

DOROTA LITWINEK, HALINA GAMBUŚ, GABRIELA ZIĘĆ,
FLORIAN GAMBUŚ

PORÓWNANIE INDEKSU I ŁADUNKU GLIKEMICZNEGO HERBATNIKÓW OWSIANYCH ORAZ PSZENNYCH

Streszczenie

Celem pracy było porównanie indeksu oraz ładunku glikemicznego herbatników wypieczonych ze 100-procentowej mąki pszennej typu 650 i 100-procentowych mąk owsianych: handlowej oraz resztkowej (uzyskanej po produkcji preparatu błonnikowego).

Herbatniki poddano ocenie organoleptycznie przez panel oceniający. Analizowano też twardość herbatników teksturometrem TA-XT Plus, stosując test penetracji i przecięcia. Metodami AOAC oznaczono w herbatnikach wilgotność oraz zawartość: białka ogółem, tłuszczu surowego, związków mineralnych w postaci popiołu całkowitego, włókna pokarmowego ogółem, w tym frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej oraz β -D-glukanów. Według zaleceń FAO/WHO obliczono także zawartość węglowodanów przyswajalnych w herbatnikach. Zgodnie z metodą rekomendowaną przez FAO, uwzględniającą skład produktów i równoważniki energetyczne Atwera, obliczono wartość energetyczną herbatników. Oznaczenie indeksu glikemicznego przeprowadzono w grupie 15 ochotników metodą zalecaną przez ISO 26642:2010. Zarówno herbatniki pszenne, jak i owsiane zostały bardzo dobrze ocenione pod względem cech organoleptycznych, przy czym herbatniki z mąk owsianych (resztkowej i handlowej) charakteryzowały się większą kruchością. Zastosowanie mąk owsianych do produkcji, w miejsce mąki pszennej, spowodowało statystycznie istotny ($p \leq 0,05$) wzrost zawartości tłuszczu surowego, popiołu całkowitego, włókna pokarmowego (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej), w tym β -glukanów, w tych herbatnikach. Wszystkie herbatniki charakteryzowały się niskim indeksem glikemicznym, w granicach $46 \div 50$, a także niskim ładunkiem glikemicznym – poniżej 10, co wynikało głównie z małej zawartości węglowodanów przyswajalnych ($57 \div 61$ %) i dużej zawartości tłuszczu ($19 \div 24$ %) w tych produktach.

Słowa kluczowe: herbatniki pszenne, herbatniki owsiane, indeks glikemiczny, ładunek glikemiczny

Dr inż. D. Litwinek, prof. dr hab. H. Gambuś, dr G. Zięć, Katedra Technologii Węglowodanów, Wydz. Technologii Żywności, ul. Balicka 122, prof. dr hab. F. Gambuś, Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydz. Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków. Kontakt: d.pastuszka@ur.krakow.pl

Wprowadzenie

Konsumenci poszukują często żywności o odpowiedniej wartości odżywczej i małej kaloryczności. Uważa się, że cechą żywności ważniejszą niż wartość kaloryczna jest jej indeks glikemiczny, którego uwzględnianie może uchronić przed niektórymi chorobami o podłożu metabolicznym [3, 22].

Produkty spożywcze zawierające węglowodany klasyfikuje się według indeksu glikemicznego (GI) w zależności od tego, jak zmienia się stężenie glukozy we krwi po ich spożyciu [19]. Produkty, po spożyciu których obserwuje się niewielki i powolny wzrost stężenia glukozy we krwi, zalicza się do produktów o niskim indeksie glikemicznym ($GI < 55$), natomiast te, po spożyciu których następuje szybkie trawienie i wchłanianie, a tym samym szybki wzrost stężenia glukozy, klasyfikuje się jako artykuły o wysokim GI ($GI > 70$) [15, 19].

Nieprawidłowo zbilansowana dieta, m.in. bogata w produkty o wysokim indeksie glikemicznym, jest czynnikiem etiologicznym zaburzeń metabolizmu i przyczynia się w dużej mierze do rozwoju chorób o tym podłożu. Zostały one nazwane przewlekłymi chorobami niezakaźnymi, do niedawna zwanymi „chorobami cywilizacyjnymi”. Wśród nich wyróżnia się: cukrzycę, miażdżycę, otyłość czy nowotwory. W celu ograniczenia ryzyka tych schorzeń promuje się produkty prozdrowotne, m.in. produkty zbożowe wzbogacane przetworami zbóż niechlebowych (w tym owsianymi), z pseudozbożami lub nasionami roślin oleistych [11, 20].

Od wielu lat eksperci ds. żywienia człowieka zwracają uwagę, że w dziennej racji pokarmowej spożywanej w Polsce należy zwiększyć udział produktów z owsa. Ziarno owsa jest bowiem bogate w rozpuszczalne w wodzie β -glukany, związki o właściwościach przeciwutleniających (m.in. tokochromanole, awentramidy, kwasy polifenolowe, kwas fitynowy), wielonienasycone kwasy tłuszczowe, w tym kwas α -linolenowy oraz fitosterole (m.in. β -sitosterol, $\Delta 5$ -awenasterol) [3, 26, 28]. Coraz częściej promuje się również produkty węglowodanowe (pieczywo, słodycze) o obniżonym indeksie glikemicznym [8, 16]. Niska wartość indeksu glikemicznego przetworów owsianych wskazuje na zasadność włączania ich do diety osób zdrowych, w celu profilaktyki cukrzycy insulinoniezależnej, a do diety diabetyków – w celach wspomagających leczenie [4, 23, 28].

Celem pracy było porównanie indeksu oraz ładunku glikemicznego, a dodatkowo właściwości organoleptycznych, podstawowego składu chemicznego i wartości energetycznej herbatników owsianych – wypieczonych ze 100-procentowej handlowej mąki owsianej lub z mąki owsianej, tzw. reszkowej, uzyskanej po produkcji preparatu błonnikowego – z herbatnikami pszennymi.

Material i metody badań

Material badawczy stanowiły herbatniki z mąki pszennej (HMP), z handlowej mąki owsianej (HMOH) oraz z mąki owsianej resztkowej (HMOR), wypiekane według zmodyfikowanej receptury AACC (2006 – metoda nr 10-54) [1] – tab. 1.

Tabela 1. Skład recepturowy badanych herbatników.

Table 1. Recipe-based composition of biscuits tested.

Skład surowcowy [g] Raw materials [g]	Herbatniki pszenne Wheat biscuits (HMP)	Herbatniki owsiane z mąki handlowej Commercial oat flour biscuits (HMOH)	Herbatniki owsiane z mąki resztkowej Residual oat flour biscuits (HMOR)
Mąka pszenna typu 650 Wheat flour type 650	600	-	-
Mąka owsiana handlowa Commercial oat flour	-	600	-
Mąka owsiana resztkowa Residual oat flour	-	-	600
Margaryna Margarine	270	270	270
Cukier puder Sugar powder	160	160	160
Jaja Eggs	85 (2 szt.)	85 (2 szt.)	85 (2 szt.)
Proszek do pieczenia Baking powder	4	4	4
Cukier wanilinowy Vanilla sugar	32	32	32

Warunki przygotowania ciasta i wypieku herbatników: ciasto sporządzano ręcznie ze składników przewidzianych recepturą i odstawiano do chłodziarki na 30 min. Po tym czasie ciasto wałkowano na papierze do wypieku do grubości 5 mm i wykrawano okrągłe ciastka o średnicy 6 cm. Herbatniki wypiekano w temp. 200 °C przez 13 min.

Ocenę organoleptyczną herbatników po ich ostudzeniu przeprowadził panel oceniający, zgodnie z PN-A-74252 [27]. Twardość herbatników oznaczano teksturometrem TA-XT Plus w teście penetracji (pomiar siły przebicia herbatnika sondą P6) oraz w teście przecięcia herbatnika w komorze Kramera, z centralnie zamontowanym jednym nożem.

Próbki przeznaczone do analiz chemicznych rozdrabniano w młynku bijakowym. W herbatnikach, metodami AOAC [2], oznaczano zawartość: suchej masy (met.

925.10), białka ogółem (met. 950.36), włókna pokarmowego ogółem (w tym frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej w wodzie – met. 935.38), tłuszczu surowego (met. 930.05), a także związków mineralnych w postaci popiołu całkowitego (met. 930.05). Ponadto szacowano zawartość dostępnych węglowodanów wg FAO/WHO [13] oraz obliczano wartość energetyczną herbatników na podstawie oznaczonego składu chemicznego, wg FAO [12], stosując średnie równoważniki energetyczne Atwatera.

Po uzyskaniu zgody Komisji Bioetycznej przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Krakowie (Nr 90/KBL/OIL/2010) oznaczano indeks glikemiczny badanych herbatników wg ISO 26642:2010 [18]. Analizę prowadzono w grupie 15 ochotników – kobiet w wieku 23 - 24 lat, o średnim wskaźniku masy ciała (BMI) wynoszącym $21,8 \pm 1,9 \text{ kg/m}^2$. Kobietom podawano 3 rodzaje herbatników wypiekanych 20 h przed planowanym badaniem, w ilości dostarczającej 50 g dostępnych węglowodanów (tab. 2). Podczas trzech spotkań uczestnicy otrzymywali, oprócz herbatników, 200 cm³ wodnego roztworu glukozy zawierającego 50 g czystej glukozy. Grupa ochotników zgłaszała się na badania rano, na czczo, 2 razy w tygodniu, między kolejnymi badaniami zachowywano minimum 2-dniową przerwę. Dwa pierwsze pomiary stężenia glukozy we krwi, których średnia stanowiła punkt odniesienia na krzywej glikemicznej (wartość 0), dokonywano na czczo. Kolejne pomiary przeprowadzano po: 15, 30, 45, 60, 90 i 120 min, liczonych od momentu rozpoczęcia spożywania badanego produktu (glukozy lub herbatników). Pomiary stężenia glukozy wykonywano we krwi kapilarnej (pobieranej przez pielęgniarki mikropipetą). Analizy te wykonywano w laboratorium medycznym Diagnostyka w Krakowie przy użyciu metody enzymatycznej z heksokinazą, stosując zestaw odczynników Abbott Ur. 3L82-41. Jako inhibitora glikolizy używano fluorku sodu. Pomiary wykonywano metodą absorpcyjną przy $\lambda = 340 \text{ nm}$ w aparacie Architect CI 8200 (Abbott laboratories, Abbott Park, Illinois, USA). Wyniki wyrażano w mmol/l. Następnie sporządzano krzywe odpowiedzi glikemicznej każdego produktu i dla każdej osoby oddzielnie. Na ich podstawie obliczano pole powierzchni pod krzywą glikemiczną (IAUC), wykorzystując metodę trapezoidalną, zgodnie z wymogami ISO 26642:2010 i wykluczając wartości poniżej punktu odniesienia (stężenia glukozy na czczo). Jako wartość indeksu glikemicznego przyjmowano stosunek pola powierzchni pod krzywą glikemii po spożyciu badanego produktu (IAUC) do pola powierzchni pod krzywą glikemii po spożyciu posiłku referencyjnego – glukozy (wartość średnia z 3 pomiarów po spożyciu glukozy = $IAUC_{ref}$). Wynik wyrażano w procentach. Obliczano także ładunek glikemiczny herbatników. Jako porcję produktu jednorazowo spożywaną przyjęto dwa herbatniki o masie ok. 30 g.

Wyniki przedstawiono w postaci wartości średnich i odchyłeń standardowych, a w przypadku indeksu i ładunku glikemicznego dodatkowo obliczono średni błąd standardowy (SEM). Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA)

w programie Statistica 10. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana przy $p = 0,05$.

Tabela 2. Wielkość porcji badanych herbatników podawanej uczestnikom, obliczona na podstawie zawartości w nich dostępnych węglowodanów.

Table 2. Portion size of tested biscuits given to participants and calculated on the basis of content of available carbohydrates therein.

Rodzaj herbatników Type of biscuits	Dostępne węglowodany [g/100 g herbatników] Available carbohydrates [g / 100 g of biscuits]	Porcja herbatników dostarczająca 50 g dostępnych węglowodanów [g] Portion of biscuits to provide 50 g of available carbohydrates [g]
HMOR	51,3	85,2
HMOH	48,9	87,2
HMP	51,9	81,5

Znaczenie symboli jak w tab. 1. / Meaning of the symbols as in Tab. 1.

Wyniki i dyskusja

Nowy produkt, niezależnie od wartości odżywczej i dietetycznej, powinien uzyskać akceptację konsumentów przed wprowadzeniem na rynek. Cechy organoleptyczne kruchych herbatników, a zwłaszcza ich tekstura, mogą przesądzić o tej akceptacji. Dlatego celowe jest stosowanie metod analizy sensorycznej [6, 31]. Wykazano, że zamiana standardowej mąki pszennej do produkcji herbatników na mąkę owsianą (handlową i resztkową) nie wpłynęła znacząco na jakość wyrobu, o czym świadczy suma przyznanych punktów (tab. 3).

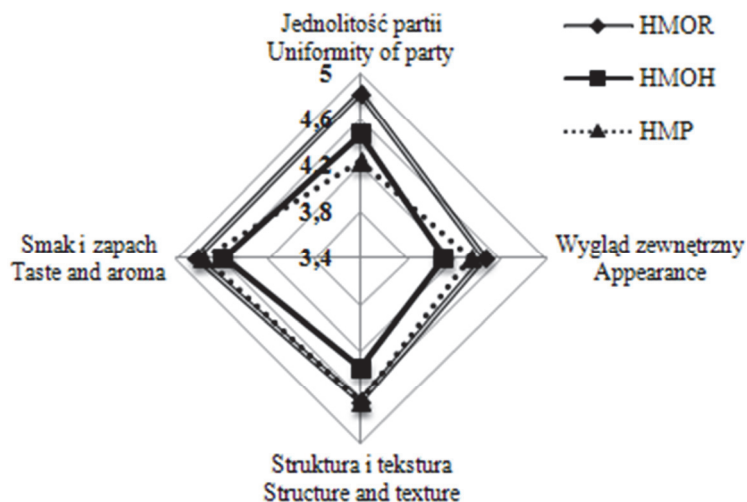
Tabela 3. Wyniki oceny organoleptycznej herbatników.

Table 3. Results of organoleptic assessment of biscuits.

Rodzaj herbatników Type of biscuits	Suma punktów Total scores	Poziom jakości* Quality grade
HMOR	19 ^b ± 0,05	I
HMOH	17 ^a ± 0,31	II
HMP	18 ^b ± 0,08	I

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Znaczenie symboli jak w tab. 1. / Meaning of the symbols as in Tab. 1. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviation; $n = 15$; a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in column and denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$; * zgodnie z normą PN-A-74252 [4] / pursuant to PN-A-74252 [4].



Rys. 1. Wyniki cząstkowej oceny organoleptycznej badanych herbatników.
 Fig. 1. Results of partial organoleptic assessment of tested biscuits.

Panel konsumencki przyznał herbatnikom z mąki owsianej resztkowej najwyższe oceny za każdą z cech (rys. 1), stąd zostały one zakwalifikowane do I poziomu jakości – 19 pkt. Nieznacznie niżej (18 pkt) oceniono herbatniki pszenne (I poziom jakości), a herbatniki z handlowej mąki owsianej oceniono na 17 pkt, co pozwoliło na zakwalifikowanie ich do II poziomu jakości (tab. 3).

Członkowie panelu oceniającego wskazali na różnice w strukturze i teksturze, przyznając więcej punktów za tę cechę herbatnikom wypieczonym z mąki owsianej resztkowej (HMOR) (rys. 1). Ocena ta została potwierdzona instrumentalnym pomiarem twardości (testem penetracji i przecięcia) herbatników, wykonanym teksturometrem TA.XT Plus (tab. 4). Określono siłę potrzebną do rozkruszenia herbatników. Wartość siły powinna odzwierciedlać kruchość produktu oraz wysiłek niezbędny do rozdrobnienia go w jamie ustnej tak, aby nadawał się do przełknięcia [29, 30]. W przypadku herbatników kruchość jest niezwykle istotna. Produkty takie nie mogą się rozsypanywać ani też odznaczać zbyt dużą twardością – im twardsze są ciastka, tym są mniej kruche [6, 25, 31].

Herbatniki z mąki owsianej, zarówno resztkowej, jak i handlowej (HMOR i HMOH) charakteryzowały się istotnie mniejszą ($p \leq 0,05$) twardością, niezależnie od zastosowanego testu instrumentalnego, w porównaniu z herbatnikami z mąki pszennej (tab. 4). Większa kruchość herbatników owsianych jest wynikiem stosowania mąki, która zawiera więcej tłuszczu [5], a równocześnie mniej białek glutenowych, w porównaniu z mąką pszenną. Tłuszcz nadaje ciastu plastyczność i sprawia, że gotowe pro-

dukty są odpowiednio kruche [7]. Modyfikuje on cechy organoleptyczne, jak również właściwości fizyczne ciasta i w efekcie teksturotwórcze cechy gotowego produktu [7, 31].

Tabela 4. Twardość herbatników oznaczona teksturometrem TA.XT Plus.

Table 4. Hardness of biscuits evaluated using TA.XT Plus Texture Analyzer.

Rodzaj herbatników Type of biscuits type	Twardość herbatników [N] / Hardness of biscuits [N]	
	Test penetracji Penetration test	Test przecięcia Intersection test
HMOR	18,5 ^a ± 2,2	45,4 ^a ± 1,3
HMOH	21,0 ^a ± 2,2	47,8 ^a ± 0,7
HMP	28,4 ^b ± 0,5	63,3 ^b ± 7,2

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 3. / Other explanatory notes as in Tab. 3.

Z porównania składu podstawowego wynika, że herbatniki owsiane HMOR i HMOH charakteryzowały się istotnie większą ($p \leq 0,05$) zawartością tłuszczu, związków mineralnych w postaci popiołu całkowitego i włókna pokarmowego (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej), w porównaniu z herbatnikami pszennymi. Natomiast zastąpienie mąki pszennej mąką owsianą nie wpłynęło na zmiany zawartości białka – tab. 5.

Badane herbatniki charakteryzowały się dużą zawartością węglowodanów przyswajalnych ze względu na skład mąki o dużej zawartości skrobi i znaczną ilość sacharozy dodanych do ciasta, przewidzianych recepturą.

Większy udział tłuszczu, błonnika i popiołu, a mniejszy skrobi w herbatnikach owsianych HMOR i HMOH wpłynął na istotnie mniejszą ($p \leq 0,05$) zawartość dostępnych węglowodanów, w porównaniu z herbatnikami pszennymi HMP, odpowiednio o 2,6 i 4 % (tab. 5).

Świadomi konsumenci coraz częściej sprawdzają walory żywieniowe artykułów spożywczych, dlatego konieczne jest m.in. obliczenie wartości energetycznej nowych produktów. Na podstawie zawartości składników podstawowych i przy użyciu współczynników Atwatera obliczono wartość energetyczną 100 g herbatników, a także dostarczaną wraz z jedną przeciętnie spożywaną porcją, za którą przyjęto 2 ciastka o masie ok. 30 g (tab. 6).

Tabela 5. Zawartość składników pokarmowych w badanych herbatnikach.

Table 5. Content of nutrients in biscuits tested.

Wyszczególnienie / Item		Rodzaj herbatników / Type of biscuits		
		HMOR	HMOH	HMP
Wilgotność Moisture		4,03 ^a ± 0,40	5,43 ^b ± 0,28	8,42 ^c ± 0,40
Białko ogółem Total protein		7,59 ^a ± 0,01	7,52 ^a ± 0,02	7,52 ^a ± 0,03
Tłuszcz surowy Crude fat		24,2 ^b ± 0,15	24,6 ^b ± 0,15	19,8 ^b ± 0,03
Popiół całkowity Total ash		1,02 ^b ± 0,01	1,07 ^c ± 0,01	0,57 ^a ± 0,02
Włókno pokarmowe Dietary fibre	Fracja rozpuszczalna Soluble fraction	1,93 ^c ± 0,02	1,61 ^b ± 0,06	1,06 ^a ± 0,01
	Fracja nierozpuszczalna Insoluble fraction	2,57 ^c ± 0,01	2,46 ^b ± 0,01	1,32 ^a ± 0,01
	Ogółem Total	4,50 ^c ± 0,01	4,07 ^b ± 0,06	2,38 ^a ± 0,02
	β-D-glukany β-D-glucans	1,26 ^b ± 0,01	1,25 ^b ± 0,01	0,13 ^b ± 0,01
Węglowodany przyswajalne Digestible carbohydrates		58,7 ^a ± 0,28	57,4 ^a ± 0,13	61,4 ^b ± 0,14

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a, b, c – wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in rows and denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 3. / Other explanatory notes as in Tab. 3.

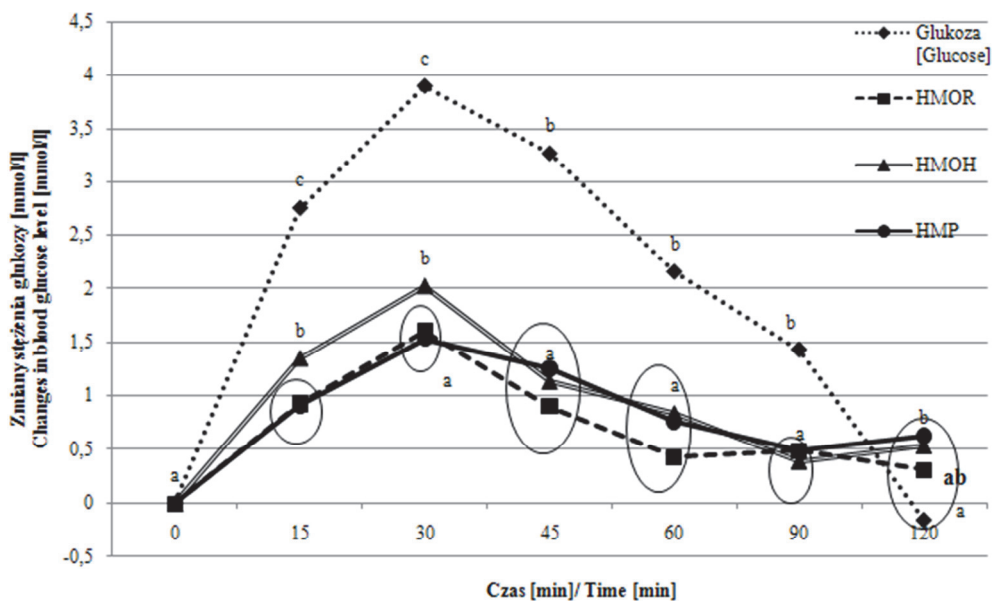
Tabela 6. Wartość energetyczna 100 g herbatników oraz ich jednej porcji (2 ciastka – 30 g herbatników).

Table 6. Food energy provided by 100 g of biscuits and by one portion thereof (2 biscuits – 30 g of biscuits).

Rodzaj herbatników Type of biscuits	Wartość energetyczna / Food energy			
	[kcal/100 g]	[kJ/100 g]	[kcal/2 ciastka] [kcal/2 biscuits]	[kJ/2 ciastka] [kJ/2 biscuits]
HMOR	491,7	2057,1	147,5	617,1
HMOH	488,7	2044,1	146,6	613,2
HMP	458,1	1920,9	137,4	576,3

Znaczenie symboli jak w tab. 1. / Meaning of the symbols as in Tab. 1.

Jedna porcja herbatników owsianych HMOR czy HMOH charakteryzowała się wartością energetyczną większą o ok. 10 kcal/30 g od takiej samej porcji herbatników pszennych HMP (tab. 6). Większa kaloryczność tych herbatników wynikała głównie z większej zawartości tłuszczu niż w herbatnikach pszennych (tab. 5), mimo że zawierały one znacznie więcej włókna pokarmowego, co częściowo ograniczało ich wartość energetyczną [21]. Nie zaobserwowano natomiast różnicy pomiędzy wartością energetyczną herbatników owsianych HMOR i HMOH.



Objaśnienia / Explanatory notes:

Znaczenie symboli jak w tab. 1; / Meaning of the symbols as in Tab. 1.; a, b, c – wartości średnie oznaczone różnymi literami w badanym czasie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by different letters during time period tested differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Rys. 2. Zmiany stężenia glukozy we krwi uczestników badania po spożyciu herbatników oraz glukozy użytej jako produkt wzorcowy.

Fig. 2. Changes in glucose levels in blood of test participants after they ate biscuits and glucose used as standard product.

Stężenie glukozy oznaczone we krwi ochotników na czczo mieściło się najczęściej w normie ($3,9 \div 5,5$ mmol/l), wynosiło bowiem $3,69 \div 5,48$ mmol/l. Największy i najszybszy wzrost stężenia glukozy we krwi ochotników nastąpił po spożyciu roztworu wzorcowego (rys. 2), ze względu na dużą przyswajalność czystej glukozy. Już po 15 min stężenie glukozy we krwi było istotnie większe ($p \leq 0,05$) niż po spożyciu badanych herbatników, natomiast maksymalne stężenie po konsumpcji wszystkich anali-

zowanych produktów nastąpiło po 30 min od rozpoczęcia pomiarów. Podobne wyniki uzyskiwano już we wcześniejszych badaniach innych autorów [10, 24]. Po przeanalizowaniu wykresu krzywych glikemicznych po spożyciu roztworu czystej glukozy i badanych herbatników (rys. 2) stwierdzono znaczną różnicę w tempie wzrostu i obniżenia poziomu glukozy we krwi, a także w jej maksymalnym stężeniu w przypadku różnych produktów. Po spożyciu roztworu czystej glukozy zarówno wzrost, jak i zmniejszenie stężenia glukozy we krwi, były bardzo szybkie i gwałtowne, a po spożyciu wszystkich rodzajów herbatników znacznie wolniejsze i bardziej równomierne podczas całego badania.

Zmniejszanie stężenia glukozy we krwi po spożyciu herbatników, do wartości ok. 0,5 mmol/l, występowało od 30. do 60. min, natomiast po spożyciu roztworu glukozy zmniejszało się sukcesywnie od 30. min do końca monitorowania badania, tj. do 120. min, czyli przez 90 min, przy czym do największego zmniejszenia glikemii dochodziło w 2. h badania, co jest zgodne z wynikami Ciok i wsp. [16]. Ponadto po spożyciu glukozy wystąpiło zjawisko hipoglikemii, czyli nadmiernego obniżenia poziomu glukozy we krwi (rys. 2). Zaobserwowano znaczne różnice pomiędzy maksymalnymi wartościami stężenia glukozy we krwi ochotników po spożyciu glukozy i herbatników, wynoszącymi odpowiednio 3,9 mmol/l oraz $1,5 \pm 2$ mmol/l.

W przypadku herbatników największe, statystycznie istotne ($p \leq 0,05$) stężenie glukozy we krwi wystąpiło po spożyciu ciastek z mąki owsianej handlowej (HOMH), nie wykazano natomiast różnicy w maksymalnym stężeniu glukozy po spożyciu herbatników pszennych (HMP) i z mąki owsianej resztkowej (HMOR). Ponadto konsumpcja herbatników owsianych HMOR skutkowałą najniższym stężeniem glukozy we krwi przez cały okres badania, w odniesieniu do pozostałych herbatników (rys. 2).

Na przebieg krzywych glikemicznych, a tym samym na wartość indeksu glikemicznego, wpływ wywiera nie tylko skład chemiczny produktu, ale także jego struktura [14]. Herbatniki owsiane HMOH zawierały istotnie mniej ($p \leq 0,05$) włókna pokarmowego, w tym jego frakcji rozpuszczalnej, niż herbatniki HOMR (tab. 5.) Rozpuszczalna frakcja włókna pokarmowego odpowiedzialna jest za obniżanie poziomu glukozy we krwi, poprzez tworzenie lepkich roztworów, które opóźniają wchłanianie węglowodanów oraz ograniczają hydrolizę enzymatyczną cukrów w jelicie cienkim [14]. Zatem tendencja do większej poposiłkowej glikemii stwierdzona po spożyciu herbatników HOMH w odniesieniu do herbatników HOMR wynika prawdopodobnie z mniejszej zawartości w nich włókna pokarmowego (tab. 5). Wydaje się, że w tym przypadku mniejsze znaczenie mają zawartość tłuszczu i białka, które w herbatnikach owsianych kształtowały się na podobnym poziomie, a także struktura produktu, bowiem nie zaobserwowano różnicy w kruchości herbatników.

Ze względu na około dwukrotnie mniejszą zawartość włókna pokarmowego w herbatnikach pszennych, w porównaniu z owsianymi, spodziewano się, że po ich spożyciu we krwi ochotników wystąpi największe spośród wszystkich wypieków maksymalne stężenie glukozy. Jednak ze względu na największą twardość (tym samym

najmniejszą kruchość) tych herbatników (tab. 4), hydroliza cukrów w nich zawartych mogła przebiegać znacznie wolniej niż w herbatnikach owsianych. Ponadto inna struktura białek mąki pszennej (białka glutenowe) mogła ograniczać dostępność skrobi do działania α -amylazy przez całkowite lub częściowe „zamknięcie” jej w ustrukturyzowanym białku wokół ziarenek skrobiowych [14].

Indywidualne wyniki krzywych glikemii po spożyciu badanych produktów dowiodły, że spożycie tych samych produktów powodowało wystąpienie znacznych różnic w wartościach pola powierzchni pod krzywą glikemiczną u poszczególnych ochotników. Mogło to być spowodowane różnicami w przebiegu procesów trawienia i wchłaniania. Uwzględnienie krzywej wzorcowej (sporządzonej po spożyciu glukozy) każdego z uczestników umożliwia zniwelowanie różnic osobniczych, które mogłyby wpłynąć na oznaczenie indeksu glikemicznego [10]. Jednak mimo takiego postępowania wystąpiły duże różnice w wartościach GI, obliczanego dla poszczególnych osób spożywających ten sam rodzaj herbatników, o czym świadczą wysokie wartości odchylenia standardowego (s) oraz średniego błędu standardowego (SEM) – tab. 7. Podobne rozbieżności uzyskiwano w różnych ośrodkach badawczych, w których posługiwano się takimi samymi metodami pomiarowymi [9, 15, 17].

Tabela 7. Indeks i ładunek glikemiczny badanych herbatników.

Table 7. Glycaemic index and glycaemic load of tested biscuits.

Rodzaj herbatników Type of biscuits	Indeks glikemiczny Glycaemic index	s / SD	SEM	Ładunek glikemiczny Glycaemic load	s / SD	SEM
HMOR	46,5 ^a	± 10,8	± 4,0	8,5 ^a	± 4,1	± 0,7
HMOH	49,7 ^a	± 9,0	± 2,8	8,6 ^a	± 3,4	± 0,5
HMP	46,2 ^a	± 13,4	± 3,4	8,3 ^a	± 3,7	± 0,6

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Znaczenie symboli jak w tab. 1. / Meaning of the symbols as in Tab. 1.

s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation; SEM – średni błąd standardowy / standard error of the mean; a – wartości średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in columns and denoted by the same letter do not differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

Ze względu na dużą zmienność indywidualnych wyników w obrębie jednego rodzaju badanych herbatników nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ($p \leq 0,05$) pomiędzy indeksem glikemicznym tych produktów (tab. 7). Jednak zaobserwowano pewne trendy widoczne już podczas analizy krzywych glikemicznych, wykreślonych po spożyciu herbatników (rys. 2). Można sądzić, że tendencją do wywoływania największej odpowiedzi glikemicznej, a zarazem największej wartości indeksu glikemicznego, charakteryzowały się herbatniki z mąki owsianej handlowej (HMOH), natomiast

herbatniki z mąki resztkowej (HMOR) i pszennej (HMP) nie różniły się wartościami tego parametru (tab. 7).

Na wartość indeksu glikemicznego herbatników z pewnością wywarła wpływ znaczna zawartość tłuszczu, w tym tłuszczu dodanego (margaryny) oraz włókna pokarmowego (tab. 5), gdyż oba te składniki znacznie spowalniają tempo absorpcji glukozy po spożyciu posiłku bogatego w te związki [22, 29]. Substancje te opóźniają proces opróżniania żołądka i spowalniają tempo trawienia i wchłaniania węglowodanów. Produkty bogate w tłuszcz odznaczają się więc mniejszą wartością GI w stosunku do produktów ubogich w tłuszcz [10, 14]. Zatem duża zawartość tłuszczu we wszystkich badanych herbatnikach (ponad 20 %) była główną przyczyną ich niskiego GI, a większa zawartość włókna pokarmowego w herbatnikach owsianych czy też różnice w teksturze (herbatniki pszenne) były mniej znaczące.

Zgodnie z klasyfikacją produktów FAO/WHO [13] i ISO 26642:2010 [18] ze względu na wartość indeksu glikemicznego wszystkie badane herbatniki, także z mąki pszennej, wykazały indeks glikemiczny mniejszy niż 50, co klasyfikuje je do grupy produktów o niskim GI (tab. 7).

Uważa się, że produkty owsiane odznaczają się niskim indeksem glikemicznym dzięki obecności β -glukanów [3, 22, 23]. Jednak zgodnie z rozporządzeniem Komisji UE nr 432/2012 β -glukany obniżają poziom glukozy we krwi, jeżeli żywność zawiera ich co najmniej 4 g na każde 30 g przyswajalnych węglowodanów w określonej porcji. Tego założenia nie spełniają badane herbatniki owsiane, gdyż na 30 g przyswajalnych węglowodanów przypada jedynie 0,6 g β -glukanów. Ponadto w recepturze herbatników przewidziany był znaczny dodatek sacharozy, który bardzo szybko podnosi poziom glukozy we krwi, stąd produkty bogate w sacharozę na ogół odznaczają się wysoką wartością GI [15].

Wartość GI świadczy tylko o jakości i szybkości wchłaniania węglowodanów zawartych w produkcie. Nie odzwierciedla natomiast, ile przyswajalnych węglowodanów jest dostarczanych wraz z porcją określonego produktu. W celu kontroli poziomu glukozy we krwi niezbędne jest zatem oznaczenie zarówno indeksu glikemicznego jak i ładunku glikemicznego (GL – glycemc load). Przyjmuje się, że niski ładunek glikemiczny to ten poniżej 10, średni 11 ÷ 19, wysoki natomiast wynosi 20 i więcej. Badane herbatniki oprócz niskiego indeksu glikemicznego wykazały również niski ładunek glikemiczny (tab. 7), bowiem wszystkie wyniki oscylowały wokół 8,5. Niskie wartości tych wskaźników w przypadku produktów z dużą zawartością β -D-glukanów oraz ciasteczek owsianych lub z płatkami owsianymi wykazali również inni autorzy [10, 15, 24]. Dotychczas nie porównano wartości GI i GL produktów owsianych i pszennych, sporządzonych według tych samych receptur.

Jak wynika z niniejszych badań, spożycie herbatników z mąki owsianej nie wpłynęło znacząco na zmiany przebiegu krzywych glikemicznych. Zastąpienie produktu

pszennego produktami z mąki owsianej nie pozwoliło na uzyskanie znaczących różnic wartości indeksu glikemicznego. Należy podkreślić, że w celu zmniejszenia GI w procesie produkcji wyrobów pszennych (najczęściej o wysokim wskaźniku) stosuje się jednak dodatek mąki owsianej. Są to najczęściej produkty o niewielkiej zawartości tłuszczu i cukrów prostych, jak np. chleb [3, 22, 23].

Wnioski

1. Zarówno herbatniki pszenne, jak i owsiane zostały bardzo dobrze ocenione pod względem cech sensorycznych, co świadczy o ich wysokiej akceptacji konsumentkiej, przy czym herbatniki z mąk owsianych (handlowej i resztkowej) charakteryzowały się mniejszą twardością, co świadczy o ich większej kruchości.
2. Zastosowanie mąk owsianych do produkcji herbatników, w miejsce mąki pszennej, spowodowało statystycznie istotny ($p \leq 0,05$) wzrost zawartości tłuszczu surowego, związków mineralnych w postaci popiołu całkowitego, włókna pokarmowego (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej), w tym β -glukanów w tych herbatnikach.
3. Maksymalne stężenie glukozy we krwi wystąpiło po 30 min od spożycia herbatników, jednocześnie największe stężenie glukozy zaobserwowano w przypadku herbatników owsianych z mąki handlowej.
4. Wszystkie herbatniki odznaczały się niskim indeksem glikemicznym w zakresie $46 \div 50$ oraz ładunkiem glikemicznym poniżej 10, co związane jest z niewielką zawartością węglowodanów przyswajalnych ($57 \div 61$ %) i znaczną zawartością tłuszczu ($19 \div 24\%$) w tych produktach.
5. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ($p \leq 0,05$) pomiędzy indeksem i ładunkiem glikemicznym herbatników sporządzonych z mąki pszennej oraz mąk owsianych: handlowej i resztkowej.

Projekt sfinansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki (NN 312331640).

Literatura

- [1] AACC: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. Association of Cereal Chemists, St Paul, Minn, 2000.
- [2] AOAC: Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Analytical Chemists International, Gaithersburg 2006.
- [3] Bartnikowska E.: Przetwory z ziarna owsa jako źródło ważnych substancji prozdrowotnych w żywieniu człowieka. Biuletyn IHAR, 2003, **229**, 235-245.
- [4] Bartnikowska E., Lange E.: Znaczenie dietetyczne przetworów owsianych ich wpływ na stężenie cholesterolu w osoczu oraz poposiłkową glikemię. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2000, **1** (22), 18-36.

- [5] Berski W., Krystyan M., Buksa K., Zięć G., Gambuś H.: Chemical, physical and rheological properties of oat flour affected by the isolation of betaglucan preparation. *J. Cereal Sci.*, 2014, DOI: 10.1016/j.jcs.2014.09.001.
- [6] Błońska A., Marzec A., Kowalska H., Wróblewska I.: Zmiany właściwości mechanicznych, akustycznych i sensorycznych ciastek owsianych w czasie przechowywania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2012, **571**, 17-28.
- [7] Brzozowska E.: *Technologia ciast o strukturze kruchej*. Rozdz. 22 W: *Podstawy technologii gastronomicznej*. Red. S. Zalewski. WNT, Warszawa 1997.
- [8] Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., Dojczew D., Haber T., Szulim M.: Wpływ dodatku różnych form błonnika na jakość wybranych wyrobów ciastkarskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **2 (14)**, 80-90.
- [9] Chlup R, Bartek J, Rezníčková M, Zapletalová J, Doubravová B, Chlupová L, Seckar P, Dvoráčková S, Simánek V.: Determination of the glycaemic index of selected foods (white bread and cereal bars) in healthy persons. *Biomed Biomedical papers of the Medical Faculty of the University Palacký, Olomouc, Czechoslovakia*, 2004, **148 (1)**, 17-25.
- [10] Ciok J., Dzieniszewski J., Lang V.: Oznaczenie indeksu glikemicznego i insulinowego sześciu produktów pochodzenia zbożowego. *Żyw. Człow. Met.*, 2004, **31 (1)**, 63-77.
- [11] Czubaszek A., Karolini-Skaradzińska Z., Fajarczuk M.: Wpływ produktów z owsa na właściwości wypiekowe mieszanek żytnio-owsianych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **5 (78)**, 150-162.
- [12] FAO. Food energy – methods of analysis and conversion factors. *FAO Food and Nutrition Paper*, 2003, 77.
- [13] FAO/WHO. Carbohydrates In Human Nutrition. Report of a join FAO/WHO Raport Expert Consultation. *FAO Food and Nutrition Paper*, 1998, 66.
- [14] Fardet A., Leenhardt F., Lioger D., Remesy Ch.: Parameters controlling the glycaemic response to breads. *Nutr. Res. Rev.*, 2006, **19**, 18-25.
- [15] Foster-Powell K., Holt S.H., Brand-Miller J.C.: International table of glycemic index load values: 2002. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2002, **76**, 5-56.
- [16] Gambuś H., Litwinek D.: Pieczywo – dlaczego warto jeść i jakie wybierać? [online]. Dostęp w Internecie [10.06.2014]: <http://www.dieta.medycynapraktyczna.pl/zasady/show.html?id=74904>, 2013
- [17] Hätönen K.A., Similä M.E., Virtamo J.R., Eriksson J.G., Hannila M.L., Sinkko H.K., Sundvall J.E., Mykkänen H.M., Valsta L.M.: Methodological considerations in the measurement of glycemic index: glycemic response to rye bread, oatmeal porridge, and mashed potato. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2006, **84 (5)**, 1055-1061.
- [18] ISO 26642:2010 (E). Food products. Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification.
- [19] Jenkins D.J.A., Wolever T.M.S., Taylor R.H., Barker H., Fielden H., Baldwin J.M., Bowling A.C., Newman H.C., Jenkins A.L., Goff D.V.: Glycemic index of food: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1981, **34 (03)**, 362-366.
- [20] Kawka A.: Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **3 (70)**, 25-43.
- [21] Lange E.: Indeks glikemiczny produktów spożywczych. *Diabetyk*, 2006, **128**, 6.
- [22] Lange E.: Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **3 (70)**, 7-24.
- [23] Lange E: Zastosowanie indeksu glikemicznego w dietoterapii zespołu metabolicznego. *Kosmos*, 2010, **59 (3-4)**, 355-363.

- [24] Makelainen H., Anttila H., Sihvonen J., Hietanen R-M., Tahvonen R., Salminen E., Mikola M., Stontag-Strohom T.: The effect of β -glucan on the glycemic and insulin index. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2007, **67**, 779-785.
- [25] Marzec A., Gondek E.: Zależności pomiędzy wybranymi wyróżnikami tekstury krakersów oznaczonymi instrumentalnie i sensorycznie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **47** (2), 223-230.
- [26] Ortiz-Robledo F., Villanueva-Fierro I., Oomah B.D., Lares-Asef I., Proal-Nájera J.B., Návar-Chaidez J.J.: Avenanthramides and nutritional components of four mexicanas oats (*Avena sativa* L.) varieties. *Agrociencia* 2013, **47** (3), 225-232.
- [27] PN-A-74252.: 1998. Wyroby i półprodukty ciastkarskie. Metody badań
- [28] Sadiq Butt M., Tahir-Nadeem M., Khan M.K.I., Sabir R.: Oat: unique among cereals. *European Journal of Nutrition.*, 2008, **47**, 68-79.
- [29] Salvin J.: Dietary fibre and body weight, *Nutrition*, 2005, **21**, 411-418
- [30] Surówka K.: Tekstura żywności i metody jej badania. *Przem. Spoż.*, 2002, **56** (10), 12-17.
- [31] Żbikowska A., Rutkowska J., Marcinkiewicz A.: Ocena mechanicznych właściwości ciastek kruchych metodą instrumentalną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **63** (2), 103-111.

COMPARING GLYCAEMIC INDEX AND GLYCAEMIC LOAD OF OAT BISCUITS AND WHEAT BISCUITS

S u m m a r y

The objective of the study was to compare the glycaemic index and glycaemic load of biscuits made with 100 % wheat flour type 650 and with two 100 % oat flours: commercial oat flour and residual oat flour (obtained after the production of fibre preparation).

The biscuits were organoleptically assessed by a panel of assessors. The hardness of the biscuits was analyzed using a TA-XT Plus Texture Analyzer along with penetration and intersection tests. AOAC methods were applied to determine the moisture and the content of the following components in the biscuits: total protein, crude fat, mineral compounds in the form of total ash, total dietary fibre including soluble and insoluble fractions, and β -D-glucans. The content of available carbohydrates in the biscuits was calculated according to the FAO/WHO recommendations. The food energy provided by the biscuits was calculated based on a method recommended by FAO that included the composition of the biscuits and the Atwater energy equivalents. The determination of the glycaemic index was carried out in a group of 15 volunteers using a method recommended by ISO 26642:2010. The organoleptic characteristics of both the wheat and the oat biscuits were assessed as very good; however, the biscuits made with oat flours (residual and commercial) were characterized by a better crispness. Replacing wheat flour with oat flours to make the biscuits caused the content of crude fat, total ash, dietary fibre (soluble and insoluble fractions) including β -glucan in those biscuits to increase statistically significantly. All the biscuits tested were characterized by a low glycemic index ranging from 46 to 50 and a low glycemic load, less than 10, and this resulted, mainly, from a small content of digestible carbohydrates (57 - 61 %) and a high content of fat (19 - 24 %) in those products.

Key words: wheat biscuits, oat biscuits, glycaemic index, glycaemic load 