect of oscillating magnetic field pulsem on selected oat sprouts used for food purposes. *Acta Agrophysica*, 2005, **5** (2), 357-365.
- [24] Luksiene Z., Danilcenko H., Taraseviciene Z., Anusevicius Z., Moroziene A., Hivinskas H.: New approach to fungal decontamination of wheat used for wheat sprouts: effect of aminolevulinic acid. *Int. J. Food Microbiol.*, 2007, **116** (1), 153-158.
- [25] Majewska B.: Kielki – najdoskonalszy pokarm na ziemi? *Zdrowa Żywność*, 1994, **1** (23), 16-17.
- [26] Martinez-Villaluenga C., Frias J., Gulewicz P., Gulewicz K., Vidal-Valverde C.: Food safety evaluation of broccoli and radish sprouts. *Food Chem. Toxicol.*, 2008, **46** (5), 1635-1644.
- [27] McCue P., Shetty K.: Clonal herbal extracts as elicitors of phenolic synthesis in dark-germinated mungbeans for improving nutritional value with implications for food safety. *J. Food Biochem.*, 2002, **26**, 209-232.
- [28] Metwalli O.M., Al-Okbi S.Y., Abbas A.E.: Impact of some commonly used Egiptian diets on plasmalipids profiles of rats. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 1993, **32**, 229-236.

- [29] Michalczyk M., Macura M.: Wpływ warunków przechowywania na jakość wybranych, dostępnych w obrocie handlowym, mało przetworzonych produktów warzywnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **3** (58), 96-107.
- [30] Nagar V., Bandekar J.R.: Microbial quality of packaged sprouts from supermarkets in Mumbai, India. *Int. J. Food Safety Publ. Health*, 2009, **2** (2), 165-175.
- [31] Naito S., Shiga I.: Studies on utilization of ozone in food preservation. IX. Effect of ozone treatment on elongation of hypocotyl and microbial counts of bean sprouts. *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.*, 1989, **36**, 181-188. (FSTA-1991-04-J0067).
- [32] Nishimura N., Taniguchi Y., Kiriya S.: Plasma cholesterol-lowering effect on rats of dietary fiber extracted from immature plants. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 2000, **64**, 2543-2551.
- [33] Olszewska I.: Kielki – naturalne źródło witamin. *Śląski Ośrodek Doradztwa Rolniczego*, 2003, **6**, 7-9.
- [34] Pao S., Kalantari A., Khalid M.F.: Eliminating *Sallmonella enterica* in alfalfa and mung bean sprouts by organic acid and hot water immersion. *J. Food Proc. Preserv.*, 2008, **32** (2), 335-342.
- [35] Paredes-Lopez O., Mora-Escobedo R.: Germination of amaranth seeds: effect on nutrient composition and color. *J. Food Sci.*, 1989, **54**, 761-762.
- [36] Peng C-C., Chen K-C., Yang Y-L., Lin L-Y., Peng R.Y.: Aqua-culture improved buckwheat sprouts with more abundant precious nutrients and hypolipidemic activity. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 2009, **60** (1), 232-245.
- [37] Piesiewicz H., Mielcarz M.: Kielki w żywieniu człowieka. *Przegl. Piek. Cuk.*, 2001, (3), 10-14.
- [38] Przybylska K., Bennett R.M., Kromer K., Gee J.M.: Assessment of the antiproliferative activity of Carnot and apple extracts. *Pol. J. Food. Nutr. Sci.* 2007, **57** (3), 307-314.
- [39] Pysz M., Pisulewski P.M., Leszczyńska T.: Wpływ oddziaływania impulsowego i ciągłego pola mikrofalowego na wartość żywieniową i właściwości przeciwutleniające kiełkowanych nasion soi. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **1** (46), 102-116.
- [40] Randhir R., Kwon Y.I., Shetty K.: Improved health relevant functionality in dark germinated *Mucuna pruriens* sprouts by elicitation with peptide and phytochemical elicitors. *Bioresource Technol.*, 2009, **100** (19), 4507-4514.
- [41] Randhir R., Shetty K.: Microwave stimulation of L-DOPA, phenolics and antioxidant activity in faba bean (*Vicia faba*) for Parkinson's diet. *Proc. Biochem.*, 2004, **39**, 1775-1784.
- [42] Randhir R., Shetty K.: Developmental stimulation of total phenolics and related antioxidant activity in light- and dark-germinated corn by natural elicitors. *Proc. Biochem.*, 2005, **40**, 1721-1732.
- [43] Randhir R., Lin Y.T., Shetty K.: Stimulation of phenolics, antioxidant and antimicrobial activities in dark germinated mung bean sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. *Proc. Biochem.*, 2004, **39**, 637-646.
- [44] Ray G-W., Gow C-Y.: Antioxidant activity of mungbean sprouts, soybean sprouts and radish sprouts. *J. Chinese Agric. Chem. Soc.*, 1997, **35**, 661-670 (FSTA-1998-05-Jh1080).
- [45] Saiki C., Hirasawa R., Sadayasu C., Yamashiro S., Tominaga M., Sato K.: Uptake of iron by a vegetable: kaiware daikon (Japanese radish sprout). *J. Nutritional Sci. Vitaminology*, 2004, **50**, 286-290. (FSTA-2005-Jq1402).
- [46] Samotyja U., Zdziebłowski T., Szlachta M., Małecka M.: Przeciwutleniające właściwości ekstraktów z kiełków roślin. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **5** (54), 122-128.
- [47] Sawa T., Nakao M., Akaike T., Ono K., Maeda H.: Alkylperoxyl radical-scavenging activity of various flavonoids and other phenolic compounds: implications for the anti-tumor-promoter effect of vegetables. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **47**, 397-402.
- [48] Stoś K., Szponar L.: Suplementy diety w ochronie zdrowia konsumenta. *Przem. Spoż.* 2006, **60** (5), 32-35.

- [49] Suk H-O., Yeon J-M., Chan H-O.: Gamma aminobutyric acid (GABA) content of selected uncooked foods. *Nutraceuticals and Food*, 2003, **8**, 75-78.
- [50] Tajiri T.: Effect of different cultivation methods on maintenance of physical properties and nutrients of thick soybean sprouts after heating treatment. XVII. Studies on cultivation and keeping quality of bean sprouts. *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.*, 1999, **46**, 395-403 (FSTA-1999-10-Jn2394).
- [51] Tajiri T.: Effect of dipping in mixed phytohormone solution intermittently combined with application of artificial sunlight lamps on growth and quality of thick bean sprouts. *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.*, 2000, **47**, 233-240 (FSTA-2000-09-Jp1776).
- [52] Troszyńska A., Wolejszo A., Narolewska O.: Effect of germination time on the content of phenolic compounds and sensory quality of mung bean (*Vigna radiata L.*) sprouts. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2006, **15/56**, 453-459.
- [53] Wang K.H., Lai Y.H., Chang J.C., Ko T.F Shyu S.L., Chiou R.Y.Y.: Germination of peanuts kernels to enhance resveratrol biosynthesis and prepare sprouts as a functional vegetable. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, **53**, 242-246.
- [54] Wolejszo A., Szymkiewicz A., Troszyńska A.: Immunoreactive properties and sensory quality of gentil (*Lens culinaris*) and mung bean (*Vigna radiata L.*) sprouts. *Pol. J. Food. Nutr. Sci.*, 2007, **57 (4)**, 415-420.
- [55] Young G-K., Tae G-I., Sang S-P., Nam C-H., Suk S-H.: Effect of DSSE (defatted sesame seed extract) on quality characteristics of soybean sprouts. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 2000, **32**, 742-746 (FSTA-2000-09-Jn1935).
- [56] Young K. H., Sung W.: Protective effects of plant extracts on the hepatocytes of rat treated with carbon tetrachloride. *J. Soc. Food Sci. Nutrit.*, 2004, **33**, 1246-1251. (FSTA-2005-02-Te0113).
- [57] Zheng Y., Zheng L., Wei X.: Study on chromium-enriched sprouted brown rice. *Cereal and Feed Ind.*, 2004, **(8)**, 9-10. (FSTA-2005-03-Me0349).
- [58] Zielińska D., Wiczowski W., Piskula M.K.: Evaluation of chemiluminescent, spectrophotometric and cyclic voltammetry methods for the measurement of the antioxidant activity: the case of roots separated from buckwheat sprouts. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2008, **58 (1)**, 65-72.
- [59] Zieliński H., Piskula M.K., Kozłowska H.: Biologically active compounds in Cruciferae sprouts and their changes after thermal treatment. *Pol. J. Food. Nutr. Sci.*, 2005, **14/55(4)**, 375-380.
- [60] Zieliński H., Piskula M.K., Michalska A., Kozłowska H.: Antioxidant capacity and its components of cruciferous sprouts. *Pol. J. Food. Nutr. Sci.*, 2007, **57 (3)**, 315-322.

SPROUTS AS SOURCE OF VALUABLE NUTRITIENS

S u m m a r y

In the paper, the changes are presented that occur in seeds whilst they sprout, as is the connection between the sprouting seeds and the chemical composition thereof. The sprouts have been proved to be a rich source of basic food components such as amino acids, vitamins, minerals, unsaturated fatty acids, and dietary fibre. Moreover, the sprouts contain those compounds, which are absent, or occur in small amounts in other food products. First of all, they are compounds showing antioxidant activity. Furthermore, some examples are given to demonstrate the impact of technological parameters and composition of moisturizing fluid on the sprouting process and on the chemical composition of sprouts. The production of sprouts is simple and makes it possible to produce sprouts containing abounding amounts of a required component or components. The microbiological quality of sprouts can constitute a problem both during the production process and when selling sprouts. Hence, the sprouts should be deemed as a raw material for processing,

such as drying, freezing, and preserving in hermetically sealed cans, or as a source of natural components that are essential for diet.

Key words: seed sprouting, chemical composition, antioxidant properties, polyphenols, macro- and microelements ☒