

KATARZYNA GRZELAK

CEBULA JAKO ŹRÓDŁO PREBIOTYKÓW W OKRESIE JESIENNO-ZIMOWYM

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki analizy jakościowego i ilościowego składu β -fruktooligosacharydów w cebuli: żółtej ('Oporto'), czerwonej ('Karmen') i białej ('Alibaba'). Cebule poddano analizie w okresie uśpiania (październik) i w początkowym okresie wzmożonej aktywności enzymatycznej (marzec). Mono-, di- i fruktooligosacharydy (FOS) o DP 3-9 oznaczono w cebuli metodą HPLC z wykorzystaniem ekstraktów wodno-alkoholowych. Wykazano, że cebula biała jedynie w jesieni jest dobrym źródłem fruktooligosacharydów o DP 6-9, które stanowią ponad 50% sumy FOS (DP 3-9). Spośród analizowanych cebul w terminie jesiennym najbogatsza w krótkołańcuchowe fruktooligosacharydy o DP 3-5 była cebula czerwona, która zawierała w 100 g 5,3 g FOS, mniej FOS znajdowało się w cebuli białej 4,7 g w 100 g. Najuboższa we fruktooligosacharydy była cebula żółta, która zawierała 2,7 g FOS/100 g. Cebula żółta wykazała najlepszą zdolność przechowalniczą i stabilną zawartość FOS o DP 3-5 w zakresie 2,2-2,7 g/100 g. Ilość ta pokrywa jedynie w 25% minimalne zapotrzebowanie na prebiotyczne fruktooligosacharydy, które warunkują właściwą regulację flory bakteryjnej.

Słowa kluczowe: fruktooligosacharydy, cebula, prebiotyki

Wprowadzenie

Cebula (*Allium cepa* L.) jest dwuletnią byliną z rodziny liliowatych (*Liliaceae*) [11, 12, 16]. Należy do najważniejszych warzyw, charakteryzuje się pożądanymi cechami smakowymi i wartością odżywczą. Może być spożywana na surowo i po obróbce kulinarnej. W Polsce najbardziej rozpowszechniona jest cebula o żółtej suchej łusce, która występuje w około 80 odmianach o różnym okresie dojrzewania i przeznaczenia [14]. Cebule o czerwonej i białej suchej łusce są spożywane głównie na surowo (jako składniki sałatek) [19].

Oligomery fruktozy (fruktany) występują głównie w roślinach należących do *Liliaceae* (cebula, czosnek, por) oraz do *Compositae* (cykoria, topinambur) [5].

Fruktany zbudowane są z β -fruktofuranozy połączonej wiązaniem β -(2 \rightarrow 1) z wiązaniami α -(1 \rightarrow 2) ostatniej cząsteczki glukopiranozy. Wśród fruktooligosacharydów (FOS) o DP 3÷10 wyróżnia się krótkołańcuchowe o DP3÷DP5 i długołańcuchowe FOS (DP 6÷10). Do FOS krótkołańcuchowych zalicza się 1-kestozę (DP 3), nystozę (DP 4) i fruktozylonystozę (DP 5) [7]. Synteza fruktanów następuje podczas wzrostu bulw cebuli. Proces ten rozpoczyna się od konwersji sacharozy do 1-kestozy z udziałem 1-fruktozylotransferazy (EC 2.4.1.1.99), zwanej sacharozo:sacharozo 1-fruktozylotransferazą (1-SST). Dalsze przedłużenie łańcucha 1-kestozy przebiega w obecności fruktan: fruktan 1-fruktozylotransferazy (EC 2.4.1.100), zwanej 1-FFT, co prowadzi do wzrostu długości oligofruktozowych łańcuchów z DP3 do DP15 [8, 10, 13].

Duże zainteresowanie fruktanami związane jest z ideą żywności funkcjonalnej, która wywiera pozytywny wpływ na zdrowie człowieka [6, 15, 17]. Oligosacharydowe fruktany zaliczane są do prebiotyków, gdyż pozytywnie wpływają na mikroflorę jelita grubego, stymulując rozwój bakterii dobroczynnych, takich jak: *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. W celu uzyskania efektu prebiotycznego dzienna dawka FOS wynosi 4-10 g/dobę/osobę [10]. Głównym czynnikiem prozdrowotnego oddziaływania FOS w przewodzie pokarmowym konsumenta są lotne kwasy tłuszczowe, decydujące o obniżeniu pH treści i ograniczeniu roli mikroflory niekorzystnej [6, 7, 10]. Kwas octowy, główny produkt fermentacji poli- i oligosacharydów w jelicie grubym, jest metabolizowany w wątrobie, zwiększając pulę energii pozyskiwanej z diety. Kwas propionowy wykazuje szersze oddziaływanie, m.in. prowadzące do obniżenia syntezy cholesterolu w wątrobie [7, 10]. Kwas masłowy odgrywa ważną rolę w zmniejszaniu ryzyka zmian nowotworowych nabłonka jelita [10]. Spożycie FOS w optymalnej dawce powoduje 20-procentowy wzrost przyswajalności wapnia i magnezu [17].

Metabolizm cukrów jest związany z okresem spoczynku oraz kiełkowania. Najważniejsze biochemiczne zmiany zachodzą podczas długiego przechowywania cebul i są związane z ilościowymi zmianami w składzie węglowodanów. Zmiany zawartości mono- i disacharydów w cebulach podczas przechowywania zostały wielokrotnie opisane, natomiast przechowalnicze zmiany zawartości FOS są mało udokumentowane [2].

Celem pracy była ocena zawartości fruktooligosacharydów w cebuli świeżej w okresie uśpiania (październik - luty) i w początkowym okresie wzmożonej aktywności enzymatycznej (marzec) oraz udokumentowanie przydatności cebuli białej, żółtej i czerwonej jako źródła prebiotyków w diecie jesienno-zimowej.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym były: cebula zwykła (żółta) odmiany Oporto, cebula czerwona odmiany Karmen i cebula biała (czosnkowa) odmiany Alibaba. Cebule pochodziły z plantacji towarowych z centralnej Polski (rejon Kutna). Warzywa przechowywano w warunkach chłodniczych w Zakładzie Technologii Chłodnictwa Żywności PŁ w temp. $2\pm 3^{\circ}\text{C}$ i wilgotności 90%, bez wentylacji.

Do analizy wybierano losowo po 6 cebul, z których usuwano suche łuski, odcinano szyjkę i piętke. Cebule krojono w kostkę (o bokach 0,3 x 0,4 x 0,4 mm), a następnie rozdrabniano w mikserze. W tak przygotowanej próbce oznaczano zawartość suchej masy oraz skład jakościowy i ilościowy sacharydów metodą chromatografii w cebulach świeżych, w dwóch terminach: jesiennym (październik) i wiosennym przed pojawieniem się szczypioru (marzec).

Wyniki badań zostały poddane jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA).

Przygotowanie próbek do oznaczeń chromatograficznych

W kolbie okrągłodennej o poj. 100 ml umieszczano po 5 g średniej próbki oraz 0,2 g węgla wapnia, następnie ekstrahowano trzykrotnie w temperaturze wrzenia rozpuszczalnika przez 30 min. Do pierwszej ekstrakcji używano 20 ml 88% metanolu, a do drugiej i trzeciej ekstrakcji dodawano po 15 ml 70% metanolu. Kolejne ekstrakty łączono ze sobą i wirowano. Odwirowany roztwór znad osadu zatężano w wyparce laboratoryjnej do objętości 5 ml. Do bezpośredniej analizy pobierano 0,5 ml badanego roztworu rozcieńczonego acetonitrylem w stosunku 1:1. Wszystkie próbki analizowano trzykrotnie.

Warunki analizy chromatograficznej metodą HPLC

Do oznaczeń stosowano chromatograf cieczowy HPLC firmy Knauer, z systemem sterowania danych EuroChrom 2000, z zastosowaniem detektora RI i kolumny aminowej Shodex NH2P 250x4, fazą ruchomą była mieszanina acetonitryl:woda (70%:30%). Elucję prowadzono z szybkością przepływu 0,6 ml/min w temp. 20°C .

Zawartość suchej masy oznaczano według PN- 90/A-75101/03 [20] w trzech powtórzeniach.

Wyniki i dyskusja

W tab. 1. przedstawiono zawartość suchej masy oraz skład jakościowy i ilościowy węglowodanów niestrukturalnych w cebuli białej, czerwonej i żółtej. W zastosowanych warunkach przechowania cebuli zaobserwowano nieznaczne podsuszenie oraz statystycznie istotne różnice w składzie oligosacharydów.

Zawartość niestrukturalnych węglowodanów w badanych cebulach w październiku i marcu wynosiła odpowiednio: biała – 63 g/100 g s.m. i 46 g/100 g s.m., czerwona - 78 g/100 g s.m. i 65 g/100 g s.m., żółta - 75 g/100 g s.m. i 69 g/100 g s.m. Oznacza, to że ubytek cukrów w suchej masie cebuli białej, czerwonej i żółtej podczas 5-miesięcznego przechowywania wynosił: 27, 17 i 12%. Według danych literaturowych zawartość niestrukturalnych węglowodanów zawiera się w przedziale 65-80% s.m. [3, 4, 9]. Skład niestrukturalnych węglowodanów w cebuli białej i czerwonej w okresie jesiennym i wiosennym był statystycznie istotnie różny.

Tabela 1

Skład jakościowy i ilościowy węglowodanów niestrukturalnych w cebuli [g/100 g s.m.]
Qualitative and quantitative composition of non-structural carbohydrates in onion [g/100 g d.m.]

Odmiana cebuli Onion cultivars	Miesiąc oznaczenia Month of detemination	Sucha masa Dry matter [%]	DP3	Σ DP3-DP5	Σ DP6-DP9	Σ DP3-DP9	Σ cukrów* Σ saccharides
biała 'Alibaba' white n=3	X	21,2±0,2	5,7 ^{Bac} ±0,7	21,9 ^{Adl} ±2,4	28,1 ^{Acc} ±2,6	50,1 ^{Alc} ±3,8	62,5 ^{Aac} ±4,6
	III	23,2±0,2	7,0 ^{Bcc} ±0,8	15,5 ^{Adl} ±2,6	10,3 ^{Acc} ±1,4	25,8 ^{Adl} ±2,8	45,7 ^{Acc} ±3,0
czerwona 'Karmen' red n=3	X	14,8±0,1	15,6 ^{Ddl} ±2,6	35,6 ^{Ccc} ±3,6	6,5 ^{Cac} ±1,0	42,1 ^{Ctc} ±4,2	78,2 ^{Cad} ±5,0
	III	15,1±0,1	12,0 ^{Ddl} ±2,1	20,8 ^{Cdl} ±2,3	1,5 ^{Ccd} ±0,6	22,4 ^{Cdl} ±3,0	65,0 ^{Ccd} ±4,1
żółta 'Oporto' yellow n=3	X	11,7±0,1	11,1 ^{Ftk} ±2,0	23,3 ^{Fdl} ±2,5	4,1 ^{Ecc} ±0,7	27,4 ^{Ftc} ±3,1	75,1 ^{Fdc} ±5,1
	III	12,0±0,1	11,5 ^{Ftk} ±2,2	18,2 ^{Fdl} ±3,0	2,1 ^{Edc} ±0,7	22,2 ^{Ftl} ±3,0	68,5 ^{Fdc} ±4,0

Objaśnienia:/ Explanatory notes:

F - fruktoza / fructose, G - glukoza / glucose, S - sacharoza / sucrose, DP3 - kestoza / kestose, DP5 - fruktozylnystoza / fructosyl-nystose;

A,C,E,a,c – wartości średnie oznaczone wymienionymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $\alpha=0,05$ / mean values marked with different letters differ statistically significantly at $\alpha=0,05$;

B,D,F,b,d - wartości średnie oznaczone wymienionymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy $\alpha=0,05$ / mean values marked with different letters don't differ statistically significantly at $\alpha=0,05$;

* - suma cukrów obejmuje zawartość fruktozy, glukozy, sacharozy i DP3-9 / total of saccharides contain fructose, glucose, sucrose and DP3-9.

Zawartość FOS o DP3-9 w cebulach: białej, czerwonej i żółtej, analizowanych w październiku wynosiła odpowiednio 80, 54 i 35% sumy niestrukturalnych węglowodanów, tj. 10,6; 6,2; 3,2 g w 100 g ś.m. Stwierdzono statystycznie istotne

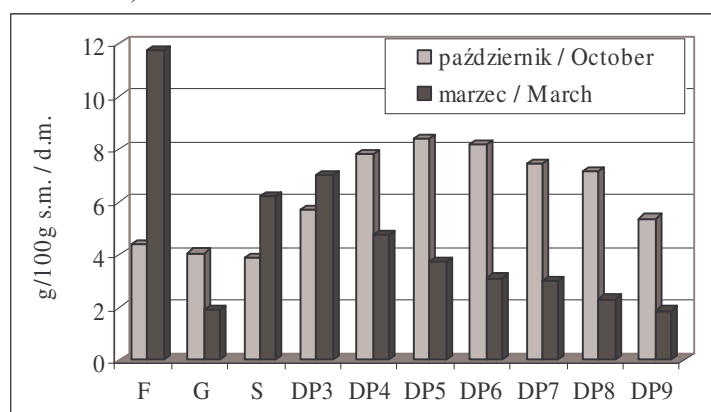
różnice pomiędzy zawartością FOS o DP 3-9 oznaczonych w październiku w cebuli żółtej a zawartością FOS o DP 3-9 w cebuli białej i czerwonej z tego samego okresu. Spośród cebul analizowanych w terminie jesiennym najbogatsza w krótkołańcuchowe fruktooligosacharydy o DP3÷5 była cebula czerwona, która zawierała 5,3 g FOS w 100 g ś.m., nieco mniej FOS znajdowało się w cebuli białej 4,7 g w 100 g ś.m. (tab. 1, rys. 2). Najuboższa we fruktooligosacharydy była cebula żółta, która zawierała 2,7 g FOS/100 g ś.m. We wszystkich badanych odmianach cebuli po 5-miesięcznym okresie przechowywania dominującym składnikiem były fruktooligosacharydy o DP3, które stanowiły odpowiednio: w cebuli czerwonej 57% krótkołańcuchowych FOS, i odpowiednio w cebuli żółtej 63%, a w cebuli białej 45%, co odpowiada zawartości 1,8; 1,4; 1,1 g/100 g ś.m. W okresie jesiennym i wiosennym skład oligomerów o DP3 w cebuli białej był statystycznie istotnie różny w porównaniu z cebulą żółtą i czerwoną. W cebulach: białej i czerwonej, analizowanych w marcu, zawartość fruktozy wzrosła trzykrotnie, natomiast w cebuli żółtej dwukrotnie (rys. 1). Jest to związane z procesem hydrolizy fruktanów. Podczas długiego składowania cebul enzym-exohydrolaza (EC 3.2.1.80) hydrolizuje wiązanie β -2-1 lub β -2-6, odcinając cząsteczkę fruktozy z łańcucha oligosacharydu [2, 8]. W cebulach podczas składowania nastąpiło zmniejszenie udziału glukozy w suchej masie, powodowane przebiegiem procesów fizjologicznych (rys. 1).

Głównymi składnikami cebuli białej były długołańcuchowe fruktooligosacharydy > DP5 (rys. 1, rys. 2). Ich zawartość w cebuli białej była znacząco wyższa niż w cebuli czerwonej i żółtej. Cebula żółta i czerwona zawierały istotnie mniej długołańcuchowych fruktooligosacharydów niż cebula biała. W początkowym okresie uśpienia cebuli białej FOS o DP6÷DP9 stanowiły 56% FOS, w okresie wiosennym ich zawartość zmniejszyła się do 40%. Wskazuje to na niską zdolność przechowalniczą cebuli białej i na potrzebę zastosowania odpowiednich procesów przetwórczych w celu zachowania cennych prebiotycznych składników tej cebuli. W październiku cebula czerwona i żółta zawierały po około 15% FOS o stopniu polimeryzacji DP6÷DP8. W marcu, w cebuli czerwonej i żółtej FOS o DP6÷DP8 stanowiły odpowiednio 7 i 10%. Statystycznie istotnie różniła się zawartość FOS > 5 w cebuli białej w porównaniu z cebulą żółtą i czerwoną. Statystycznie istotne różnice wystąpiły również pod względem zawartości FOS > 5 w okresie jesiennym i wiosennym w obrębie odmian. Uzyskane wyniki są zbieżne z danymi literaturowymi. W latach 2001-2004 Jaime i wsp. [7] i Benkeblia i wsp. [1] badali zawartość fruktanów w różnych odmianach cebuli zwyczajnej, ilość ta wahała się od 4 do 46 g/100 g s.m., zawartość FOS o DP 3÷5 wynosiła od 2 do 16.

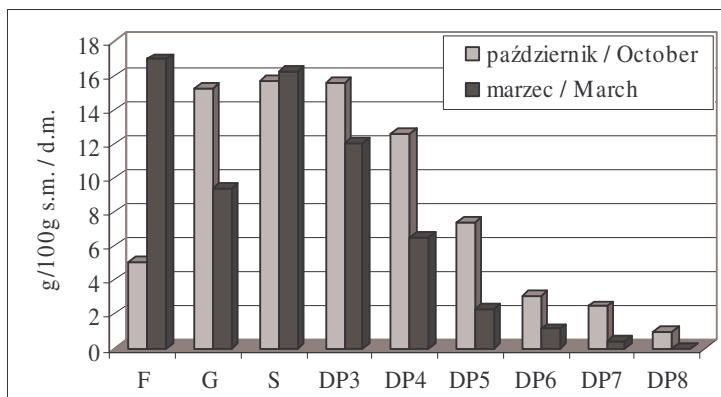
Spożycie dziennie cebuli w Polsce wynosi około 20 g/dobę [18]. Z taką porcją świeżej cebuli białej, czerwonej lub żółtej ze zbiorów jesiennych, można dostarczyć do organizmu odpowiednio 2 g FOS, 1g FOS i 0,6 g FOS. W gospodarstwach domowych

cebula zwykła (żółta) jest najpowszechniej spożywana, dlatego ilość FOS dostarczana z tą cebulą pokrywa jedynie w 25% minimalne zapotrzebowanie na prebiotyczne fruktooligosacharydy, które warunkuje właściwą regulację flory bakteryjnej.

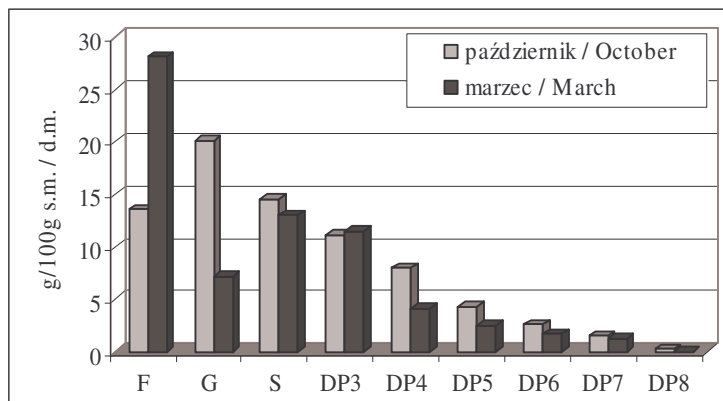
a) 'Alibaba' (biała / white)



b) 'Karmen' (czerwona / red)

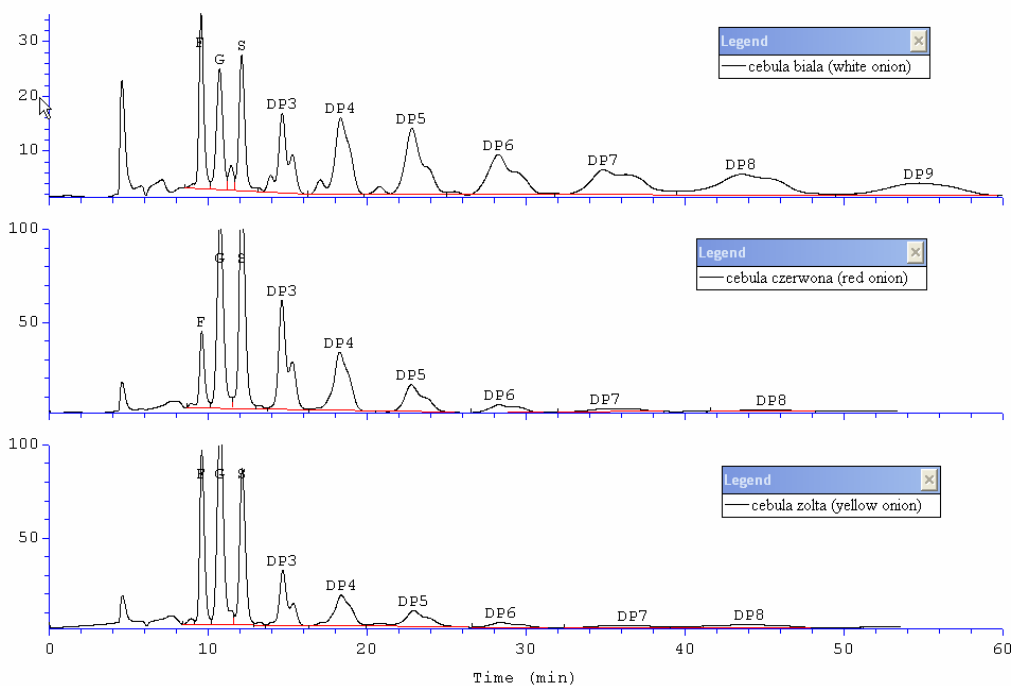


c) 'Oporto' (żółta / yellow)



Rys. 1. Skład jakościowy i ilościowy mono-, di- i fruktooligosacharydów o DP 3-9 w cebuli [g/100 g s.m.].

Fig. 1. Qualitative and quantitative composition of mono-, di- and fructooligosaccharides of DP 3-9 in onion [g/100 g d.m.].



Rys. 2. Profile chromatograficzne cebuli białej, czerwonej i żółtej wykonane w październiku

Fig. 2. Chromatograms of white, red and yellow onion conducted in October.

Wnioski

1. Skład jakościowy i ilościowy sacharydów w badanych cebulach charakteryzował się dużą zmiennością w zależności od intensywności przebiegu procesów fizjologicznych, zwłaszcza po zakończeniu stanu spoczynku fizjologicznego.
2. Spośród badanych odmian, cebula biała była dobrym źródłem fruktooligosacharydów o DP 6-9, lecz wykazywała niską zdolność przechowalniczą.
3. Cebulę czerwoną charakteryzował wysoki udział FOS o DP3 i DP4.
4. Cebula żółta wykazała dobrą zdolność przechowalniczą i stabilną zawartość FOS o DP 3-5 w zakresie 2-3 g/100 g. ś.m. w okresie jesienno-zimowym.

Badania stanowią część grantu nr 2 P06T 052 30 finansowanego w latach 2006-2007 przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

- [1] Benkeblia N., Onodera S., Shiomi N.: Effect of gamma irradiation and temperature on fructans (fructo-oligosaccharides) of stored onion bulbs *Allium cepa* L. Food Chem., 2004, **87**, 377-382.
- [2] Benkeblia N., Onodera S., Shiomi N.: Variation in 1-fructo-exohydrolase (1-FEH) and 1-kestose-hydrolysing (1-KH) activities and fructo-oligosaccharide (FOS) status in onion bulbs. Influence of temperature and storage time. J. Sci. Food Agric., 2005, **85**, 227-234.
- [3] Benkeblia N., Takahashi N., Ueno K., Onodera S., Shiomi N.: Tetra- and penta-fructooligosaccharide (FOS) isomers assessment in onion bulb tissues: effect of temperature and storage time. Tetrah:Assym. 2005, **16**, 33-37.
- [4] Benkeblia N., Ueno K., Onodera S., Shiomi N.: Variation of fructooligosaccharides and their metabolizing enzymes in onion bulb (*Allium cepa* L. cv. Tenshin) during long-term storage. J. Food Sci., 2005, **70** (3), 208-214.
- [5] Bornet F.R.J., Brouns F., Tashiro Y., Duvillier V.: Nutritional aspects of short-chain fructooligosaccharides: natural occurrence, chemistry, physiology and health implications. Digest. Liver Dis., 2002, **34** (2), 111-120.
- [6] Hidaka H., Eida T., Tokunaga T., Tashiro Y.: Effects of fruktooligosaccharides on intestinal flora and human health. Bifidobact. Microflor., 1986, **5**, 37-50.
- [7] Jaime L., Martin-Cabrejes M.A., Molla E., Lopez-Andreu F.J., Esteban R.M.: Effect of storage on fructan and fructooligosaccharides of onion (*Allium cepa* L.). J. Agric. Food Chem., 2001, **49**, 982-988.
- [8] Kaack K., Christensen L.P., Hansen S.L., Grevsen K.: Non-structural carbohydrates in processed soft fried onion (*Allium cepa* L.). Eur. Food Res. Technol., 2004, **218**, 372-379.
- [9] Kahane R., Vialle-Guerin E., Boukema I., Tzanoudakis D., Bellamy C., Chamaux C., Kik C.: Changes in non-structural carbohydrate composition during bulbing in sweet and high-solid onions in field experiments. Environ. Exper. Bot. 2001, **45**, 73-83.

- [10] Kołakowski E. (red.): Enzymatyczne modyfikacje żywności. W.: Biokonwersja sacharozy i inuliny do prebiotycznych β -fruktooligosacharydów. Wyd. AR. Szczecin 2005, s. 451-465.
- [11] Ładyżyńska A., Pieniążek J.: Chemia i fizjologia owoców i warzyw. PWRiL, Warszawa 1995, s. 29.
- [12] Małachowski A.: Warzywa cebulowe. PWRiL. Warszawa 1982, s. 10-16.
- [13] McCallum J., Clarke A., Pither-Joyce M.: Genetic mapping of major gene affecting onion bulb fructan content. *Theor. Appl. Genet.*, 2006, **112**, 958-967.
- [14] Rumpel J.: Uprawa cebuli. Hortpress Sp. z o. o. Warszawa 2003, s. 16.
- [15] Skowronek M., Fiedurek J.: Inulina i inulinazy, właściwości, zastosowanie i perspektywy. *Przem. Spoż.*, 2003, **3**, 23.
- [16] Świątkowska U. (red.): Surowce spożywcze. Wyd. SGGW, Warszawa 1995, s. 45.
- [17] Van den Heuvel E.G.H.M., Muys T., van Dokkum W., Schaafsma G.: Oligofructose stimulates calcium absorption in adolescents. *Functional properties of non-digestible carbohydrates*. INRA Nantes 1998, 138.
- [18] <http://www.odr.net.pl/publikacje/0123.pdf>
- [19] <http://www.kuchnia.bytow.pl/index.php?menu=czytaj&nr=84>
- [20] PN- 90/A-75101/03. Przetwory owocowe i warzywne. Oznaczenie zawartości suchej masy metodą wagową.

ONION AS A SOURCE OF PREBIOTICS IN AUTUMN-WINTER PERIOD

S u m m a r y

The aim of the study was to compare quantitative and qualitative composition of β -fructooligosaccharides in onions: yellow ('Oporto'), red ('Karmen'), white ('Alibaba'). Onions were analysed in October (hibernation) and March (activation). Mono-, di- and fructooligosaccharides (FOS) of DP 3-9 were determined in onions by HPLC method with the use of water-alcohol extracts. It was proved that the white onion was a good source of FOS (DP 6-9), which gave over 50% of total FOS (DP 3-9) in autumn only. At the same season the red onion was the richest in FOS (DP 3-5) and contained 5.3 g of FOS in 100 g of fresh weight, while the white onion contained 4.7 g in 100 g f.w. and yellow onion contained 2.7 g in 100 g f.w. Yellow onion had the best shelf life and contained stable amount of FOS (DP 3-5) ranging from 2.2 to 2.7 g/ 100 g. f.w. That amount covers only 25% of minimal requirement for prebiotic FOS needed for proper composition of bacterial flora in human colon.

Key words: fructooligosaccharides, onion, prebiotics 