

BARBARA BORCZAK, MAREK SIKORA, ELŻBIETA SIKORA,
JOANNA KAPUSTA-DUCH

WPŁYW DODATKU WYBRANYCH SUBSTANCJI INTENSYWNIE SŁODZĄCYCH NA WARTOŚĆ INDEKSU GLIKEMICZNEGO *IN VITRO* HERBATNIKÓW BEZCUKROWYCH

Streszczenie

Zastosowanie alternatywnych substancji słodzących (polioli i/lub intensywnych substancji słodzących) do produkcji ciastek bezcukrowych może być nie tylko innowacyjnym, ale również przyszłościowym rozwiązaniem problemu związanego z chęcią spożywania słodkich produktów przekąskowych przez osoby cierpiące na cukrzycę. Cukrzyca typu 2 to poważna przewlekła choroba niezakaźna, która stanowi ok. 90 % wszystkich przypadków tego schorzenia na świecie i jest jedną z pięciu głównych przyczyn zgonów.

Celem pracy było określenie wpływu zastosowania zamienników sacharozy (wybranych substancji intensywnie słodzących) na zmiany zawartości frakcji skrobi oraz wartość indeksu glikemicznego herbatników pszennych mierzona metodą *in vitro*. Materiał doświadczalny stanowiły 4 rodzaje herbatników pszennych: 1) z sacharozą (SA) – stanowiące próbę kontrolną, 2) z dodatkiem glikozydów stewiolowych (ST), 3) z dodatkiem acesulfamu K (ACE), 4) z dodatkiem sukralozy (SU). W badaniach wykazano istotny wpływ zastosowania zamienników sacharozy na zwiększenie zawartości skrobi szybko trawionej (RDS) ($p < 0,05$) oraz brak istotnego wpływu na zawartości skrobi odpornej i skrobi wolno trawionej (SDS) ($p > 0,05$), z wyjątkiem ilości frakcji SDS w herbatnikach z dodatkiem sukralozy ($p < 0,05$). Indeks glikemiczny *in vitro* wszystkich badanych herbatników pszennych był wysoki i mieścił się w zakresie 78,36 ÷ 90,51 % s.m. Zastosowanie substancji intensywnie słodzących do produkcji herbatników bezcukrowych wymaga dalszych badań, w tym modyfikacji opracowanych receptur z zastosowaniem innych związków lub mieszanin związków należących do alternatywnych substancji słodzących.

Słowa kluczowe: herbatniki pszenne, zamienniki sacharozy, skrobia, indeks glikemiczny

Dr hab. inż. B. Borczak, prof. URK, prof. dr hab. E. Sikora, dr hab. inż. J. Kapusta-Duch, prof. URK,
Katedra Żywienia Człowieka i Dietetyki, prof. dr hab. inż. M. Sikora, Katedra Technologii Węglowodanów
i Przetwórstwa Zbóż, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków.
Kontakt: barbara.borczak@urk.edu.pl

Wprowadzenie

Cukrzyca typu 2 stała się poważnym problemem w wielu krajach i stanowi ok. 90 % wszystkich przypadków tej choroby na świecie. Jest to również jedna z pięciu głównych przyczyn zgonów [21]. Problem ten jest bardzo istotny, gdyż według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) w 2030 r. cukrzyca typu 2 będzie siódmym w kolejności schorzeniem odpowiedzialnym za śmiertelność populacji światowej, a liczba osób dotkniętych tą chorobą ulegnie podwojeniu [18]. Osoby cierpiące na cukrzycę powinny codziennie kontrolować spożycie cukrów prostych ze względu na ich szybkie wchłanianie do krwiobiegu, skutkujące zwiększonym stężeniem glukozy, czyli hiperглиkemią (powyżej 180 mg/dl). Nawet bardzo krótkotrwała hiperглиkemia może powodować zwiększone ryzyko infekcji, a także wystąpienia zastoinowej niewydolności serca, wstrząsu kardiogennego, zmian skórnych, chorób stawów, chorób naczyniowych mózgu, niewydolności nerek, czy w rezultacie doprowadzić do śpiączki cukrzycowej [6]. Jednocześnie obserwuje się niepożądane nawyki żywieniowe wśród osób dotkniętych cukrzycą. Z badań wynika, że 42,86 % pacjentów z cukrzycą typu 1 spożywało słodczy raz w miesiącu, 34,69 % – kilka razy w tygodniu, 14,29 % – raz dziennie, a 6,12 % – nawet 3 razy w ciągu dnia. Z kolei w przypadku pacjentów z cukrzycą typu 2 62,96 % spożywało słodczy kilka razy w miesiącu, 22,22 % – kilka razy w tygodniu, a 7,41 % – raz dziennie [25]. Powyższe dane na temat częstotliwości spożycia słodkich produktów przekąskowych przez osoby dotknięte tym schorzeniem wskazują na konieczność prowadzenia badań ukierunkowanych na tworzenie nowego asortymentu produktów, z przeznaczeniem dla chorych na cukrzycę. Jednym z możliwych rozwiązań może być zastosowanie alternatywnych substancji słodzących, w tym środków intensywnie słodzących. Ich użycie regulowane jest przez Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1131/2011 [24] w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. Związki te charakteryzują się od kilkuset do kilku tysięcy razy większą intensywnością słodczą w odniesieniu do sacharozy [19] i nie są trawione w przewodzie pokarmowym człowieka do produktów dostarczających energię. Ze względu na wyjątkową słodczy ich zawartość w produktach spożywczych jest bardzo mała, dlatego wartość energetyczna może być pominięta [4]. Zastosowanie alternatywnych substancji słodzących (polioli i intensywnych substancji słodzących) do produkcji ciastek bezcukrowych opisali wcześniej Lin i wsp. [17], Górecka i wsp. [12] oraz Kutyla-Kupidura i wsp. [16]. Badania te koncentrowały się głównie na parametrach jakościowych, takich jak tekstura, reologia ciasta czy ocena organoleptyczna.

Celem pracy było określenie wpływu zastosowania zamienników sacharozy (wybranych substancji intensywnie słodzących) na zmiany zawartości frakcji skrobi i wartość indeksu glikemicznego herbatników pszennych mierzoną metodą *in vitro*.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiły 4 rodzaje herbatników z mąki pszennej, którym nadano odpowiednie symbole w celu ułatwienia identyfikacji: SA – herbatniki z sacharozą (próba kontrolna), ST – herbatniki z dodatkiem glikozydów stewiolowych, ACE – herbatniki z dodatkiem acesulfamu K, SU – herbatniki z dodatkiem sukralozy.

Do przygotowania ciasta pszennego użyto następujących składników: 500 g mąki pszennej (typu 450, Polskie Zakłady Zbożowe PZZ w Krakowie, Polska), 250 g margaryny („Kasia” Unilever, Warszawa, Polska), 150 g jaj (Ferma Drobiu Woźniak Sp. z o.o., Rawicz, Polska), 6 g proszku do pieczenia (Dr. Oetker Polska Sp. z o.o., Gdańsk, Polska), substancję słodzącą w zależności od rodzaju herbatników: (i) 200 g sacharozy (cukier „Królewski”, Südzucker Polska S.A., Wrocław, Polska) lub (ii) 1 g glikozydów stewiolowych (NL. Stevia, Paragwaj) lub (iii) 1 g acesulfamu K (Hortimex, Polska) lub (iv) 0,33 g sukralozy (Hortimex, Polska).

Masę dodanego środka słodzącego obliczono z uwzględnieniem wrażenia słodkiego smaku (STS) w stosunku do STS sacharozy, której wartość wynosi 1 [16].

Składniki łączono, homogenizowano przez 5 min w blenderze SP 25 2V (Conti s.r.l., Bussolengo, Włochy) i przekładano do chłodziarki (4 °C, 30 min), po czym rozwałkowano do grubości 7 mm i wycinano przy użyciu okrągłej foremki herbatniki o średnicy 3,5 cm. Następnie poddawano je wypiekowi w temp. 180 °C w ciągu 30 min w piecu C-32 (MIWE Michael Wentz GmbH, Arnstein, Niemcy).

Zawartość suchej masy [2] oraz skrobi całkowitej (ang. *total starch*, TS), skrobi wolno trawionej (ang. *slowly digestible starch*, SDS) i szybko trawionej (ang. *rapidly digestible starch*, RDS) oraz wartość indeksu glikemicznego *in vitro* (ang. *starch digestion index*, SDI) oznaczano w świeżo upieczonych herbatnikach, które w celu otrzymania jednolitej próby laboratoryjnej mielono w kuchennej maszynce do mięsa (MM1000.88, Zelmer, Rogoźnica, Polska).

Wartość indeksu glikemicznego herbatników pszennych oznaczano metodą Englysta i wsp. [5], w modyfikacji Chunga i wsp. [7]. Używano następujących roztworów enzymów: amyloglukozydazy (3300 U/ml, Megazyme International, Irlandia Ltd., Bray, Irlandia), inwertazy (I4504, 300 U/mg, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA) oraz α -amylazy z trzustki wieprzowej (P-7545, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA). Stężenie glukozy oznaczano metodą kolorymetryczną przy użyciu mieszaniny enzymów oksydazy glukozy i peroksydazy (K-GLOX 09/12, Megazyme International, Irlandia Ltd., Bray, Irlandia). Całkowita zawartość skrobi (TS) obliczano na podstawie sumy zawartości skrobi odpornej (RS) i skrobi rozpuszczalnej (SS), które oznaczano przy użyciu zestawu enzymatycznego (K-RSTAR 08/11, Megazyme International, Irlandia Ltd., Bray, Irlandia). Oznaczano także zawartość wolnej glukozy (FG) oraz glukozy zhydrolizowanej po 20 (G_{20}) i 120 min (G_{120}) trawienia. Na podstawie wyników wymienionych wyróżników obliczano parametry: $RDS = (G_{20} - FG) \times 0,9$, $SDS = (G_{120} -$

$G_{20}) \times 0,9$ i $SDI = RDS/TS \times 100$. Pomiary frakcji skrobi wykonano w trzech powtórzeniach.

Zawartość analizowanych parametrów wykonywano każdorazowo w trzech powtórzeniach. Do oceny wpływu zastosowania zamienników sacharozy na całkowitą zawartość skrobi, frakcji RDS, SDS, i suchej masy oraz wskaźnika SDI w herbatnikach pszennych zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana ($p < 0,05$). Obliczenia wykonywano przy użyciu programu Statistica, v.12 software (Statsoft, Inc., USA).

Wyniki i dyskusja

Wyniki przeprowadzonych analiz strawności skrobi przedstawiono w tab. 1.

Zawartość suchej masy badanych herbatników wahała się w zakresie $93,94 \div 95,71$ %, co odpowiada wartościom tego parametru w herbatnikach pszennych ($93,08 \div 97,13$ %), podawanym przez innych autorów [1, 11]. Najmniejszą zawartością suchej masy charakteryzowały się herbatniki z acesulfamem K, natomiast największą – herbatniki z glikozydami stewiolowymi ($p < 0,05$). Różnice zawartości suchej masy w badanych herbatnikach mogą być spowodowane niejednakowym stopniem parowania wody z ciasta podczas wypieku [14].

Tabela 1. Wybrane parametry w herbatnikach pszennych z dodatkiem substancji intensywnie słodzących
Table 1. Selected components in wheat cookies with strong sweeteners added

Symbol próby Symbol of sample	Sucha masa Dry matter	Skrobia całkowita Total starch	Skrobia wolno trawiona Slowly digestible starch	Skrobia szybko trawiona Rapidly digestible starch	Skrobia oporna Resistant starch	Wskaźnik trawienia skrobi Starch digestion index
	[g/100 g]					
SA	$94,3^c \pm 0,6$	$40,48^b \pm 1,2$	$3,14^{ab} \pm 1,7$	$30,98^c \pm 2,5$	$8,22^a \pm 4,7$	$77,60^{ab} \pm 5,8$
ST	$95,7^d \pm 0,1$	$53,44^c \pm 1,2$	$5,64^b \pm 1,2$	$40,11^{ab} \pm 1,9$	$7,68^a \pm 1,7$	$75,08^a \pm 3,7$
ACE	$93,9^a \pm 0,1$	$51,23^a \pm 1,5$	$0,51^a \pm 0,5$	$42,98^b \pm 3,2$	$8,32^a \pm 0,3$	$85,02^b \pm 4,2$
SU	$94,6^c \pm 0,1$	$49,68^a \pm 0,9$	$9,48^c \pm 3,0$	$38,13^a \pm 1,9$	$2,08^b \pm 1,5$	$76,74^{ab} \pm 3,5$

Objaśnienia / Explanatory notes:

ST – glikozydy stewiolowe / stewiol glycosides, SU – sukraloza / sucralose, ACE – acesulfam K / acesulfame K, SA – sacharoza / saccharose; a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0,05$).

W literaturze przedmiotu brak jest informacji na temat zawartości frakcji skrobi w herbatnikach, w których sacharoza została zastąpiona wybranymi substancjami intensywnie słodzącymi. Całkowita zawartość skrobi (TS) wahała się w przedziale 40,48

÷ 53,44 g/100 g s.m., co odpowiada wartościom tego parametru podawanym przez innych autorów w herbatnikach pszennych oraz w produktach zbożowych (48 ÷ 80 g/100 g s.m.) [7, 10]. Największą zawartość TS oznaczono w herbatnikach z dodatkiem glikozydów stewiolowych – 53,44 g/100 g s.m., natomiast najmniejszą w herbatnikach z sacharozą – 40,48 g/100 g s.m. ($p < 0,05$). Wynik ten był najprawdopodobniej spowodowany najmniejszym udziałem mąki w herbatnikach z sacharozą, ponieważ w tym przypadku zastosowano 200 g tego dwucukru. Z kolei w odniesieniu do glikozydów stewiolowych, acesulfamu K oraz sukralozy dodatek ww. związków wyniósł jedynie [g]: 1, 1 i 0,33.

Po przeanalizowaniu zawartości skrobi wolno trawionej SDS nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic pomiędzy herbatnikami z glikozydami stewiolowymi, acesulfamem K i sacharozą ($p > 0,05$), natomiast herbatniki z sukralozą zawierały istotnie najwięcej analizowanej frakcji ($p < 0,05$) – tab. 1. Zawartość SDS w herbatnikach z sacharozą [7, 10] oraz w herbatnikach bezcukrowych z dodatkiem polioli [3] mieściła się w zakresie 3,7 ÷ 10,2 g/100g s.m. W badaniach własnych wartości SDS wszystkich badanych herbatników zawierały się w podanym przedziale, z wyjątkiem herbatników z dodatkiem acesulfamu K (0,51 g/100 g s.m.).

Pod względem zawartości frakcji szybko trawionej skrobi (RDS) nie zaobserwowano różnic statystycznie istotnych pomiędzy herbatnikami z zastosowanymi substancjami słodzącymi ($p > 0,05$). Według danych literaturowych zawartość RDS w herbatnikach bezcukrowych z dodatkiem polioli wynosiła 11,3 ÷ 49,0 g/100 g s.m. [3], a w herbatnikach z sacharozą – 32,9 ÷ 37,0 g/100 g s.m. [7, 10], co odpowiada wartościom uzyskanym w niniejszym opracowaniu.

Zawartość skrobi odpornej (RS) w badanych herbatnikach nie różniła się statystycznie istotnie ($p > 0,05$), z wyjątkiem herbatników z dodatkiem sukralozy ($p < 0,05$). Wartości RS mieściły się w zakresie 2,2 ÷ 8,9 g/100 g s.m. Dane literaturowe wskazują na podobne wartości mieszczące się w granicach 1,0 ÷ 20,5 g/100 g s.m. w odniesieniu zarówno do herbatników z sacharozą, jak i herbatników bezcukrowych z dodatkiem polioli [3, 7, 10].

Ewentualne różnice zawartości poszczególnych frakcji skrobi w badanych herbatnikach mogą wynikać z właściwości fizykochemicznych zastosowanych substancji słodzących. Udowodniono bowiem, że sacharoza, sukraloza oraz glikozydy stewiolowe mogą opóźniać i ograniczać proces kleikowania skrobi, co w rezultacie jest następstwem współzawodnictwa ww. związków ze skrobią oraz glutenem o wodę [14, 16, 26]. Jednocześnie acesulfam K, który chemicznie jest solą potasową, nie ma zbyt dużych właściwości higroskopijnych i tym samym nie współzawodniczy w pochłanianiu wody z innymi substancjami chemicznymi [16]. Suma zawartości skrobi odpornej oraz skrobi wolno trawionej (RS + SDS) wyniosła [g]: 11,36, 13,32 oraz 11,56, odpowiednio: w herbatnikach z dodatkiem sacharozy, glikozydów stewiolowych i sukralozy,

natomiast mniejszą wartość tej sumy (8,83 g) uzyskano w herbatnikach z dodatkiem acesulfamu K (tab. 1).

Jednym z najważniejszych aspektów pracy było zbadanie wpływu zastosowania zamienników sacharozy (wybranych substancji intensywnie słodzących) na wartość indeksu glikemicznego mierzonego *in vitro*, czyli wyrażonego jako wskaźnik trawienia skrobi [% s.m.]. Wartości SDI badanych herbatników zawierały się w przedziale: 78,36 ÷ 90,51 % s.m. i nie wykazano statystycznie istotnych różnic ($p > 0,05$) pomiędzy poszczególnymi rodzajami ciastek. Uzyskane wartości SDI mieściły się w zakresach 77 ÷ 82,3 % oraz 29,6 ÷ 81,4 % podawanych przez innych autorów, odpowiednio w herbatnikach z dodatkiem sacharozy oraz w herbatnikach bezcukrowych [3, 7]. Produkty spożywcze zawierające węglowodany dzieli się na trzy grupy: produkty o niskim indeksie glikemicznym (IG < 55 %), produkty o średnim indeksie glikemicznym (IG 55 ÷ 69 %) oraz produkty o wysokiej wartości tego wskaźnika (IG > 70 %) [22, 23]. Udowodniono, że parametry strawności skrobi mierzonej *in vitro* w istotny sposób umożliwiają przewidywanie indeksu glikemicznego *in vivo* [7, 8, 13]. Na strawność skrobi w produktach zbożowych wpływa wiele czynników, w tym m.in. zawartość wody w produkcie, czas i temperatura wypieku, stosunek amylozy do amylopektyny, proces przechowywania, obecność innych składników żywności, takich jak: białka, tłuszcze, polifenole, błonnik pokarmowy czy rodzaj substancji słodzącej [20]. Największą wartością indeksu glikemicznego *in vitro* charakteryzowały się herbatniki z dodatkiem acesulfamu K, co może wynikać z największej zawartości skrobi szybko trawionej RDS przy najmniejszej ilości frakcji wolno trawionej SDS. Jednocześnie najmniejszą wartość indeksu glikemicznego *in vitro* zaobserwowano w herbatnikach z dodatkiem glikozydów stewiolowych, któremu towarzyszyła mała zawartość RDS i stosunkowo duża ilość frakcji SDS. Pomimo przedstawionych różnic zamiana sacharozy na wybrane substancje intensywnie słodzące (sukralozę, acesulfam K oraz glikozydy stewiolowe) nie wpłynęła na statystycznie istotne obniżenie wartości indeksu glikemicznego *in vitro*.

Zastosowanie intensywnych substancji słodzących w produkcji herbatników bezcukrowych wymaga dalszych badań, w tym modyfikacji opracowanych receptur z użyciem innych związków lub mieszanin związków należących do alternatywnych substancji słodzących.

Wnioski

1. Dodatek substancji intensywnie słodzących przyczynił się do istotnego zwiększenia wartości szybko trawionej skrobi RDS w herbatnikach bezcukrowych ($p < 0,05$).
2. Zawartość skrobi wolno trawionej SDS nie wykazywała statystycznie istotnych zmian pomiędzy herbatnikami z glikozydami stewiolowymi, acesulfamem K i sa-

- charozą ($p > 0,05$), natomiast herbatniki z sukralozą zawierały istotnie największą zawartość tej frakcji ($p < 0,05$).
3. Zamiana sacharozy na substancje intensywnie słodzące nie wpłynęła na zawartość skrobi opornej RS w herbatnikach bezcukrowych ($p > 0,05$).
 4. Zamiana sacharozy na substancję intensywnie słodzącą nie wpłynęła istotnie na obniżenie wartości indeksu glikemicznego *in vitro* ($p > 0,05$).

Literatura

- [1] Aboshora W., Yu J., Omar K.A., Li Y., Hassanin H.A.M., Navich W.B., Zhang L.: Preparation of Doum fruit (*Hyphaene thebaica*) dietary fiber supplemented biscuits: Influence on dough characteristics, biscuits quality, nutritional profile and antioxidant properties. *J. Food Sci. Technol.*, 2019, 56 (3), 1328-1336.
- [2] AOAC: Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg 2006..
- [3] Borczak B., Sikora E., Sikora M., Kutyla-Kupidura E.M., Kapusta-Duch J.: Nutritional properties of sugar-free wheat-flour cookies. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2018, 595, 21-28.
- [4] Chattopadhyay S., Raychaudhuri U., Chakraborty R.: Artificial sweeteners – a review. *J. Food Sci. Technol.*, 2014, 51, 611-621.
- [5] Chung H.J., Liu Q., Hoover R.: Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties, and nutritional fractions of pea, lentil, and navy bean starches. *Food Res. Int.*, 2010, 43, 501-508.
- [6] World Health Organization: HEARTS D: Diagnosis and management of type 2 diabetes. WHO, Geneva 2020.
- [7] Englyst H.N., Kingman S.M., Cummings J.H.: Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1992, 46 (Suppl.), 33-50.
- [8] Englyst H.N., Veenstra J., Hudson G.J.: Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods as *in vitro* predictor of glycaemic response. *Brit. J. Clin. Nutr.*, 1996, 73, 327-337.
- [9] Garcia-Alonso A., Jiménez-Escrig A., Martín-Carrón N., Bravo L., Saura-Calixto F.: Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch. *Food Chem.*, 1999, 66, 181-187.
- [10] Giuberti G., Gallo A., Fortunati P., Rossi F.: Influence of high-amylose maize starch addition on *in vitro* starch digestibility and sensory characteristics of cookies. *Starch/Stärke*, 2016, 68 (5-6), 469-475.
- [11] Gondim de Albuquerque J., Duarte A.M., Da Conceição M.L., De Souza Aquino J.: Integral utilization of seriguela fruit (*Spondias purpurea* L.) in the production of cookies. *Rev. Bras. Frutic.*, 2016, 38 (3), #229.
- [12] Górecka D., Korczak J., Borowska-Parus A.: Zastosowanie substancji słodzących w wyrobach ciastkarskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, 6 (55), 210-218.
- [13] Grandfeldt Y., Hagander B., Björck I.: Metabolic responses to starch in oat and wheat products. On the importance of food structure, incomplete gelatinization or presence of vicious dietary fiber. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1995, 49, 189-199.
- [14] Karp S., Wyrwiz J., Kurek M., Wierzbicka A.: Physical properties of muffins sweetened with steviol glycosides as the sucrose replacement. *Food Sci. Biotechnol.*, 2016, 25 (6), 1591-1596.

- [15] Kowalski S., Lukaszewicz M.: Wpływ warunków wypieku kruchych ciastek na powstawanie wybranych pochodnych furanowych oraz zmianę potencjału antyoksydacyjnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2014, 1 (92), 187-199.
- [16] Kutyla-Kupidura E.M., Sikora M., Krystyjan M., Dobosz A., Kowalski S., Pysz M., Tomasik P.: Properties of sugar-free cookies with xylitol, sucralose, acesulfame K and their blends. *J. Food Process Eng.*, 2015, 39 (4), 321-329.
- [17] Lin S.H., Lee C.C., Mau J.L., Lin L.Y., Chiou S.Y.: Effects of erythritol on quality characteristic of reduced-calorie Danish cookies. *J. Food Qual.*, 2010, 33, 14-26.
- [18] Mathers C.D., Loncar D.: Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. *PLOS Med.*, 2006, 3 (11), #442.
- [19] O'Brien Nabors L.: *Alternative Sweeteners*. CRC Press Inc., New York City 2001.
- [20] Pellegrini N., Vittadini E., Vincenzo F.: Designing food structure to slow down digestion in starch-rich products. *Cur. Opin. Food Sci.*, 2020, 32, 50-57.
- [21] Pico J., Bernal J., Gomez M.: Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: A review. *Food Res. Int.*, 2015, 75, 200-215.
- [22] Powell K.F., Holt H.A., Brand-Miller J.C.: International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2002, 76, 5-56.
- [23] Reguła J., Gramza-Michałowska A.: Wartość odżywcza oraz indeks glikemiczny produktów zbożowych z dodatkiem suszu bocznika ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus*). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, 5 (90), 119-128.
- [24] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1131/2011 z dnia 11 listopada 2011 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do glikozydów stewiolowych. *Dz. U. L 295*, ss. 205-211, z 12.11. 2011.
- [25] Szewczyk A., Białek A., Kukielczak A., Czech N., Kokot T., Muc-Wierzgoń M., Nowakowska-Zajdel E., Klakla K.: Ocena sposobu żywienia osób chorujących na cukrzycę typu 1 i 2. *Probl. Hig. Epidemiol.*, 2011, 92 (2), 267-271.
- [26] Torres M.D., Raymundo A., Sousa I.: Effect of sucrose, stevia and xylitol on rheological properties of gels from blends of chestnut and rice flours. *Carbohydr. Polym.*, 2013, 98, 249-256.

EFFECT OF ADDED SELECTED STRONG SWEETENERS ON *IN VITRO* GLYCAEMIC INDEX VALUE OF SUGAR-FREE COOKIES

S u m m a r y

The application of alternative sweeteners (polyols and/or strong sweeteners) in the production of sugar-free cookies can be not only an innovative, but also a prospective solution to a problem relating to diabetics wanting to consume sweet snacks. Type 2 Diabetes (T2D) is a severe, chronic, non-communicable disease that constitutes ca. 90 % of all diabetes cases around the world and it is one of top 5 causes of deaths.

The objective of the research study was to determine the effect of the use of saccharose substitutes (some selected strong sweeteners) on changes in the content of starch fraction in wheat cookies and in the value of glycemic index thereof measured by an *in vitro* method. The experimental material consisted of 4 types of wheat cookies: 1) with saccharose (SA) – constituting a control sample, 2) with steviol glycosides (ST) added, 3) with acesulfame K (ACE) added, 4) with sucralose (SU) added. Under the research studies performed, a significant effect was shown of the use of saccharose substitutes on the increase in the content of rapidly digestible starch (RDS) ($p < 0.05$) as was no significant effect on the content of resistant

starch and slowly digestible starch (SDS) ($p > 0.05$), except for the amount of SDS fraction in the cookies with sucralose ($p < 0.05$). The *in vitro* glyceimic indices of all the wheat cookies analysed were high and ranged $78.36 \div 90.51$ % d.m. The use of strong sweeteners in the production of sugar-free cookies requires further research, including the modification of the developed recipes using other compounds or mixtures of compounds coming under the category of alternative sweeteners.

Key words: wheat cookies, saccharose substitutes, starch, glyceimic index ☒