

Ewa Lange, Joanna Myszkowska-Ryciak, Danuta Gajewska, Paulina Kęszycka  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## Ocena glikemii poposiłkowej i indeksu glikemicznego innowacyjnych pełnoziarnistych produktów zbożowych u zdrowych dorosłych osób

### Streszczenie

Na rynkach krajów zachodnich, a także w Polsce, zwiększa się asortyment żywności o właściwościach prozdrowotnych. Zmniejsza się spożycie pieczywa, a konsumenci poszukują produktów zbożowych do szybkiego spożycia, ale bogatych w błonnik pokarmowy, o mniejszym stopniu przetworzenia i niskim indeksie glikemicznym. Celem pracy jest porównanie glikemii poposiłkowej po spożyciu bogatych w błonnik pokarmowy innowacyjnych pełnoziarnistych produktów zbożowych i określenie ich indeksu glikemicznego (IG). W badaniu wzięło udział 40 osób w wieku 20-25 lat. W celu określenia IG pieczywa pełnoziarnistego, ciastek z otrębami pszennymi bez lub z dodatkiem cukru, przetworów z owsa i amarantusa wykonano pomiary glikemii po spożyciu roztworu glukozy oraz adekwatnej ilości produktów. Stężenie glukozy we krwi oraz pole powierzchni pod krzywą glikemii po spożyciu pełnoziarnistych przekąsek zbożowych i pieczywa było istotnie mniejsze niż pole pod krzywą glikemii po spożyciu glukozy. Pole powierzchni pod krzywą glikemii po spożyciu ciastek z otręb pszennych, bez względu na dodatek cukru czy sztucznych substancji słodzących było mniejsze niż po spożyciu pozostałych przekąsek wielozbożowych. IG ciastek wielozbożowych można uznać za niski, dlatego przekąski pełnoziarniste, szczególnie z dodatkiem otręb pszennych, mogą stanowić alternatywę dla konwencjonalnych przekąsek węglowodanowych.

**Słowa kluczowe:** indeks glikemiczny, ciastka zbożowe, pieczywo.

**Kody JEL:** I12, I18

### Wstęp

Produkty zbożowe są głównym źródłem węglowodanów w codziennej racji pokarmowej. W ostatnich 10 latach w Polsce zmniejszało się spożycie produktów zbożowych, głównie pieczywa, a zwiększał udział płatków i wyrobów piekarskich, w tym ciastek (Stanisławska, Kurzawa 2016). Istotny wpływ na postrzeganie innowacji produktów zbożowych mają czynniki powiązane z produktem, odnoszące się do jego właściwości fizykochemicznych, sensorycznych i takich cech, jak: cena, dostępność, opakowanie oraz wartość odżywcza i prozdrowotna (Shepherd i in. 2012). Rynek przetworów zbożowych jest rynkiem wysyconym, jednak zmiana receptury mająca na celu poprawę wartości odżywczej, w tym wpływ innowacyjnego produktu na zapobieganie występowaniu cukrzycy typu 2 i otyłości, nie

zmniejszająca walorów smakowych i wygody związanej z łatwością spożycia może stanowić istotny element zwiększający chęć zakupu produktu (Królak 2015).

Ilość i profil węglowodanów, a także ich interakcja z innymi składnikami diety, wywiera różny wpływ na glikemię poposiłkową. W 1981 roku Jenkins wraz ze współpracownikami przeprowadził na grupie ochotników badania wpływu 62 zwyczajowo spożywanych produktów i cukrów prostych na glikemię poposiłkową i na tej podstawie stworzył alternatywny system charakteryzujący żywność zawierającą węglowodany nazywając go indeksem glikemicznym. Indeks glikemiczny (IG) definiowany jest jako pole powierzchni pod krzywą odpowiedzi glikemicznej mierzonej przez 2 godziny po spożyciu 50 g przyswajalnych węglowodanów z badanego produktu spożywczego i wyrażany w stosunku do odpowiedzi glikemicznej na taką samą ilość węglowodanów pochodzącą ze standardowego produktu (glukoza lub białe pieczywo) spożytego przez tę samą osobę (FAO/WHO 1998; ISO 2010).

Szybka absorpcja węglowodanów po posiłku o wysokim IG prowadzi do zwiększenia stężenia insuliny w stosunku do glukagonu we krwi tworząc silny, anaboliczny bodziec, który inicjuje nasilenie magazynowania składników energetycznych, stymuluje glikogenezę i lipogenezę, a hamuje glukoneogenezę i lipolizę (Morris, Zemel 1999). Po takim posiłku często przez dłuższy czas utrzymuje się zwiększony stosunek insuliny do glukagonu we krwi, w efekcie czego stężenie glukozy i wolnych kwasów tłuszczowych we krwi chwilowo obniża się niekiedy nawet poniżej wartości obserwowanych na czczo. Hipoglikemia występująca w 2-3 godziny po posiłku o wysokim IG upośledza utlenianie glukozy w porównaniu z tempem jej utleniania po posiłku o niskim IG w tym samym przedziale czasu (Brand-Miller i in. 2002). Obniżony poziom glukozy stymuluje wydzielanie glukagonu, kortyzolu i hormonu wzrostu, co przywraca normoglikemię stymulując rozkład glikogenu i glukoneogenezę, ale może również sprzyjać insulinooporności i proteolizie (Ludwig 2002).

Dieta bogata w węglowodany o wysokim indeksie i ładunku glikemicznym (ŁG) ma związek ze zwiększonym ryzykiem występowania cukrzycy typu 2 i chorób układu sercowo-naczyniowego, takich jak niedokrwienność serca (Shikany i in. 2009; Mirrahimi i in. 2012; Dong i in. 2012). Dieta o niskim IG zmniejsza natomiast odpowiedź glikemiczną i insulinową, jak również poprawia profil lipidowy oraz aktywność fibrynolityczną krwi u osób z zespołem metabolicznym oraz cukrzycą typu 2 (Patel i in. 2004). Metaanalizy badań dotyczących stosowania przez osoby z cukrzycą typu 1 i 2 diety bogatej w produkty o niskich wartościach indeksu glikemicznego, wykazały, że jego zmniejszenie średnio o 10%, odpowiada redukcji stężenia hemoglobiny glikowanej, w ciągu średnio 7 tygodni, o 7,2-8%, co zmniejsza o około 10% ryzyko wystąpienia powikłań cukrzycy (Willett i in. 2002; Brand-Miller i in. 2003). Równocześnie zastosowanie diety o niskim IG u osób cukrzycą typu 1 jest dobrze akceptowane przez pacjentów, bez zmiany wartości odżywczej dziennej racji pokarmowej (Buyken i in. 2001). W najnowszych rekomendacjach dla osób z cukrzycą, oprócz kontrolowania ilości spożywanych węglowodanów, w celu poprawy kontroli glikemii, zaleca się wybór produktów o niskim IG (Polskie Towarzystwo Diabetologiczne 2016).

Zastosowanie diety niskoenergetycznej bogatej w produkty o niskim IG u dorosłych, otyłych osób daje podobne efekty redukcji masy ciała jak dieta niskoenergetyczna o wysokim IG czy konwencjonalna dieta niskoenergetyczna, jednocześnie w większym stopniu zmniejszając zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie i korygując zaburzenia przemiany lipidowej i węglowodanowej (Ebbeling i in. 2005; Raatz i in. 2005; McMillan-Price i in. 2006). Zalecenia stosowania diety bogatej w produkty o niskim indeksie glikemicznym, mogą więc być alternatywą dla standardowych zaleceń diety niskoenergetycznej, szczególnie u dzieci i młodzieży, czy osób z cukrzycą typu 2, hipertriglicerydemią, czy hiperlipidemią mieszaną (McKeown i in. 2009).

Zwiększona zawartość glukozy, sacharozy, skrobi o wysokiej zawartości amylopektyny, duży stopień rozdrobnienia i obróbka termiczna produktu podnosi wartość IG, a zawartość w produkcie większych ilości rozpuszczalnych w wodzie składników błonnika pokarmowego, fruktozy czy innych składników takich jak tłuszcze, białka, kwasy organiczne oraz substancje antyodżywcze (kwas fitynowy, lektyny, taniny) zmniejsza ją (Frost, Dornhorst 2000). Dieta o niskim IG charakteryzuje się znaczącym zwiększeniem spożycia owoców i warzyw, nasion roślin strączkowych, wybranych pełnoziarnistych produktów zbożowych bogatych w rozpuszczalny w wodzie błonnik pokarmowy (np. produkty z jęczmienia i owsa, pumpernikiel, kasza gryczana). Równocześnie w diecie o niskim IG ogranicza się spożycie produktów mącznych, skrobiowych o małej zawartości błonnika pokarmowego takich jak: ziemniaki, ryż oraz żywności o wysokiej zawartości cukrów prostych, takich jak ciasta, ciasteczka, słodycze i słodzone napoje (Bell, Sears 2003).

Ważnym czynnikiem mającym wpływ na wartość indeksu glikemicznego jest proces produkcji artykułów spożywczych. Mielenie, rozdrabnianie i oczyszczanie ziarna niszczy strukturę skrobi i zmniejsza wielkość jej cząsteczek. Wielkość cząsteczek skrobi, przez wpływ na szybkość opróżniania żołądka, determinuje również poposiłkową glikemię, gdyż opuszczająca żołądek płynna treść pokarmowa musi zawierać cząsteczki mniejsze niż 2 mm. Mniejsze cząsteczki skrobi są też bardziej podatne na działanie enzymów trawiennych, a indeks glikemiczny ziarna i otrąb jest znacznie niższy niż płatków i mąki (Ferrer-Mairal i in. 2012).

Proces żelifikacji skrobi podczas obróbki cieplnej w obecności wody zwiększa podatność skrobi na trawienie przez enzymy amylolityczne i sprzyja szybkiemu zwiększaniu stężenia glukozy we krwi. Wysoki indeks glikemiczny mają produkty skrobiowe poddane długotrwałej obróbce termicznej, takie jak rozgotowane ziemniaki lub ryż (Henry i in. 2005). Biały chleb i płatki kukurydziane są przykładami produktów wysokoprzetworzonych, w których skrobia jest w dużym stopniu żelifikowana, natomiast węglowodany pochodzące z makaronu ugotowanego *al dente* z powodu zwartej struktury produktu zmniejszającej enzymatyczną hydrolizę skrobi, są trudniej przyswajalne, a ich indeks glikemiczny jest mniejszy niż makaronu rozgotowanego (Junga i in. 2009). Proces chłodzenia prowadzi do przechodzenia skrobi w formę uporządkowanych krystalicznych kompleksów odpornych na hydrolizę – ugotowane, rozdrobnione ziemniaki mają wysoki indeks glikemiczny, który zmniejsza się po ich schłodzeniu (Leeman i in. 2005). Mimo że nie zawsze obserwowany jest związek między zawartością błonnika pokarmowego w produktach, posiłkach lub diecie a wartościami

mi indeksu glikemicznego, to rozpuszczalne w wodzie składniki błonnika pokarmowego, przez opóźnienie opróżniania żołądka, zwolnienie trawienia i absorpcji składników ze światła jelita, zmniejszają poposiłkową glikemię takich produktów, jak: nasiona roślin strączkowych, przetwory owsiane i jęczmienne (kasze, płatki, otręby), jabłka, śliwki, brzoskwinie i owoce jagodowe (Venn, Mann 2004). Substancje antyodżywcze, takie jak: fityniany, tanniny, inhibitory amylazy, obecne m.in. w pełnych ziarnach zbóż, otrębach, warzywach i nasionach roślin strączkowych utrudniają trawienie węglowodanów w przewodzie pokarmowym, co również zmniejsza wartość indeksu glikemicznego tych produktów (Chung i in. 2008).

Wybór produktów zbożowych determinowany jest takimi składowymi jakościami, jak: smak, zapach, świeżość, stopień przetworzenia, jak również skład produktu, w tym zawartość błonnika i ziaren, co wiąże się z jego wartością indeksu i ładunku glikemicznego (Sajdakowska i in. 2014). Szacunki indeksu glikemicznego, które prowadzi się w Polsce oparte są na informacjach pozyskanych z piśmiennictwa światowego, niewiele jest natomiast danych o wartościach indeksu glikemicznego żywności pochodzenia krajowego. Celowe wydaje się więc podjęcie oznaczeń indeksu glikemicznego między innymi przetworów zbożowych, które stanowią podstawę produktów węglowodanowych naszej diety.

## Cel pracy

Celem pracy było porównanie glikemii poposiłkowej u zdrowych dorosłych osób po spożyciu bogatych w błonnik pokarmowy pełnoziarnistych produktów zbożowych oraz oznaczenie ich indeksu glikemicznego.

## Material i metody

Do badań zakwalifikowano 40 osób (34 kobiet i 6 mężczyzn), w wieku 20-25 lat, o masie od 45-115 kg ( $60,4 \pm 10,7$  kg) i BMI od 18,5 do 35 kg/m<sup>2</sup> (średnio  $22,7 \pm 5,0$  kg/m<sup>2</sup>, w tym 75% osób z BMI 18,5-24,9 kg/m<sup>2</sup>, 15% z BMI 25-29,9 kg/m<sup>2</sup> i 10% osób z BMI 30-35 kg/m<sup>2</sup>), bez współistniejących chorób przewlekłych, w tym także alergii i nietolerancji pokarmowych. Kwalifikacja do badania została dokonana po uprzedniej konsultacji lekarskiej i wyrażeniu pisemnej zgody na uczestnictwo w nich, po uprzednim zapoznaniu się z celem i zakresem badań. W celu określenia indeksu glikemicznego badanych produktów (127 g pełnoziarnistego pieczywa pszenno-żytniego oraz 126,6 g ciastek z otrębami pszennymi, 126,6 g ciastek z otrębami pszennymi bez dodatku cukru, 78 g ciastek na bazie przetworów z pszenicy, kukurydzy i owsa oraz 83 g ciastek na bazie przetworów z pszenicy, kukurydzy, owsa i amaratusa), wykonano pomiary stężenia glukozy we krwi włośniczkowej po spożyciu roztworu zawierającego 50g glukozy, jako standardu oraz po spożyciu produktów badanych w ilości, która dostarczała 50g przyswajalnych węglowodanów. Oznaczania stężenia glukozy w pełnej krwi włośniczkowej wykonane zostały suchą metodą enzymatyczną z użyciem pasków testowych oraz aparatu Accutrend GCT firmy Roche. Każdorazowo przed spożyciem badanego produktu osoby uczestniczące w badaniu pozostawały na czczo

minimum 12 godzin, a dzień wcześniej nie spożywały alkoholu, słodczy i tłuszczu oraz nie wykonywały intensywnych ćwiczeń fizycznych (Wolever i in. 2008).

**Tabela 1**

**Wartość odżywcza badanych przetworów zbożowych (w 100 g produktu)**

Wyszczególnienie	Wartość kaloryczna (kJ / kcal)	Tłuszcz (g)	Białko (g)	Węglowodany (g)	Cukry proste (g)	Błonnik (g)
Pieczywo pszenno-żytnie	619 / 210	1,3	7,9	41,8	1,8	3,9
Ciastka z otrębami pszennymi	1840 / 440	26	12	39,5	15	18,5
Ciastka z otrębami bez cukru	1881 / 448	26	14	39,5	-	16
Ciastka „3 zboża”	2015 / 482	22	7	64	19	4
Ciastka „4 zboża”	2261 / 541	29	10	60	17	7

Źródło: opracowanie własne.

W skład ciastek z otrębami pszennymi wchodziły: mąka pszenna, ziarno sezamu, jogurt naturalny, olej palmowy i sacharoza lub substancje słodzące (sorbitol, cyklaminy sodu). W skład ciastek wielozbożowych, bazujących na przetworach z 3 zbóż oprócz: mąki pszennej typu 1200, płatków kukurydzianych i owsianych oraz oleju palmowego, wchodziła sacharoza. Natomiast ciastka bazujące na przetworach z 4 zbóż, oprócz: razowej mąki pszennej, mąki z amarantusa, płatków kukurydzianych i owsianych, zawierały: ziarno sezamu i lnu, wiórki kokosowe oraz melasę.

Pomiary dokonano w 2 powtórzeniach na czczo, co 15 minut przez pierwszą godzinę, a przez następnie w 90 i 120 min testu. Wartości IG obliczono odnosząc wartość pola pod krzywą glikemii badanego produktu do wartości pola pod krzywą glikemii standardu i mnożąc otrzymany wynik przez 100% (ISO 2010). Przyjęto wartości IG o współczynniku zmienności glikemii, po spożyciu posiłku referencyjnego, nie przekraczające 30% (Wolever, in. 2008).

W celu porównania uzyskanych wartości glikemii oraz IG badanych produktów wykorzystano analizę wariancji ANOVA i test najmniejszych istotnych różnic LSD dla zmiennych o rozkładzie parametrycznym oraz test Kruskal-Wallis'a dla zmiennych o rozkładzie odbiegającym od normalnego, przyjmując za poziom istotności  $p \leq 0,05$ .

## Wyniki i ich dyskusja

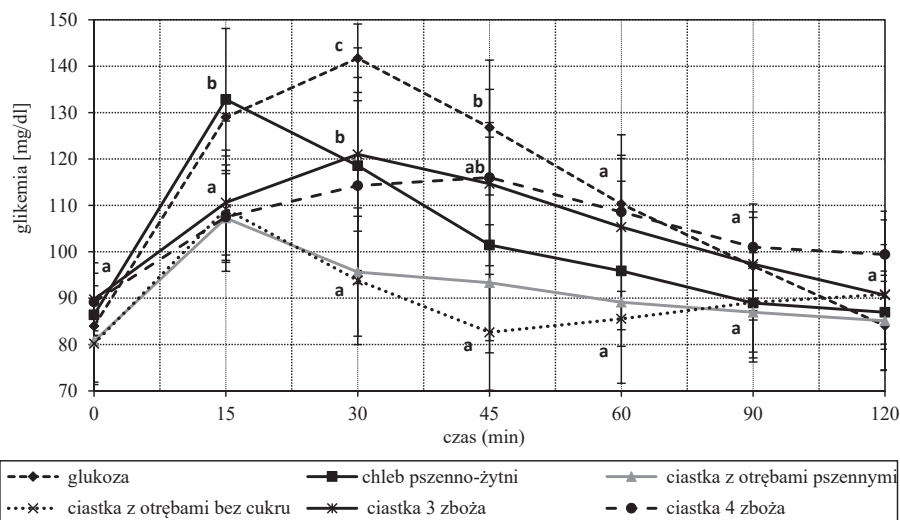
Stężenie glukozy we krwi osób uczestniczących w badaniu było istotnie mniejsze przez półtorej godziny po spożyciu ciasteczek zbożowych niż po spożyciu roztworu standardowej ilości glukozy. Jednocześnie po 30 i 45 minutach po spożyciu zbożowych przekąsek na bazie otrąb pszennych, z i bez dodatku cukru, stężenie glukozy we krwi było istotnie mniej-

sze niż po spożyciu przez osoby uczestniczące w badaniu ciastek wielozbożowych (por. wykres 1). Stężenie glukozy we krwi osób uczestniczących w badaniu, po spożyciu ciastek z otrębami pszennymi, osiągnęło swoją największą wartość już w 15 minucie po posiłku. Podobnie maksymalne stężenie glukozy we krwi po 15 minutach obserwowano po spożyciu pieczywa pszenno-żytniego, jednak zwiększenie to było istotnie większe niż po spożyciu ciastek z otrębami pszennymi (por. wykres 1). Podobnie Marangoni i Poli (2007) zaobserwowali istotnie szybsze zmniejszanie się glikemii po 45 minutach po spożyciu pieczywa i ciasteczek pszennych wzbogaconych w błonnik pokarmowy w porównaniu do stężenia glukozy we krwi po spożyciu ich standardowych odpowiedników. W niniejszym badaniu glikemia po spożyciu ciastek na bazie otrąb pszennych bez dodatku sacharozy zmniejszała się w drugiej godzinie testu, po czym nieznacznie zwiększyła się. Szczyt stężenia glukozy we krwi po spożyciu ciastek pszenno-kukurydziano-owsianych obserwowano w 30 minucie testu. Natomiast po spożyciu ciastek pszenno-kukurydziano-owsianych z dodatkiem mąki z amarantusa i melasy stężenie glukozy we krwi osiągnęło swoją największą wartość w 45 minucie i znacznie wolniej zmniejszało się.

Stężenie glukozy we krwi po spożyciu pełnoziarnistego pieczywa pszenno-żytniego u większości osób zwiększało się w znacząco mniejszym stopniu niż po spożyciu roztworu glukozy, a średnie stężenie glukozy we krwi w 15 i 30 minut po spożyciu porcji pieczywa było istotnie mniejsze (por. wykres 1). Podobnie pole powierzchni pod krzywą dwugo-

## Wykres 1

### Zmiany stężenia glukozy we krwi po spożyciu standardowej ilości glukozy i adekwatnej ilości przetworów zbożowych u osób uczestniczących w badaniu



\* Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie ( $p > 0,05$ ).

Źródło: opracowanie własne.



dzinnej glikemii po spożyciu badanych pełnoziarnistych przekąsek zbożowych i pieczywa pszenno-żytniego było istotnie mniejsze niż pole powierzchni pod krzywą glikemii poposiłkowej po spożyciu roztworu standardowej ilości glukozy (por. tabela 2).

Dodatkowo pole powierzchni pod krzywą glikemii po spożyciu ciastek na bazie otrąb pszennych, bez względu na dodatek cukru, czy sztucznych substancji słodzących (sorbitol, cyklaminy) było nieznacznie mniejsze niż po spożyciu pozostałych przekąsek wielozbożowych (por. tabela 2). Wpływ na zmniejszenie odpowiedzi glikemicznej po spożyciu ciastek z dodatkiem otrąb pszennych mogła mieć znacząco większa zawartość błonnika pokarmowego (Ostman i in. 2006). Marangoni i Poli (2007) zaobserwowali, że dwukrotne zwiększenie udziału błonnika pokarmowego w pieczywie pszenным zmniejszyło jego indeks glikemiczny o 22%, a ciastek pszennych o 41%. Największą wśród przetworów zbożowych glikemię poposiłkową i pole powierzchni pod krzywą glikemii poposiłkowej obserwowano po spożyciu pieczywa pszenno-żytniego oraz ciastek pszenno-owsianych z dodatkiem mąki z amarantusa i melasy. Vujić i in. (2014) obserwowali natomiast, że dodatek mąki z amarantusa i/lub z gryki do ciastek pszennych może zmniejszać strawność skrobi wpływając na glikemię poposiłkową. Podobnie dodatek przetworów owsianych może zmniejszać odpowiedź glikemiczną po posiłku (Jenkins i in. 2002; Brand-Miller i in. 2011; Litwinek i in. 2014).

**Tabela 2**

**Pole powierzchni pod krzywą glikemii po spożyciu roztworu glukozy i adekwatnej ilości przetworów zbożowych u osób uczestniczących w badaniu**

Wyszczególnienie	Pole powierzchni pod krzywą glikemii poposiłkowej [mg/d x min]	Przedział ufności (CI; 95%)
Roztwór glukozy	3685,3 ± 1427,8 <sup>c*</sup>	3213-4108
Pieczywo pszenno-żytnie	2477,7 ± 1213,7 <sup>b</sup>	1625-3335
Ciastko z otrębami pszennymi	1365,6 ± 900,5 <sup>a</sup>	793-1938
Ciastko z otrębami bez cukru	1312,8 ± 937,5 <sup>a</sup>	683-1942
Ciastko na bazie 3 zbóż	1843,7 ± 1320,2 <sup>a</sup>	1366-2321
Ciastko na bazie 4 zbóż	2013,1 ± 1105,5 <sup>ab</sup>	1310-2715

\* Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie ( $p > 0,05$ ; test LSD).  
Źródło: jak w tabeli 1.

Na proces trawienia skrobi i absorpcje glukozy wpływać może struktura białek glutenowych w produktach pszennych (Fardet i in. 2006). Soong i in. (2015) zaobserwowali, że na niższą wartość indeksu glikemicznego ciasteczek owsianych i jęczmiennych wpływała większa niż w przetworach kukurydzianych i pszennych proporcja amylozy do amylopektyny. W niniejszym badaniu zaobserwowano jednak, że pola powierzchni pod krzywą glikemii po spożyciu wszystkich przekąsek zbożowych oraz wartości średnie IG nie różniły się istotnie statystycznie. Pole powierzchni glikemii poposiłkowej oraz indeks glikemiczny

ciastek zbożowych był równocześnie nieznacznie mniejszy niż pieczywa pszenno-żytniego (por. tabele 2 i 3). Ciastka wielozbożowe charakteryzowały się jednak nieznacznie większą odpowiedzią glikemiczną, co mogło wynikać m. in. z dodatku płatków kukurydzianych (Dada i in. 2015).

Indeks glikemiczny badanych produktów, zarówno ciastek na bazie otręb pszennych, z i bez dodatku cukru, jak i ciastek wielozbożowych wynoszący 44% do 47% można uznać za niski i mniejszy niż 55% (Foster-Powell i in. 2002) (por. tabela 3). Za stosunkowo niski indeks glikemiczny ciastek zbożowych odpowiadać może mniejsza żelifikacja skrobi wynikająca z małej zawartości wody w tych produktach oraz większa zawartość tłuszczu, które wpływają na przyswajalność węglowodanów w tej grupie przetworów zbożowych (Englyst i in. 2003). Podobnie średnia wartość indeksu glikemicznego pieczywa pszenno-żytniego była zbliżona do górnej granicy wartości uznanej za niskie. Dodatek mąki żytniej do mąki pszennej może nie tylko zmniejszać trawienie skrobi i absorpcję glukozy dzięki większej zawartości amylozy, ale i większej zawartości kwasów organicznych wpływających na aktywność  $\alpha$ -amylazy (Fardet i in. 2006).

**Tabela 3**

**Wartości indeksu glikemicznego badanych przetworów zbożowych**

Wyszczególnienie	Indeks glikemiczny (%)	
	$\bar{x} \pm SD$	przedział ufności Confidence interval (CI; 95%)
Pieczywo pszenno-żytnie	56,6 $\pm$ 21,0 <sup>a</sup>	43-61
Ciastko z otrębami pszennymi	47,5 $\pm$ 28,3 <sup>a</sup>	28-66
Ciastko z otrębami bez cukru	47,3 $\pm$ 28,6 <sup>a</sup>	28-66
Ciastko na bazie 3 zbóż	46,1 $\pm$ 17,6 <sup>a</sup>	36-56
Ciastko na bazie 4 zbóż	44,8 $\pm$ 18,8 <sup>a</sup>	34-56

\* Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie ( $p > 0,05$ ; test LSD).  
Źródło: jak w tabeli 1.

Dodatkowo zakładając, że 1 standardowa porcja przekąsek zbożowych (30 g) zawiera: w przypadku ciastek na bazie otręb pszennych 11,8 g przyswajalnych węglowodanów, 19,2 g w przypadku ciastek „3 zboża” i 18 g dla ciastek „4 zboża” – to ich ładunek glikemiczny (ilość węglowodanów w porcji produktu (g)  $\times$  IG / 100), wynosić będzie odpowiednio 5,6 oraz 8,8 i 8,1, a dla badanego pieczywa 7, co również można uznać za wartość niską, nie przekraczającą 10 (Foster-Powell 2002).

Innowacyjne produkty zbożowe pojawiające się na rynku są zwykle produktami nowymi lub produktami o zmodyfikowanym składzie odpowiadającym oczekiwaniom konsumentów (Borowska, Kowrygo 2013). Wśród przetworów zbożowych bogatych w błonnik pokarmowy zwiększonym zainteresowaniem cieszą się ciastka, szczególnie w grupie kobiet, osób z wykształceniem średnim lub wyższym oraz mieszkańców mniejszych miejscowo-



ści (Jeżewska, Królak 2015). W zwiększeniu akceptacji produktów z tego segmentu rynku znaczenie może mieć także oferowanie ich w jednostkowych opakowaniach umożliwiających łatwe i wygodne ich wykorzystanie. Dobra informacja żywieniowa może także zwiększyć zaufanie konsumenta do właściwości prozdrowotnych takich produktów (Jeżewska-Zychowicz 2015).

Niskie spożycie produktów zbożowych pełnoziarnistych oraz zbyt małe spożycie błonnika pokarmowego z dietą, przy jednoczesnym wzroście świadomości żywieniowej i zdrowotnej może tworzyć szansę dla innowacyjnych produktów zbożowych wprowadzanych na rynek, do których można zaliczyć także atrakcyjne dla konsumentów z powodu wygody i smaku produkty piekarnicze takie jak ciastka wielozbożowe o niskim indeksie i ładunku glikemicznym.

## Podsumowanie

- Przekąski zbożowe, bez względu na ich skład zmniejszyły glikemię poposiłkową a ich indeks i ładunek glikemiczny standardowej porcji można uznać za niski.
- Przekąski zbożowe, szczególnie z dodatkiem otrąb pszennych, mogą stanowić alternatywę dla powszechnie dostępnych przekąsek węglowodanowych.
- Wprowadzeniu na rynek innowacyjnych produktów zbożowych o niskim indeksie glikemicznym powinna towarzyszyć edukacja żywieniowa dotycząca ich prozdrowotnego znaczenia w racji pokarmowej.

## Bibliografia

- Bell S., Sears B. (2003), *Low-glycemic-load diets: Impact on obesity and chronic diseases*, "Critical Reviews in Food Science and Nutrition", No. 43.
- Borowska A., Kowrygo B. (2013), *Innowacyjność produktowa na przykładzie sektora piekarskiego*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Brand-Miller J., Holt S., Pawlak D., McMillan J. (2002), *Glycemic index and obesity*, "American Journal of Clinical Nutrition", No. 76.
- Brand-Miller, J., Atkinson, F., Gahler, R., Kacinik V., Lyon M., Wood S. (2011), *Effects of added PGXw, a novel functional fibre, on the glycaemic index of starchy foods*, "British Journal of Nutrition", No. 1-4, DOI:10.1017/S0007114511005447 [dostęp: 01.09.2016].
- Buyken A., Toeller M., Heitkamp G., Karamanos B., Rottiers R., Muggeo M., Fuller S. and EURODIAB IDDM Complications Group (2001), *Glycemic index in the diet of European outpatients with type 1 diabetes: relations to glycosylated hemoglobin and serum lipids*, "American Journal of Clinical Nutrition", No. 73.
- Chung H-J., Liu Q., Hoover R., Warkentin T., Vandenberg B. (2008), *In vitro starch digestibility, expected glycemic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars*, "Food Chemistry", No. 111.
- Dada A., Ogbera A., Ogundele S., Fasanmade O., Ohwovoriole A. (2015), *Glycaemic responses to corn meals in type 2 diabetics and non-diabetic controls*, "Turkish Journal of Endocrinology and Metabolism", No. 19.

- Dong J-Y., Zhang Y-H., Wang P., Qin L-Q. (2012), *Meta-analysis of dietary glyceamic load and glyceamic index in relation to risk of coronary heart disease*, "American Journal of Cardiology", No. 109.
- Ebbeling C., Leidig M., Sinclair K., Seger-Shippe L., Feldman H., Ludwig D. (2005), *Effects of an ad libitum low-glyceamic load diet on cardiovascular disease risk factors in obese young adults*, "American Journal of Clinical Nutrition", No. 81.
- Englyst K., Vinoy S., Englyst H., Lang V. (2003), *Glyceamic index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose*, "British Journal of Nutrition", No. 89.
- FAO/WHO (1998), *Carbohydrates in Human Nutrition*. The Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Paper 66. Rome.
- Fardet, A., Leenhardt, F., Lioger, D., Scalbert, A., Rémésy, Ch. (2006), *Parameters controlling the glyceamic response to breads*, "Nutrition Research Review", No. 19.
- Ferrer-Mairal A., Penálva-Lapuente C., Iglesia I., Urtasun L., De Miguel-Etayo P., Remón S., Cortés E., Moreno LA. (2012), *In vitro and in vivo assessment of the glyceamic index of bakery products: influence of the reformulation of ingredients*, "European Journal of Nutrition", No. 51.
- Foster-Powell K., Holt S., Brand-Miller J. (2002), *International table of glyceamic index and glyceamic load values*, "American Journal of Clinical Nutrition", No. 76.
- Frost D., Dornhorst A. (2000), *The relevance of the glyceamic index to our understanding of dietary carbohydrates*, "Diabetic Medicine", No. 17(5).
- Henry C., Lightowler H., Strik C., Renton H., Hails S. (2005), *Glyceamic index and glyceamic load values of commercially available products in the UK*, "British Journal of Nutrition", No. 94.
- ISO 26642:2010(E) (2010), *International Standard Food products - Determination of the glyceamic index (GI) and recommendation for food classification*.
- Jenkins D., Wolever T., Taylor R., Barker H., Fielden H., Baldwin J., Bowling A., Newman H., Jenkins A., Goff D. (1981), *Glyceamic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange*, "American Journal of Clinical Nutrition", No. 34.
- Jenkins D., Kendall C., Augustin L., Franceschi S., Hamidi M., Marchie A., Jenkins A., Axelsen M., (2002), *Glyceamic index: overview of implications in health and disease*, "American Journal of Clinical Nutrition", No. 76.
- Jeżewska-Zychowicz M. (2015), *Uwarunkowania akceptacji nowego produktu żywnościowego – wybrane zagadnienia*, (w:) Jeżewska-Zychowicz M. (red.), *Innowacyjne produkty zbożowe z perspektywy konsumenta*, Oficyna Drukarska Jacek Chmielecki, Warszawa
- Jeżewska-Zychowicz M., Królak M. (2015), *Zachowania konsumenckie na rynku pieczywa i ich wybrane uwarunkowania*, „Handel Wewnętrzny”, nr 2(355).
- Junga E., Suha H., Hongb W., Kimc D., Hongd Y., Hong I., Chang U. (2009), *Uncooked rice of relatively low gelatinization degree resulted in lower metabolic glucose and insulin responses compared with cooked rice in female college students*, "Nutrition Research", No. 29.
- Królak M. (2015), *Czynniki poznawcze a zachowania konsumentów na rynku produktów zbożowych*, (w:) Jeżewska-Zychowicz M. (red.), *Innowacyjne produkty zbożowe z perspektywy konsumenta*, Oficyna Drukarska Jacek Chmielecki, Warszawa
- Leeman M., Östman E., Björk I. (2005), *Vinegar dressing and cold storage of potatoes lowers post-prandial glyceamic and insulinaemic responses in health subjects*, "European Journal of Clinical Nutrition", No. 59.
- Litwinek D., Gambuś H., Zięć G., Gambuś F. (2014), *Porównanie indeksu i ładunku glikemicznego herbatników owsianych oraz pszennych*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość”, nr 5.

- Ludwig D. (2002). *The glycemic index: physiological mechanisms relating to obesity, diabetes and cardiovascular disease*. "Journal of American Medical Association", No. 287.
- Marangoni F., Poli A. (2008), *The glycemic index of bread and biscuits is markedly reduced by the addition of a proprietary fiber mixture to the ingredients*, "Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases", No. 18.
- McKeown N., Meigs J., Liu S., Rogers G., Yoshida M., Saltzman E., Jacques P. (2009), *Dietary carbohydrates and cardiovascular disease risk factors in the Framingham offspring cohort*, "American College Nutrition", No. 28.
- McMillan-Price J., Petocz P., Atkinson F., O'neill K., Samman S., Steinbeck K., Caterson I., Brand-Miller J. (2006), *Comparison of 4 diets of varying glycemic load on weight loss and cardiovascular risk reduction in overweight and obese young adults: a randomized controlled trial*, "Archives of Internal Medicine", No. 166.
- Mirrahimi A., de Souza R., Chiavaroli L., Sievenpiper J., Beyene J., Hanley J., Augustin L., Kendall C., Jenkins D. (2012), *Associations of glycemic index and load with coronary heart disease events: A Systematic review and meta-analysis of prospective cohorts*, "Journal of American Heart Association", No. 1, DOI: 10.1161/JAHA.112.000752 [dostęp: 01.09.2016].
- Morris K., Zemel M. (1999), *Glycemic index, cardiovascular disease, and obesity*, "Nutrition Review", No. 57.
- Patel V., Aldridge R., Leeds A., Dornhorst A., Frost G. (2004), *Retrospective analysis of the impact of a low glycaemic index diet on hospital stay following coronary artery bypass grafting: a hypothesis*, "Journal of Human Nutrition and Dietetics", No. 17.
- Polskie Towarzystwo Diabetologiczne (2016), *Zalecenia kliniczne dotyczące postępowania u chorych na cukrzycę 2016*, „Diabetologia Kliniczna”, nr 5 (sup. A).
- Raatz S., Torkelson C., Redmon J. Reck K., Kwong C., Swanson J., Liu C., Thomas W., Bantle J. (2005), *Reduced glycemic index and glycemic load diets do not increase the effects of energy restriction on weight loss and insulin sensitivity in obese men and women*, "Journal of Nutrition", No. 135.
- Sajdakowska M. (2014), *Opinie konsumentów na temat innowacyjnego pieczywa w świetle badań jakościowych*, „Handel Wewnętrzny”, nr 6(353).
- Shepherd R., Dean M., Lampila P., Arvola A., Saba A., Vassallo M., Claupein E., Winkelmann M., Lähteenmäki L. (2012), *Communicating the benefits of wholegrain and functional grain products to European consumers*, "Trends in Food Science and Technology", No. 25.
- Shikany J., Phadke R., Redden D., Gower B. (2009), *Effects of low- and high-glycemic index/glycemic load diets on coronary heart disease risk factors in overweight/obese men*, "Metabolism", No. 58.
- Soong Y., Quek R., Henry C. (2015), *Glycemic potency of muffins made with wheat, rice, corn, oat and barley flours: a comparative study between in vivo and in vitro*, "European Journal of Nutrition", No. 54.
- Stanisławska J., Kurzawa I. (2016), *Spożycie pieczywa i produktów zbożowych w gospodarstwach domowych według grup społeczno-ekonomicznych w Polsce*, "Studia i Prace WNEiZ US", nr 44/2.
- Venn B., Mann J. (2004), *Cereal grains, legumes and diabetes*, "European Journal of Clinical Nutrition", No. 58.
- Vujić L., Čepo D., Šebečić B., Dragojević I. (2014), *Effects of pseudocereals, legumes and inulin addition on selected nutritional properties and glycemic index of whole grain wheat-based biscuits*, "Journal of Food and Nutrition Research", No. 53.
- Willet, W., Manson, J., Liu, S. (2002). *Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes*, "American Journal of Clinical Nutrition", No. 76.

Wolever T., Brand-Miller J., Abernethy J., Astrup A., Atkinson F., Axelsen M., Björck I., Brighenti F., Brown R., Brynes A., Casiraghi M., Cazaubiel M., Dahlqvist L., Delpont E., Denyer G., Erba D., Frost G., Granfeldt Y., Hampton Sh., Hart V., Hätönen K., Henry C., Hertzler S., Hull S., Jerling J., Johnston K., Lightowler H., Mann N., Morgan L., Panlasigui L., Pelkman Ch., Perry T., Pfeiffer A., Pieters M., Ramdath D., Ramsingh R., Robert S., Robinson C., Sarkkinen E., Scazzina F., Sison D., Sloth B., Staniforth J., Tapola N., Valsta L., Verkooijen, I., Weickert M., Weseler A., Wilkie P., Zhang J. (2008). *Measuring the glycemic index of foods: interlaboratory study*, "American Journal of Clinical Nutrition", No. 87.

*Źródło finansowania: środki na utrzymanie potencjału badawczego 505-20-100400-P00311-99*

## Assessment of Postprandial Glucose and Glycemic Index of Innovative Whole-Grain Cereal Products in Healthy Adults

### Summary

The aim of the study was to compare the postprandial blood glucose after eating rich in dietary fibre innovative whole-grain cereal products and to determine their glycemic index (GI). The study involved 40 healthy people aged 20-25. To determine the IG of wholemeal bread, wholegrain biscuit with wheat bran and with or without sugar added, oats and amaranth there were made measurements of glucose in blood after ingestion of a glucose solution and equivalent amount of the products. The GI values are calculated by comparison of the incremental area under the standard glycemic curve to IAUC of test products.

The concentration of glucose in blood and the area under the curve of blood glucose after consumption of wholegrain cereal snacks and wheat-rye bread was significantly smaller than the area under the curve of blood glucose after a glucose solution. In addition, the area under the curve of blood glucose after consumption of cakes with wheat bran, regardless of added sugar or artificial sweeteners, was lower than after ingestion of other wholegrain snacks. The glycemic index of wholegrain cookies, amounting to 44-47%, can be considered as low. Nevertheless, the average GI of all cereal snacks did not differ significantly. Cereal snacks, especially with the addition of wheat bran, may be an alternative to commercially available carbohydrate snacks.

**Key words:** glycemic index, cereal biscuits, bread.

**JEL codes:** I12, I18

## Оценка постпрандиальной гликемии и гликемического индекса инновационных цельнозерновых хлебных продуктов у здоровых взрослых

### Резюме

На рынках западных стран, а также в Польше, растет ассортимент пищи с оздоровительными свойствами. Снижается потребление хлеба, потребители

же ищут хлебные продукты для быстрого потребления, но богатые пищевыми волокнами, с меньшей степенью переработки и низким гликемическим индексом. Цель работы – сравнить постпрандиальную гликемию после потребления богатых пищевыми волокнами инновационных цельнозерновых хлебных продуктов и определить их гликемический индекс (ГИ). В изучении приняли участие 40 лиц в возрасте 20-25 лет. Для определения ГИ цельнозернового хлеба, печенья с пшеничными отрубями без или с добавлением сахара, продуктов переработки овса и амарантуса провели замеры гликемии после приема в пищу раствора глюкозы и адекватного количества продуктов. Концентрация глюкозы в крови и поле поверхности под кривой гликемии после приема в пищу цельнозерновых хлебных перекусок и хлеба была существенно меньше, чем поле под кривой гликемии после потребления глюкозы. Поле поверхности под кривой гликемии после приема в пищу печенья из пшеничных отрубей, независимо от добавления сахара или искусственных сладящих веществ, было меньше, нежели после приема в пищу остальных многозерновых перекусок. ГИ многозернового печенья можно считать низким, потому что цельнозерновые перекуски, особенно с добавлением пшеничных отрубей, могут представлять собой альтернативу для конвенциональных углеводных продуктов.

**Ключевые слова:** гликемический индекс, хлебное печенье, хлебобулочные изделия.

**Коды JEL:** I12, I18

Artykuł zaakceptowany do druku w marcu 2018 roku

Afiliacje:

dr hab. Ewa Lange

dr inż. Joanna Myszkowska-Ryckiak

dr inż. Danuta Gajewska

mgr Paulina Kęszycka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji

Katedra Dietetyki

ul. Nowoursynowska 159c

02-776 Warszawa

e-mail: ewa\_lange@sggw.pl

e-mail: joanna\_myszkowska\_ryckiak@sggw.pl

e-mail: danuta\_gajewska@sggw.pl