

PATRYCJA CICHONSKA, MAŁGORZATA ZIARNO

WPLYW KIEŁKOWANIA NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH WĘGLOWODANÓW I POLIFENOLI OGÓŁEM W NAPOJACH Z FASOLI BIAŁEJ

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu procesu kiełkowania nasion na zawartość wybranych węglowodanów i polifenoli ogółem w napojach z fasoli białej. Materiał doświadczalny stanowiły napoje otrzymane z nasion fasoli białej ‘Piękny Jaś Karłowy’ (*Phaseolus vulgaris* L.). Napoje otrzymano z fasoli poddawanej oraz niepoddawanej procesowi kontrolowanego kiełkowania. Oznaczenie zawartości wybranych węglowodanów (fruktozy, sacharozy, maltozy, rafinozy i stachiozy) przeprowadzono z użyciem wysoko-sprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) z detekcją refraktometryczną. Całkowitą zawartość polifenoli oznaczono metodą Folina-Ciocalteu’a i wyrażono w równoważnikach kwasu galusowego. Wykazano, że zastosowanie procesu kiełkowania nasion w istotny sposób wpłynęło na całkowitą zawartość polifenoli oraz na zawartość sacharozy, rafinozy i stachiozy w badanych napojach z fasoli. Zwiększenie zawartości polifenoli i zmniejszenie zawartości wskazanych węglowodanów odnotowano w przypadku napojów z fasoli, której nasiona zostały poddane procesowi kiełkowania przez 3 dni. Dotychczas prowadzone badania dotyczące zmian zawartości polifenoli i węglowodanów pod wpływem procesu kiełkowania dotyczyły głównie samych nasion roślin strączkowych. Brakuje opracowań dotyczących wpływu tego procesu w odniesieniu do napojów roślinnych wytwarzanych z tych surowców. Proces kiełkowania przyczynił się do rozkładu oligosacharydów nieulegających trawieniu w przewodzie pokarmowym człowieka i do zwiększenia zawartości polifenoli w badanych napojach z fasoli. Kiełkowanie jest procesem, który pozwala na otrzymanie napojów roślinnych z nasion roślin strączkowych o zwiększonej wartości żywniowej.

Słowa kluczowe: napoje roślinne, napój fasolowy, polifenole, węglowodany, kiełkowanie

Wprowadzenie

Obserwuje się rosnące zainteresowanie konsumentów dietą roślinną wynikające głównie ze względów etycznych, chęci prowadzenia zdrowego trybu życia i ograni-

Mgr inż. P. Cichowska, dr hab. inż. M. Ziarno, prof SGGW, Katedra Technologii i Oceny Żywności, Instytut Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa. Kontakt: patrycja_cichonska@sggw.edu.pl

czenia negatywnego wpływu na środowisko [4, 12, 14]. Konsumenci coraz częściej sięgają po produkty spożywcze będące alternatywą dla produktów zwierzęcych i odzwierzęcych również ze względów zdrowotnych, takich jak alergia bądź nietolerancja białek mleka krowiego i/lub laktozy czy podwyższony poziom cholesterolu we krwi [4, 12]. Dużym popytem cieszą się napoje roślinne stanowiące alternatywę dla mleka krowiego [19]. Przewiduje się, że światowy rynek napojów roślinnych wzrośnie z 8,51 mld USD w 2016 r. do 24,6 mld USD w 2025 r. [12].

Napoje roślinne otrzymywane są na drodze wodnej ekstrakcji surowców, m.in. zbóż, nasion roślin strączkowych, orzechów, a ich wartość odżywcza znacznie różni się w zależności od surowca, z którego powstają [12, 14]. Wśród napojów otrzymywanych z nasion roślin strączkowych największą popularnością cieszy się napój sojowy. Soja może powodować jednak alergię nawet u 14 % osób cierpiących również na alergię na białka mleka krowiego [14]. Mniejszą akceptacją cechują się napoje roślinne z innych nasion roślin strączkowych, takich jak: fasola, groch, łubin i ciecierzycza, jednak ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne stanowią one potencjalnie odpowiednie matryce do produkcji wegańskich substytutów mleka krowiego [13, 18].

Rośliny strączkowe zawierają korzystne dla zdrowia związki, takie jak inozytol, polifenole, w tym izoflawony i są uważane za niedrogie źródło białka, błonnika, składników mineralnych, węglowodanów i witamin w diecie [7, 10, 15]. Prawie wszystkie jadalne nasiona roślin strączkowych zawierają jednak również składniki przeciwodżywcze, takie jak oligosacharydy, fitiny i inhibitory proteaz [17, 18]. Spożycie tych produktów jest ograniczone ze względu na brak wiedzy konsumentów na temat sposobu ich prawidłowego przyrządzenia oraz efekt wzdymający wywołany przez oligosacharydy, m.in. rafinozę i stachiozę [10, 17]. Istnieje potrzeba opracowania produktów spożywczych pochodzenia roślinnego o korzystnym profilu aminokwasowym i o ograniczonej zawartości składników przeciwodżywczych [2].

Niektóre metody przetwarzania, takie jak: obróbka termiczna, moczenie, kiełkowanie i fermentacja pozwalają na zmniejszenie zawartości składników przeciwodżywczych, zwiększenie smakowitości, a także zwiększenie przyswajalności skrobi i białka z nasionach roślin strączkowych [1, 15, 19]. Zastosowanie kiełkowania w przypadku nasion roślin strączkowych może prowadzić do inaktywacji inhibitorów trypsyny, ograniczenia zawartości kwasu fitynowego oraz ograniczenia ilości oligosacharydów wywołujących dyskomfort i wzdęcia [3, 18].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu procesu kiełkowania nasion fasoli białej na zawartość wybranych węglowodanów i polifenoli ogółem w napojach przygotowanych na ich bazie.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiły napoje otrzymane z fasoli białej. Napoje otrzymywano ze skielkowanych i nieskielkowanych nasion fasoli białej ‘Piękny Jaś Karłowy’ (*Phaseolus vulgaris* L.). Proces kiełkowania prowadzono w kiełkownicy w temp. 25 °C przez 3 dni (wymieniając wodę co 24 h). Skielkowane i nieskielkowane nasiona fasoli poddawano procesowi sterylizacji w temp. 121 °C przez 15 min, mieszano z wodą pitną w stosunku 1 : 9 (m/m) i homogenizowano do uzyskania jednorodnej masy. Uzyskaną masę cedzono przez sito o wielkości oczek 0,1 mm, a otrzymane napoje poddawano procesowi sterylizacji w temp. 121 °C przez 15 min w celu przeprowadzenia żelatynizacji skrobi oraz inaktywacji mikroorganizmów i enzymów.

Oznaczanie zawartości węglowodanów wykonywano w ekstraktach z napojów przy użyciu wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC). Ekstrakty przygotowywano z próbek napojów z fasoli skielkowanej i nieskielkowanej poprzez zmieszanie 8 g napoju oraz 32 g metanolu (Chromasolv do HPLC, Sigma-Aldrich, Polska). Próbki intensywnie mieszano, umieszczano w łaźni ultradźwiękowej na 30 min w temp. 30 °C, następnie wirowano w wirówce laboratoryjnej MPW-350R – temp. 4 °C, 5200 obr./min (POCH, Polska). Po procesie wirowania płyn nad osadu filtrowano przez filtr strzykawkowy – wielkość porów 0,4 µm (Merck Milipore, Niemcy) i poddawano analizie HPLC. Anality rozdzielano za pomocą zestawu HPLC wyposażonego w pompy DeltaChrom™ Pump, pętlę dozującą Sykam S 6020 Needle Injection Valve, urządzenie kontrolujące temperaturę kolumny DeltaChrom™ Temperature Control Unit oraz kolumnę 05397-51 Cosmosil Sugar-D (4,6 ID × 250 mm) zabezpieczoną prekolumną 05394-81 Cosmosil Guard Column Sugar-D (4,6 ID × 10 mm). Detekcję analitów prowadzono przy użyciu detektora refraktometrycznego Sykam, S3580 RI (Sykam, Niemcy). Podczas analiz stosowano elucję izokratyczną i fazę ruchomą będącą mieszaniną acetonitrylu (Chempur, Polska) i wody dejonizowanej w stosunku wagowym 4 : 1. Do układu dozowano po 0,01 cm³ roztworów próbek przy użyciu mikrostrzykawki laboratoryjnej. Analizę każdej próbki prowadzono przez 30 min. Każdy napój analizowano w 3 powtórzeniach. Po zakończonej analizie dokonywano identyfikacji otrzymanych pików na podstawie porównania czasów retencji z czasami retencji substancji wzorcowych wybranych węglowodanów: fruktozy, sacharozy, maltozy, rafinozy i stachiozy (Sigma-Aldrich, Polska). Zawartość wybranych węglowodanów w próbkach napojów obliczano na podstawie pola powierzchni pod pikiem zidentyfikowanego węglowodanu z uwzględnieniem stopnia zagęszczenia próby wyjściowej.

Oznaczanie całkowitej zawartości polifenoli w napojach ze skielkowanej i nieskielkowanej fasoli wykonywano metodą z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a (Sigma-Aldrich, Polska) i wyrażano jako równoważnik kwasu galusowego (Sigma-Aldrich, Polska). Mieszaniny reakcyjne stanowiły roztwory kwasu galusowego lub napojów (0,25 cm³) zmieszane z wodą (19,75 cm³), odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a (1,25 cm³)

oraz roztworem węgla sodu ($3,75 \text{ cm}^3$, roztwór nasycony). Absorbancję próbek sporządzonych w trzech powtórzeniach mierzono po 30 min przy długości fali $\lambda = 765 \text{ nm}$ wobec próby zerowej za pomocą spektrofotometru UV-Vis Helios Gamma (Thermo Fisher Scientific Inc., USA). Całkowitą zawartość polifenoli w analizowanych próbkach przeliczano na równoważniki kwasu galusowego na podstawie wykonanej uprzednio krzywej wzorcowej w zakresie stężeń $0,5 \div 2,5 \text{ mg/cm}^3$.

Analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem oprogramowania Statistica 13.3.

Wyniki i dyskusja

Zastosowanie procesu kiełkowania nasion w sposób statystycznie istotny ($p = 0,002382$) wpłynęło na całkowitą zawartość polifenoli w badanych napojach z fasoli. Większą zawartość polifenoli wykazano w napoju z fasoli, której nasiona zostały poddane procesowi kiełkowania przez okres 3 dni.

Zastosowanie procesu kiełkowania w statystycznie istotny sposób wpłynęło na zawartość sacharozy ($p = 0,000008$), rafinozy ($p = 0,003602$) i stachiozy ($p = 0,019242$) w badanych napojach z fasoli – proces kiełkowania wpłynął na zmniejszenie zawartości tych węglowodanów. Brak statystycznie istotnych różnic wykazano w przypadku zawartości fruktozy i maltozy. W tab. 1. przedstawiono wyniki zawartości polifenoli ogółem oraz wybranych węglowodanów w napojach fasolowych, w zależności od zastosowania i braku zastosowania procesu kiełkowania nasion.

Dotychczas prowadzono badania dotyczące wpływu procesu kiełkowania na zawartość polifenoli oraz zawartość węglowodanów w nasionach roślin strączkowych bez uwzględniania przemian tych związków w napojach z nich wytworzonych. Z uwagi na brak danych literaturowych dotyczących przemian polifenoli i węglowodanów w napojach z nasion fasoli w dyskusji odniesiono się do badań przeprowadzonych z wykorzystaniem samego surowca do produkcji napojów, czyli skiełkowanych i nieskiełkowanych nasion fasoli.

Podczas wytwarzania napojów fasolowych stosuje się procesy mechaniczne (np. rozdrabnianie, filtrację) oraz cieplne (np. sterylizację). Procesy te przyczyniają się do eliminacji składników przeciwożywczych, ale również mogą wpływać na obniżenie aktywności przeciwutleniającej nasion fasoli [6, 20]. Zastosowanie wcześniejszego procesu kiełkowania nasion fasoli wpływa na zwiększenie zawartości polifenoli ogółem w finalnym napoju z fasoli białej w porównaniu z napojem wytwarzanym z fasoli nieskiełkowanej. W związku z tym wykorzystanie procesu kiełkowania w produkcji napojów fasolowych w pewnym stopniu może zrekompensować straty polifenoli podczas procesu ich wytwarzania.

Tabela 1. Zawartość polifenoli ogółem i wybranych węglowodanów w napojach z fasoli białej, w zależności od zastosowania procesu kiełkowania nasion

Table 1. Content of total polyphenols and selected carbohydrates in white kidney bean beverages, depending on seed germination process applied

Napój Beverage	n	Średnia zawartość polifenoli ogółem [mg kwasu galusowego/cm ³] Average content of total polyphenols [mg gallic acid/cm ³]	Średnia zawartość badanych węglowodanów Average content of carbohydrates tested [mg/kg]				
			fruktoza fructose	sacharoza sucrose	maltoza maltose	rafinoza raffinose	stachioza stachyose
Napój z fasoli nieskiełkowanej Bean-based beverage from non-germinated beans	3	0,723 ^a	0,05 ^a	2,32 ^a	0,17 ^a	0,13 ^a	0,50 ^a
Napój z fasoli skiełkowanej Bean-based beverage from germinated beans	3	1,237 ^b	0,06 ^a	2,13 ^b	0,17 ^a	0,08 ^b	0,28 ^b

Objaśnienia / Explanatory notes:

n – liczba próbek / numer of samples; a, b – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly at $p < 0.05$.

Biezanowska-Kopec i Pisulewski [6] dowiedli, podobnie jak w niniejszych badaniach, że proces kiełkowania zwiększał istotnie ($p < 0,05$) zawartość polifenoli w badanych materiałach. Zawartość polifenoli wzrastała z każdym dniem kiełkowania w porównaniu z próbą kontrolną (średnio 2,27 mg równoważników katechiny/g s.m.), a najwyższy poziom osiągnęła w 5. (średnio 2,95 mg równoważników katechin/g s.m.) lub w 4. dniu (średnio 2,90 mg równoważników katechin/g s.m.), w zależności od odmiany fasoli. Według autorów przygotowanie nasion do spożycia polegające na kiełkowaniu było korzystniejsze w porównaniu z procesami termicznymi ze względu na większą zawartość przeciwutleniaczy. Z kolei Gharachorloo i wsp. [11] stwierdzili, że kiełkowanie istotnie poprawiło właściwości przeciwutleniające badanych nasion roślin strączkowych. Wykazali, że średnia zawartość związków fenolowych ekstrahowanych z badanych nasion za pomocą acetonu, metanolu i heksanu wynosiła odpowiednio [mg/kg]: 112,37, 37,4 i 32,97, podczas gdy średnia zawartość tych związków w nasionach poddanych kiełkowaniu i ekstrahowanych tymi samymi rozpuszczalnikami wynosiła odpowiednio [mg/kg]: 136,87, 65,51 i 53,67. Ww. autorzy wskazali, że prawdo-

podobnie do syntezy większości związków fenolowych dochodzi w czasie procesów wzrostu nasion.

W badaniach Khanga i wsp. [16], w których oceniano zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniającą m.in. fasoli czarnej, fasoli azuki i fasoli Mung, zaobserwowano, że średnia zawartość fenoli ogółem po 5 dniach kiełkowania znacznie zwiększyła się ($p < 0,05$) we wszystkich badanych próbkach. W ziarnach nieskiełkowanych zawartość fenoli ogółem wahała się w zakresie $5,80 \div 18,21$ mg równoważników kwasu galusowego/g suchej próbki. Po 5 dniach kiełkowania zawartość fenoli w fasoli Mung zwiększyła się 2-krotnie, podczas gdy w fasoli czarnej i fasoli azuki zwiększyła się odpowiednio o ok. 50 i 25 %. W badaniach własnych po 3-dniowym okresie kiełkowania zawartość polifenoli w napoju fasolowym zwiększyła się o 70 %, tak więc wyniki badań własnych są zbliżone do wyników ww. autorów.

Bieżanowska-Kopeć i wsp. [5] wykazali, że proces kiełkowania w sposób istotny ($p < 0,05$) wpływał na zwiększenie zawartości polifenoli (z 2,28 do 2,95 mg równoważników katechiny/g) po 5 dniach prowadzenia procesu. Zawartość rafinozy i stachiozy w surowych nasionach fasoli wynosiła odpowiednio: 5,90 i 60,28 mg/g, a proces kiełkowania redukował ich zawartość odpowiednio: o 66 i 90 %. W niniejszych badaniach po procesie kiełkowania uzyskano mniejszą redukcję zawartości rafinozy (o 38,5 %) i stachiozy (o 44 %).

El-Adawy i wsp. [9] badali potencjał żywieniowy i właściwości funkcjonalne poddanych kiełkowaniu nasion fasoli Mung, grochu i soczewicy. W każdym z surowców zawartość węglowodanów w istotny sposób ($p < 0,05$) zmniejszyła się już po 72-godzinnym kiełkowaniu. W fasoli Mung zawartość stachiozy zmniejszyła się z 14,86 do 0,24 mg/g, zaś zawartość rafinozy – z 4,31 do 0,07 mg/g.

W badaniach Dostalovej i wsp. [8] analizowano zmiany zawartości α -galaktozydów w wybranych nasionach roślin strączkowych pod wpływem procesu kiełkowania i obróbki wysokociśnieniowej. W fasoli Mung odnotowano zmniejszenie zawartości wszystkich α -galaktozydów podczas 3-dniowego procesu kiełkowania, odpowiednio o [%]: 24,3, 24,4 i 16,1 w stosunku do pierwotnej zawartości rafinozy, stachiozy i werbaskozy.

Przedstawione dane literaturowe z wcześniej przeprowadzonych badań są zbliżone do otrzymanych w niniejszych badaniach. Proces kiełkowania spowodował zwiększenie zawartości polifenoli ogółem oraz zmniejszenie zawartości badanych oligosacharydów i sacharozy. W przytoczonych opracowaniach, w których analizowano zawartość poszczególnych składników w suchych nasionach roślin strączkowych można zaobserwować kilka, a nawet kilkanaście razy większą zawartość polifenoli oraz wybranych węglowodanów w porównaniu z wartościami otrzymanymi w badaniach własnych, a dotyczącymi napojów z tych surowców. Procesowi wytwarzania napojów z fasoli białej towarzyszy utrata części suchej masy surowca w wyniku zastosowania

procesu rozdrabniania i filtracji. Dodatkowo stosowane są zabiegi rozcieńczenia oraz sterylizacji. Zastosowane procesy mechaniczne i cieplne spowodowały znaczne zmniejszenie zawartości polifenoli oraz wybranych węglowodanów w porównaniu z zawartością tych składników w surowcu wyjściowym. Zawartość fruktozy i maltozy w badanych napojach nie zmieniła się istotnie pod wpływem procesu kiełkowania. Może to być wynikiem ich znacznie mniejszej zawartości w napoju, spowodowanej wysokim rozcieńczeniem surowca.

Wnioski

1. Proces kiełkowania nasion wpłynął statystycznie istotnie na zwiększenie zawartości polifenoli ogółem i zmniejszenie zawartości rafinozy, stachiozy i sacharozy w napoju uzyskanym z fasoli białej (*Phaseolus vulgaris* L.).
2. Doniesienia literaturowe wskazują, że prawdopodobnie do syntezy większości związków fenolowych dochodzi w czasie procesów wzrostu nasion, co może wyjaśniać zwiększenie zawartości polifenoli ogółem w badanych napojach.
3. Proces kiełkowania przyczynił się do rozkładu oligosacharydów nieulegających trawieniu w przewodzie pokarmowym człowieka.
4. Nasiona fasoli białej stanowią odpowiednią matrycę do wytwarzania napojów roślinnych, będących substytutami mleka krowiego.
5. W celu otrzymania produktu o zwiększonej wartości żywieniowej korzystne jest stosowanie w ich technologii odpowiednich procesów pomocniczych, takich jak kiełkowanie.

Literatura

- [1] Akeem S., Kolawole F., Joseph J., Kayode R., Akinatayo O.: Traditional food processing techniques and micronutrients bioavailability of plant and plant-based foods: A review. *Annals. Food Sci. Technol.*, 2019, 20 (1), 30-41.
- [2] Alcorta A., Porta A., Tarrega A., Alvarez M., Vaquero M.: Foods for plant-based diets: Challenges and innovations. *Foods*, 2021, 10 (2), #293.
- [3] Aviles-Gaxiola S., Chuck-Hernandez C., Saldivar S.: Inactivation methods of trypsin inhibitor in legumes: A review. *J. Food Sci.*, 2018, 83 (1), 17-29.
- [4] Aydar E., Tutuncu S., Ozelik B.: Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *J. Funct. Foods*, 2020, 70, #103975.
- [5] Biezanowska-Kopeć R., Franczyk M., Pisulewski P., Polaszczyk S.: Wpływ fermentacji przez *Rhizopus microsporus*, *Oligosporus* sp. T3 oraz kiełkowania na zmiany zawartości składników nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2006, 2 (47), 93-101.
- [6] Biezanowska-Kopeć R., Pisulewski P.: Wpływ procesów termicznych i biologicznych na pojemność przeciwutleniającą nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2006, 3 (48), 51-64.
- [7] Brummer Y., Kaciani M., Tosh S.: Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. *Food Res. Int.*, 2015, 67, 117-125.

- [8] Dostalova J., Kadlec P., Bernaskova J., Houska M., Strohalm J.: The changes of α -galactosides during germination and high pressure treatment of legume seeds. *Czech J. Food Sci.*, 2009, 27, 76-79.
- [9] El-Adawy T., Rahma E., El-Badewey A., El-Beltagy A.: Nutritional potential and functional properties of germinated Mung bean, pea and lentil seeds. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 2003, 58, 1-13.
- [10] Ferreira H., Vasconcelos M., Gil A., Pinto E.: Benefits of pulse consumption on metabolism and health: A systematic review of randomized controlled trials. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2021, 61 (1), 85-96.
- [11] Gharachorloo M., Tarzi B., Baharinia M.: The effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activity of pulses. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2013, 90, 407-411.
- [12] Haas R., Schnepps A., Pichler A., Meixner O.: Cow milk versus plant-based milk substitutes: A comparison of product image and motivational structure of consumption. *Sustainability*, 2019, 11 (18), #5046.
- [13] Hayat I., Ahmad A., Masud T., Ahmed A., Bashir S.: Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An overview. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2014, 54, 580-592.
- [14] Jeske S., Zannini E., Arendt E.: Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 2017, 72, 26-33.
- [15] Kamboj R., Nanda V.: Proximate composition, nutritional profile and health benefits of legumes – A review. *Legum. Res.*, 2018, 41, 325-332.
- [16] Khang D., Dung T., Elzaawely A., Xuan T.: Phenolic profiles and antioxidant activity of germinated legumes. *Foods*, 2016, 5, #27.
- [17] Lal N., Barcchiya J., Raypuriya N., Shiurkar G.: Anti-nutrition in legumes: Effect in human health and its elimination. *Innovative Farming*, 2017, 2 (1), 32-36.
- [18] Nawaz M., Tan M., Øiseth S., Buckow R.: An emerging segment of functional legume-based beverages: A review. *Food Rev. Int.*, 2020, #1762641.
- [19] Paul A., Kumar S., Kumar V., Sharma R.: Milk analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2020, 60(18), 3005-3023.
- [20] Wołosiak R., Drużyńska B., Piecyk M., Worobiej E., Majewska E., Lewicki P.: Influence of industrial sterilisation, freezing and steam cooking on antioxidant properties of green peas and string beans. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2010, 46 (1), 93-100.

EFFECT OF GERMINATION ON CONTENT OF SELECTED CARBOHYDRATES AND TOTAL POLYPHENOLS IN WHITE KIDNEY BEAN BEVERAGES

Summary

The objective of the research study was to determine the effect of seed germination on the content of selected carbohydrates and total polyphenols in the white kidney bean beverages. The research material consisted of beverages made on the basis of white beans called 'Piękny Jaś Karłowcy' (*Phaseolus vulgaris* L.). The beverages were made from the beans with or without controlled germination. The determination of the content of selected carbohydrates (fructose, sucrose, maltose, raffinose and stachyose) was carried out using a high-performance liquid chromatography (HPLC) with a refractometric detection. The total content of polyphenols was determined with the use of Folin-Ciocalteu method and expressed as gallic acid equivalents. It was proved that the application of the germination process significantly impacted both the content of total polyphenols and that of the sucrose, raffinose and stachyose in the bean-based beverages tested. In the case of the bean-based beverages made from 3-day germinated seeds, an increase was reported in the content of polyphenols as was a decrease in the content of the carbohydrates indicated. The

hitherto research, in which changes were studied in the content of polyphenols and carbohydrates as a result of the germination process, concerned mainly legume seeds. There are no studies dealing with the impact of that process on the legume-based beverages. The germination process contributed to the breakdown of oligosaccharides appearing non-digestible in the human gastrointestinal tract and, as for the bean-based beverages tested, it caused the content of polyphenols to increase. Germination is a process that makes it possible to make legume-based beverages with an increased nutritional value.

Key words: plant-based beverages, bean beverage, polyphenols, carbohydrates, germination ☒