

## Jęczmień w żywieniu człowieka

*Anna Wirkijowska, Zbigniew Rzedzicki, Aldona Sobota, Emilia Sykut-Domańska, Piotr Zarzycki,  
Katarzyna Bartoszek, Ewelina Kuzawińska*

Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Skromna 8, 20-704 Lublin, Polska

**Abstrakt.** W związku z pandemią dietozależnych chorób cywilizacyjnych oraz wzrostem świadomości społeczeństwa na temat zasad prawidłowego żywienia obserwuje się wzrost zainteresowania konsumentów żywnością funkcjonalną, w tym wysokobłonnikową. Jęczmień, będący źródłem wielu składników odżywczych i związków biologicznie aktywnych, jest wykorzystywany do produkcji żywności o cechach funkcjonalnych. Liczne prace badawcze na całym świecie potwierdzają jego znaczenie w technologii żywności i w żywieniu człowieka oraz w profilaktyce i leczeniu takich dietozależnych chorób cywilizacyjnych, jak otyłość, NIDDM (Non-Insulin Dependent Diabetes Mellitus – cukrzyca typu II niezależna od insuliny), hipercholesterolemia czy nowotwory jelita grubego.

W pracy zwrócono uwagę na trudności związane z doborem i przetwórstwem surowca jęczmiennego. Zaprezentowano dane dotyczące wartości odżywczej jęczmienia oplewionego i nagiego oraz wybranych przetworów jęczmiennych i ich wpływu na organizm człowieka z literatury polskiej i światowej. Zwrócono także uwagę na wpływ technologii przetwórstwa na wartość żywieniową dostępnych produktów jęczmiennych.

**słowa kluczowe:** jęczmień nieoplewiony, jęczmień oplewiony, skład chemiczny jęczmienia, produkty jęczmienne, wartość żywieniowa jęczmienia

### WSTĘP

W krajach wysokorozwiniętych ziarno jęczmienia było i jest niedoceniane w żywieniu człowieka, a jego spożycie jest stosunkowo niskie i wynosi poniżej kilograma na osobę rocznie (Ratajczak, 1997). Podczas gdy w Afryce Północnej i na Bliskim Wschodzie zużywa się na cele żywieniowe powyżej 10 kg/os./rok, a w Maroku roczne spożycie na jedną osobę wynosi blisko 70 kg (Bhatty, 1993).

W Tybecie ziarno jęczmienia stanowi podstawę diety (Ames i in., 2006). Tradycyjną potrawą Tybetańczyków jest jęczmień pieczony, tsampa, czyli mąka robiona z opiekanego ziarna jęczmienia, która ma bardzo szerokie zastosowanie kulinarne (do bezpośredniego spożycia, jako napój, dodatek do herbaty, do gotowania oraz wytwarzania ciast i in.) (Dorfe, 1985). W krajach azjatyckich bardzo popularna jest też herbata pozyskiwana z prażonego jęczmienia oplewionego, o udowodnionym, korzystnym oddziaływaniu na przewod pokarmowy oraz działaniu profilaktycznym w chorobach układu krążenia (Suganuma i in., 2002). W Polsce wciąż notuje się spadek konsumpcji produktów zbożowych (w tym także jęczmiennych), pomimo że do roku 2016 były one podstawą piramidy żywienia (tab. 1) (Całyniuk i in., 2011; Instytut Żywności i Żywienia, 2016).

Dostępne na naszym rynku produkty jęczmienne jak płatki czy kasze są pozyskiwane z jęczmienia oplewionego, który w trakcie procesów przetwórczych musi zostać poddany m.in. intensywnemu obłuszczeniu (Ceglińska, 2016). Polega ono na usunięciu plewki i okrywy owocowo-nasiennej (wraz z zarodkiem i częścią warstwy aleuronowej) oraz pozyskaniu jak największej ilości bielma przy możliwie niedużym uszkodzeniu ziarna (Baik, Ullrich, 2008). Ilość ziaren połamanych w wyniku obłuszczenia może wynosić nawet 45% (Jurga, 1997). Wysokie straty surowca oraz brak możliwości pozyskania produktu całoziarnowego sprawiają, że jest to operacja technologiczna, którą należy wyeliminować lub znacznie zmniejszyć jej intensywność. Tak intensywne obłuszczenie nie jest wymagane w przetwórstwie jęczmienia nagiego (Kent, Evers, 1994).

Każdy z kierunków użytkowania jęczmienia wymaga innych cech jakościowych ziarna. Sprecyzowanie tych wymagań powinno ułatwiać obrót ziarnem, pozwalać na jego lepsze wykorzystanie oraz właściwie ukierunkowywać prace hodowlane. Krajowa produkcja jęczmienia zwłaszcza nagiego jest jeszcze słabo wyspecjalizowana. Szczególnie dotyczy to surowca kierowanego do produk-

---

Autor do kontaktu:

Anna Wirkijowska  
e-mail: anna.wirkijowska@up.lublin.pl  
tel. 081-4623315; faks 0814623313

Tabela 1. Wielkość spożycia zbóż i produktów zbożowych w Polsce w latach 2010–2014 (GUS, 2015)

Table 1. The volume of consumption of cereals and cereal products in Poland in years 2010–2014.

Wyszczególnienie Specification	Miesięczne spożycie na 1 mieszkańca Monthly consumption per inhabitant [kg]	
	2010	2014
Spożycie 4 zbóż w przeliczeniu na produkty zbożowe Grain of 4 cereals in terms of pro- cessed products	9,0	8,83
Pieczywo i produkty zbożowe (w tym kasze i płatki) Bread and cereal (including groats and flakes)	7,05 (0,21)	6,26 (0,26)

cji żywności. Polska Norma PN-R-74109 (Ziarno zbóż – jęczmień) dotycząca ziarna jęczmienia przeznaczonego na słoć, cele spożywcze i paszowe określa jedynie w minimalnym stopniu wymagania jakościowe dotyczące ziarna konsumpcyjnego. Nie precyzuje ona barwy ziarniaków, barwy bruzdy, masy tysiąca ziaren ani wymaganego składu chemicznego. Brakuje również szczegółowych wymogów dotyczących odmian nieoplewionych (*Hordeum nudum*), chociaż w Krajowym Rejestrze Odmian jest taka odmiana – Gawrosz. Skutkiem braku dokładnie sprecyzowanych wymogów jakościowych surowca jęczmiennego jest niska jakość pęczaku jęczmiennego (nie będącego produktem całoziarnowym) oferowanego bezpośrednio konsumentom i będącego półproduktem w produkcji płatków, często wykazującego negatywne cechy, np. czarną bruzdkę, liczne uszkodzenia itp.

Wiele prac badawczych wskazuje na szczególną rolę żywności zbożowej o cechach funkcjonalnych w profilaktyce i zwalczaniu dietozależnych chorób cywilizacyjnych (Behall, Hallfrisch, 2006; Behall i in., 2004; Brennan, 2005; Cavallero i in., 2002; Jenkins i in., 2002; Lange, 2003; Marinangeli, Jones, 2010; Riccioni i in., 2012; Talati i in., 2009). Znaczącą rolę przypisuje się produktom o wysokiej zawartości błonnika pokarmowego i o właściwie zbilansowanym jego składzie frakcyjnym (Gawęcki, Roszkowski, 2016; Schneeman, 1987). Pożądane są produkty o wysokiej zawartości prebiotycznej frakcji rozpuszczalnej, w tym (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glukanów. Produkty te można otrzymać np. z ziarna jęczmienia, zwłaszcza nagiego (Arndt, 2006; Baik, Ullrich, 2008; Kinner i in., 2011). Pełnowartościowe produkty zbożowe w tym jęczmienne (kasze i płatki typu hot meals – czyli wymagające krótkiej obróbki termicznej przed spożyciem) potrzebują promocji. Nie powinny być kojarzone z żywnością ludzi ubogich, jak dotychczas, lecz z żywnością ludzi świadomych.

W pracy zwrócono uwagę na trudności związane z doborem i przetwórstwem surowca jęczmiennego. Na podstawie literatury polskiej i światowej zaprezentowano wartość odżywczą jęczmienia oplewionego i nagiego oraz wybranych przetworów jęczmiennych i ich wpływ na organizm człowieka. Zwrócono także uwagę na wpływ technologii przetwórstwa na wartość żywieniową dostępnych produktów jęczmiennych.

## WARTOŚĆ ODŻYWCZA JĘCZMIENIA

Skład chemiczny jęczmienia warunkowany jest zarówno czynnikami genetycznymi, jak i środowiskowymi (gleba, klimat, nawożenie) (Gąsiorowski, 1997a; Idziak, Michalski, 2004; Newman, Newman, 2005; Noworolnik i in., 2013). Różni się także w zależności od formy – czy jest to ziarno oplewione czy nagie (Gąsiorowski i in., 1997). Ziarno jęczmienia cechuje się przede wszystkim wysoką zawartością błonnika pokarmowego, zarówno rozpuszczalnego jak i nierozpuszczalnego, oraz szeregu związków biologicznie aktywnych. Podkreśla się wysoką zawartość wszystkich natywnych form witaminy E, polifenoli, steroli roślinnych i przeciwutleniaczy (MacGregor, Bhatti, 1993).

**Białko.** Zawartość białka w jęczmieniu waha się w granicach 10–16%, osiągając nawet 18,1% dla nagiej odmiany Prowashonupana (Andersson i in., 1999; Boros i in., 2015; Michalak-Majewska, Makarska, 2009). Badany przez Kawkę (2004) ród jęczmienia nagiego wykazywał o 30% więcej białka niż próby jęczmienia oplewionego. Również Wiewióra (2006) i Gąsiorowski (1997b) wskazują na wyższą zawartość białka w ziarniakach nagicz.

Zawartość białka ogólnego w ziarniakach jęczmienia jest w dużej mierze determinowana stosowanym poziomem nawożenia azotowego (Noworolnik i in., 2013; Noworolnik i in., 2014). Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy poziomem nawożenia azotowego a ogólną zawartością białka (Idziak, Michalski, 2004; Zbroszczyk, Nowak, 2009). Badania wykazują także, że opóźnienie terminu siewu sprzyja wzrostowi zawartości białka i zmniejszeniu ilości skrobi w ziarniakach (Leszczyńska i in., 2005).

Zawartość białka i skład aminokwasowy w produktach jęczmiennych są warunkowane technologią obróbki ziarna oraz stopniem ich przetworzenia (Gąsiorowski, 1997c). Ogólna zawartość białka w niskopretworzonych produktach jęczmiennych mieści się w przedziale od 8,76% s.m. w płatkach jęczmiennych typu „hot meals” do 12% s.m. w kaszy jęczmiennej (Rzedzicki, Wirkijowska, 2008). Gąsiorowski (1997c) odnotował, że skład aminokwasowy niskowyciągowych mąk jęczmiennych podobny jest do składu aminokwasowego bielma (wydzielonego ręcznie z całego ziarna).

W porównaniu z pszenicą i kukurydzą białka jęczmienia wykazują wyższą wartość odżywczą. W ziarniakach

oplewionych jęczmienia średnia zawartość aminokwasów egzogennych wynosi blisko 32%, w formach nieoplewionych około 31% (Kawka, 2004; Petkov i in., 1999). Zawartość lizyny w ziarniakach oplewionych i nagich wynosi odpowiednio 3,38 i 3,07 g/100 g białka, a metioniny 1,44 i 1,32 g/100 g białka (Kawka, Gąsiorowski, 2000; Kawka, Kędzior, 1998). Dla porównania średnia zawartość lizyny w pszenicy wynosi jedynie 2,51 g/100 g białka, a metioniny 1,45 g/100 g białka (Kawka, Kędzior, 1998; Kowieska i in., 2010). Natomiast Boros i in. (1996) podają, że poziom aminokwasów egzogennych w jęczmieniu nieoplewionym jest wyższy niż w formie oplewionej i w pszenicy.

**Lipidy.** Jednym z głównych składników energetycznych roślin zbożowych są lipidy. W ziarnie jęczmienia substancje lipidowe są zlokalizowane głównie w warstwie aleuronowej i zarodku. Ich zawartość w jęczmieniu oplewionym mieści się w przedziale 1,9–4,6% s.m., podczas gdy w nagiej odmianie Prowashonupana odnotowano 7% tłuszczu (Andersson i in., 1999; Arndt, 2006; Boros i in., 2015). Cramer i in. (2005) odnotowali wyższą zawartość lipidów w jęczmieniu nagim niż w oplewionym.

W tłuszczu jęczmiennym, wśród lipidów niepolarnych dominuje frakcja triacylogliceroli (ok. 62%) o wysokim udziale kwasów tłuszczowych nienasyconych (76–82% wszystkich kwasów tłuszczowych) (Kawka, 1999). W ziarniakach jęczmienia obok lipidów występują substancje stanowiące tzw. frakcję niezmydlającą się; są to tokoferole i tokotrienole (homologi wit. E), fitosterole, karotenoidy i produkty izoprenoidowe o korzystnym oddziaływaniu prozdrowotnym (Fastnaught i in., 2006; Liu, Moreau, 2008; Moreau i in., 2007; Zieliński i in., 2012).

**Węglowodany.** Podstawowym materiałem energetycznym i strukturalnym roślin są węglowodany, czyli sacharydy. Dominującym ich przedstawicielem w ziarniaku jęczmienia jest skrobia występująca w ilości 47–64% s.m. (Andersson i in., 2008; Arndt, 2006; Boros i in., 2015).

Jednym z ważniejszych pod względem prawidłowego odżywiania składnikami zbóż jest błonnik pokarmowy, który stanowią polimery węglowodanów o określonych w definicji cechach (Codex Alimentarius, 2009). Występuje jako błonnik rozpuszczalny (SDF – soluble dietary fibre) i nierozpuszczalny (IDF – insoluble dietary fibre) (Górecka, Anioła, 2014).

Jęczmień nieoplewiony charakteryzuje się niższą zawartością błonnika pokarmowego nierozpuszczalnego (IDF) w porównaniu do oplewionego, natomiast zawartość frakcji rozpuszczalnej (SDF) jest wyższa w formach nagich jęczmienia (Kawka, 2004; Kawka i in., 1998; Wirkijowska i in., 2016). Zróżnicowanie to jest efektem dużej koncentracji frakcji IDF w plewce, stanowiącej 10–13% suchej masy ziarniaka (Andersson i in., 1999; Kawka, 2004). Należy mieć na uwadze, że w przemyśle spożywczym ziarniaki oplewione w trakcie przetwórstwa poddawane są operacji obłuszczenia, więc błonnik zlokalizowany w plewce stanowi odpad produkcyjny. Zawartość

błonnika SDF w błonniku całkowitym (TDF – total dietary fibre) w jęczmieniu nagim może wynosić od 33,6% do 42,51%, podczas gdy w jęczmieniu oplewionym od 21,8% do 22,9% (Kawka, 2004; Wirkijowska i in., 2016).

Ważną grupą związków sacharydowych jęczmienia są polisacharydy nieskrobiowe (NSP – non-starch polysaccharides). Są one jednym ze składników błonnika pokarmowego (DF) i zalicza się do nich m.in.: celulozę, hemicelulozę (arabinoksylany) i (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glukany (Lee, Prosky, 1992; Muralikrishna, Subba Rao, 2007).

**Celuloza** jest podstawowym budulcem ścian komórkowych roślin. Występuje ona głównie w zielonych częściach roślin, gdzie stanowi celulozowy szkielet podporowy rośliny (Gąsiorowski i in., 1997). W mniejszej ilości można ją znaleźć w ziarnie zbóż jako składnik błon komórkowych. W układzie trawiennym człowieka celulozowe struktury przestrzenne ścian komórkowych wykazują wysoką wodochłonność oraz stanowią naturalny sorbent np. cholesterolu, szkodliwych produktów fermentacji białka itp., mają więc istotne znaczenie dietetyczne (Górecka, Anioła, 2001). W ziarnie jęczmienia celuloza występuje głównie w plewce (50–60%), okrywie owocowo-nasiennej oraz w ścianach komórkowych bielma i warstwy aleuronowej. W całym ziarnie jęczmienia oplewionego zawartość celulozy zawiera się w przedziale 4–8%, w ziarnie nieoplewionym 2–4% (Gąsiorowski i in., 1997).

**Hemicelulozy**, substancje zapasowe odkładane pomiędzy fibrylami ścian komórkowych, zbudowane są z różnych jednostek cukrowców: pentoz (ksylanów i arabinoksylianów) i (lub) heksoz (mannanów i galaktomannanów). Hemicelulozy występują w częściach otrębiastych i ścianach komórkowych tkanek ziarna, jako substancje towarzyszące ligninie i celulozie. Część z nich stanowi materiał zapasowy wykorzystywany w fazie kiełkowania (Gąsiorowski i in., 1997). Związki te nie podlegają hydrolizie przez enzymy trawienne układu pokarmowego człowieka, lecz mogą być rozkładane przez mikroflorę jelitową (Johannes i in., 1997; Karpinen i in., 2000).

**Pentozany** w literaturze często są określane jako hemicelulozy lub arabinoksylany (D'Appolonia, Schwarz, 1992). Z żywieniowego punktu widzenia, stanowią bardzo cenny składnik błonnika pokarmowego. Pentozany mają zdolność tworzenia roztworów o wysokiej lepkości (Muralikrishna, Subba Rao, 2007), co korzystnie wpływa na metabolizm i funkcjonowanie przewodu pokarmowego. Substancje te rekomendowane są w profilaktyce i leczeniu chorób cywilizacyjnych jak otyłość, cukrzyca, miażdżyca, choroby serca, nowotwory jelita grubego (Cyran, 1997). Masa cząsteczkowa pentozanów jęczmienia jest mniejsza niż (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glukanów, ale właściwości obu tych związków są podobne, dzięki czemu mają również podobny wpływ na kształtowanie cech technologicznych i żywieniowych jęczmienia (Gąsiorowski i in., 1997). W jęczmieniu arabinoksylany występują w plewce, okrywie owocowo-nasiennej, warstwie aleuronowej, w ścia-

nach komórkowych bielma i w zarodku (Izydorczyk i in., 2000). W sumie stanowią one 10% nieobłuszczonego ziarniaka (Gąsiorowski i in., 1997), a w jęczmieniu nagim mogą stanowić nawet 12% masy ziarna (Andersson i in., 1999).

**(1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glukany** ze względu na udokumentowany korzystny wpływ na zdrowie są uznane za składnik żywności funkcjonalnej i mają dopuszczone przez Unię Europejską oświadczenie zdrowotne (Gawęcki, 2014; Rozporządzenie Komisji UE, 2012). Głównym ich źródłem są zboża (owies, jęczmień) (Krupińska, Zegan, 2013). Ziarno jęczmienia oplewionego zawiera do 4,13% s.m., a nagięgo od 4,0 do 14,9% s.m.  $\beta$ -glukanów (w odmianie Prowashonupana) (Andersson i in., 1999; Cavallero i in., 2002; Rendell i in., 2005; Waszkiewicz-Robak i in., 2005; Wirkijowska i in., 2016). Prace badawcze wskazują na wyższą zawartość glukanów w nieoplewionej formie jęczmienia (Izydorczyk i in., 2000; Rendell i in., 2005; Yu i in., 2002; Wirkijowska i in., 2012, Wirkijowska i in., 2016).

(1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glukany pochodzące z różnych surowców mają często odmienne właściwości, a przez to inny wpływ na organizm człowieka (Górecka i in., 2008; Marinangeli, Jones, 2010).  $\beta$ -glukany z jęczmienia czy owsa powodują redukcję stężenia cholesterolu całkowitego i jego frakcji LDL-C we krwi (Low Density Lipoprotein Cholesterol – frakcja cholesterolu złożona z lipoprotein o małej gęstości), hiperглиkemii, hiperinsulinemii, masy ciała, apetytu, a także zmniejszają ryzyko chorób układu krążenia, hiperlipidemii i hipercholesterolemii (Howarth i in., 2001; Krupińska, Zegan, 2013; Sadiq-Butt i in., 2008; Schulze i in., 2004).

Rozpuszczalność  $\beta$ -glukanów determinowana jest ich masą cząsteczkową (Bjorklund i in., 2005; Cui, Wood, 2000; Cui i in., 2000; Krupińska, Zegan, 2013). Sprzeczne są doniesienia literaturowe odnośnie wpływu procesów przetwórczych na prozdrowotne właściwości (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glukanów. Badania dwóch zespołów badawczych, Franka i in. (2004) i Sayara i in. (2005) wykazały, iż częściowa hydroliza enzymatyczna glukanów oraz zmniejszenie masy cząsteczkowej nie mają wpływu na ich zdolność wiązania kwasów żółciowych. Inne badania z kolei wskazują, że procesy przetwórcze (jak np. gotowanie, ekstrakcja, przechowywanie itp.) powodujące zmianę masy cząsteczkowej lub struktury  $\beta$ -glukanów skutkują modyfikacją lub pogorszeniem właściwości funkcjonalnych tych związków (Behall, Hallfrisch, 2006; Bjorklund i in., 2005; Górecka i in., 2007; Keenan i in., 2007; Keogh i in., 2003; Kerckhoffs i in., 2003; Krupińska, Zegan, 2013; Marinangeli, Jones, 2010).

**Składniki mineralne.** W ziarniakach zbóż składniki mineralne występują w niewielkich ilościach. Podstawowymi makroskładnikami są: P, K, Mg, Ca, Na i Fe, chociaż występuje także szereg mikrośladków (Synowiecki, 2000). W ziarniakach jęczmienia najwyższe stężenie składników mineralnych jest w zarodku i okrywie owocowo-nasiennej, a najniższe w środkowej części bielma (Flores i in., 2005;

Gąsiorowski i in., 1997; Kent, Evers, 1994). Zawartość popiołu w jęczmieniu oplewionym wynosi od 2,28 do 2,55% s.m., a w nagim od 1,2 do 2,0% s.m. (Cramer i in., 2005; Gąsiorowski i in., 1997; Kinner i in., 2011; Wirkijowska i in., 2016).

## JĘCZMIEŃ A ZDROWIE

Leżące u podstawy piramidy żywienia pełnoziarnowe, niskoprzetworzone, wysokobłonnikowe produkty zbożowe, głównie owsiane i jęczmienne, są szczególnie cenne w żywieniu człowieka przede wszystkim ze względu na wysoką zawartość błonnika pokarmowego, w tym (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glukanów (Howarth i in., 2001; Krupińska, Zegan, 2013; Sadiq-Butt i in., 2008; Schulze i in., 2004). Zalecana dawka błonnika pokarmowego niezbędna do prawidłowego funkcjonowania organizmu i zachowania właściwej masy ciała to 20–40 g/dzień (DeVries, 2001; James i in., 2003). Instytut Medycyny przy Narodowej Akademii Nauk Stanów Zjednoczonych (Institute of Medicine of the National Academy of Sciences – NAS), doprecyzował dobowe spożycie błonnika na poziomie 14 g/1000 kcal (FDA, 2006).

Badania dowodzą, że wysokobłonnikowe produkty jęczmienne wskazane są w profilaktyce i leczeniu wielu dietozależnych chorób cywilizacyjnych (zestawienie 1).

Potwierdzeniem korzystnego oddziaływania jęczmiennego błonnika pokarmowego, a w szczególności (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glukanów na zdrowie człowieka jest dopuszczone przez Unię Europejską oświadczenie zdrowotne dla tych związków (Rozporządzenie Komisji UE, 2012). Mówi ono, że  $\beta$ -glukany jęczmienne pomagają w utrzymaniu prawidłowego poziomu cholesterolu we krwi, jak również ich spożycie pomaga ograniczyć poposiłkowy wzrost poziomu glukozy we krwi.

## PRZETWÓRSTWO JĘCZMIEŃ NA CELE SPOŻYWCZE

W przemyśle spożywczym z ziarna jęczmienia pozyskuje się głównie pęczak (zwykły i obtaczany), kaszę łamaną i perłową (grubą, średnią, drobną), płatki, otręby oraz mąkę (Gąsiorowski, Kawka, 1997). Jęczmień oplewiony w przetwórstwie spożywczym poddawany jest operacji intensywnego obłuszczenia ze względu na silne zrośnięcie plewki z okrywą owocowo-nasiennej (Baik, Ullrich, 2008; Gąsiorowski, Kawka, 1997; Jurga 1997). Podczas obłuszczenia frakcją otrąb stanowi nie tylko plewka i zewnętrzna część okrywy owocowo-nasiennej, ale także zarodek i część warstwy aleuronowej (Baik, Ullrich, 2008; Jurga, 1997). Ponadto obłuszczenie jest procesem energochłonnym i powodującym znaczne straty surowca (Jurga, 1997). Obłuskiwanie obniża właściwości funkcjonalne surowca jęczmiennego, a otrzymany pęczak – zarówno zwykły jak i obtaczany – stanowią głównie komórki bielma. Kawka

## Zestawienie 1. Wpływ błonnika pokarmowego pochodzącego z jęczmienia na zdrowie człowieka

Schorzenie	Sposób oddziaływania	Literatura
Nadwaga i otyłość	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkty wysokobłonnikowe naturalnie wymuszają wydłużenie przeżuwania, przez co zwiększeniu ulega ilość wydzielanej śliny i soków żołądkowych, a to z kolei wpływa na szybsze osiągnięcie uczucia sytości i dłuższe jej utrzymywanie się, nawet do kilku godzin po posiłku.</li> <li>• Błonnik pokarmowy spowalnia absorpcję w jelicie cienkim, poprzez tworzenie żeli o wysokiej lepkości, i wydłuża tym samym wchłanianie składników pożywienia.</li> </ul>	Howarth i in., 2001; Kritchevsky, 2001; Lifschitz i in. 2002; Ludwig, 2000; Slavin, 2005
Hipercholesterolemia	<p>Mechanizm hipocholesterolemicznego oddziaływania produktów jęczmiennych jest wielokierunkowy i nie został jeszcze do końca poznany. Polega on m.in. na:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• spowalnianiu absorpcji i metabolizmu cholesterolu i kwasów tłuszczowych.</li> <li>• modyfikowaniu poziomu cholesterolu przez kwas propionowy, który powstaje m.in. w wyniku fermentacji <math>\beta</math>-glukanów pod wpływem bakterii (w jelicie grubym)</li> <li>• zwiększonym wydalaniu kwasów żółciowych na skutek ich absorpcji przez strukturę błonnik. Ograniczona resorpcja w procesie krążenia wątrobowo-jelitowego powoduje brak odpowiedniej ilości kwasów żółciowych niezbędnych do prawidłowej emulsyfikacji tłuszczu i właściwego transportu kwasów tłuszczowych do błony śluzowej jelita, co zmusza wątrobę do syntezy tych związków z wykorzystaniem cholesterolu krążącego z krwią.</li> </ul>	Behall, Hallfrisch, 2006; Behall i in., 2004; Castro i in., 2007; Lange, 2003; Lovegrove i in., 2000; Marinangeli, Jones, 2010; Maki i in., 2003; Ranhoira i in., 1998; Riccioni i in., 2012; Sayar i in., 2005; Sayar i in., 2006; Talati i in., 2009
NIDDM <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipoglikemiczne działanie produktów jęczmiennych związane jest głównie z obecnością (1-3)(1-4)-<math>\beta</math>-D-glukanów.</li> <li>• Wysokobłonnikowe przetwory jęczmienne z dużym udziałem frakcji SDF obniżają poposilkowe stężenie insuliny we krwi poprzez spowolnienie procesu dyfuzji glukozy w treści jelitowej oraz wydłużenie procesu jej wchłaniania.</li> <li>• W żołądku, spowalniają proces trawienia, poprzez tworzenie w środowisku kwaśnym rozтворów o bardzo wysokiej lepkości. Spowalnia to transport treści pokarmowej do jelit jak również na całej ich długości. Obniżeniu ulega tym samym poziom poposilkowej glikemii i maleje zapotrzebowanie na insulinę</li> </ul>	Brennan, 2005; Cavallero i in., 2002; Jenkins i in., 2002; Marinangeli, Jones, 2010; Östman i in., 2006; Schulze i in., 2004; Weickert i in., 2006
Nowotwory jelita grubego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Błonnik pokarmowy, zwłaszcza nierozpuszczalny, przyspiesza pasaż treści pokarmowej przez jelita, zwiększa masę treści jelitowej, zapobiega uchyłkowatości i zaparciom, zapobiega zaleganiu treści jelitowej, przeciwdziałając tym samym powstawaniu raka jelita grubego</li> <li>• Stymulując perystaltykę jelit IDF skracca czas kontaktu ścianek przewodu pokarmowego i wydalinczego z toksycznymi metabolitami</li> <li>• SDF podlega procesom fermentacyjnym w okrężnicy – powstaje CO<sub>2</sub>, metan i krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, m.in. masłowy, który oddziałuje antykarcynogennie (powoduje spadek pH treści jelitowej; co sprzyja rozwojowi pałeczek kwasu mlekowego i paciorkowców oraz hamuje rozwój bakterii gnilnych).</li> </ul>	Bingham i in., 2003; Jefferson, Cowbrough, 2005; Charalampopoulos i in., 2002; Davidson, Mc Donald, 1998; Greenwald i in., 2001; Hasik i in., 1997; Lupton, 2000; McIntosh i in., 1991; O'Connell i in., 2005

<sup>1</sup> cukrzyca insulinozależna, cukrzyca typu II

(2004) w swoich badaniach odnotowała statystycznie istotny spadek zawartości substancji mineralnych, lipidów, błonnika pokarmowego, a zwłaszcza frakcji SDF w wyniku łuszczenia. Sugeruje się wykorzystanie jęczmienia nagiego do produkcji przetworów całoziarnowych.

Przeprowadzone przez Wirkijowską i in. (2012) badania wykazały, że statystycznie istotne różnice zawartości (1-3) (1-4)- $\beta$ -D-glukanów w badanych rodach i odmianach jęczmienia warunkowały także ich rozmieszczenie w ziarnaku. Nagie rody wysokoglukanowe wykazywały bardziej scentralizowane rozmieszczenie tych cennych prebiotyków, tj. głównie na pograniczu warstwy subaleuronej i bielma oraz w ścianach komórek bielma. Charakter rozkładu najcenniejszych zbożowych prebiotyków warunkuje projektowane operacje, w szczególności czyszczenie białe i ewentualne łuszczenie oraz ich dopuszczalną intensywność. Tak dobrany surowiec i adekwatne do niego operacje przetwórcze są gwarantem zachowania funkcjonalnych cech produktu finalnego.

W trakcie procesu produkcyjnego płatków czy kaszy jęczmiennych, podobnie jak owsianych, ziarniak nie jest poddawany intensywnej obróbce termicznej, co skutkuje niską rozpuszczalnością suchej masy, wysoką wodochłonnością oraz prawie nienaruszoną strukturą błonnika pokarmowego (tab. 2). Błonnik rozpuszczalny (SDF) w takich produktach to głównie błonnik w postaci natywnej, zachowujący swoje właściwości prozdrowotne, charakterystyczne dla danej frakcji (Rzedzicki, Wirkijowska, 2006; Rzedzicki i in., 2008). Dla porównania współ-

czynnik rozpuszczalności suchej masy (WSI – Water Solubility Index) płatków kukurydzianych wynosi blisko 20% s.m. (tab. 2), a gdy są one dodatkowo wzbogacane polewą cukrową lub miodem i orzechami to WSI wynosi powyżej 40% s.m. (Rzedzicki, Wirkijowska, 2006). Niskie wartości WAI (Water Absorption Index – współczynnik wodochłonności) produktów jęczmiennych i owsianych typu „hot meals” wynikają z braku intensywnej obróbki termicznej w trakcie procesu produkcyjnego (tab. 2). Pełną wodochłonność takie produkty uzyskują dopiero po skleikowaniu skrobi i denaturacji białka (Rzedzicki, Wirkijowska, 2006).

Mając na uwadze destrukcyjny wpływ procesów przetwórczych na wartość żywieniową i funkcjonalną produktów jęczmiennych, należy promować i polecać konsumentom produkty niskoprzetworzone, tj. pęczak (szczególne pozyskiwany z jęczmienia nagiego), kasze i płatki typu „hot meals”.

## PODSUMOWANIE

Przedstawione w literaturze przedmiotu badania wskazują na wysoką wartość odżywczą jęczmienia zarówno oplewionego, jak i nagiego. Surowiec jęczmienny charakteryzuje się wysoką zawartością błonnika pokarmowego całkowitego oraz korzystnym stosunkiem zawartości frakcji IDF do SDF. Ponadto wysoka zawartość (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glukanów zwłaszcza w jęczmieniu nagim pozwala na wykorzystanie go w produkcji żywności funkcjonalnej. Jak dowodzą badania, błonnik pokarmowy, a szczególnie  $\beta$ -glukany jęczmienia wykazują korzystne oddziaływanie zarówno w profilaktyce, jak i leczeniu wielu dietozależnych chorób cywilizacyjnych, np. nadwagi, otyłości, cukrzycy typu II, chorób układu krążenia czy nowotworów jelita grubego. Dostępne na rynku produkty jęczmienne to w głównej mierze niskoprzetworzone kasze, płatki i pęczaki, których technologia produkcji pozwala na zachowanie prozdrowotnych właściwości surowca.

## PIŚMIENNICTWO

- Ames N., Rhymer C., Rossnagel B., Therrien M., 2006. Utilization of diverse hulless barley properties to maximize product quality. *Cereal Foods World*, 51(1): 23-28.
- Andersson A.A.M., Elfverson C., Andersson R., Regnér S., Åman P., 1999. Chemical and physical characteristics of different barley samples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 979-986.
- Andersson A.A.M., Lampi A.M., Nyström L., Piironen V., Li L., Ward J.L., Gebruers K., Courtin C.M., Delcour J.A., Boros D., Fraš A., Dynkowska W., Rakszegi M., Bedó Z., Sherry P.R., Åman P., 2008.

Tabela 2. Rozpuszczalność, wodochłonność oraz zawartość błonnika pokarmowego w wybranych produktach zbożowych (Rzedzicki, Wirkijowska, 2006; Rzedzicki, Wirkijowska, 2008)

Table 2. Solubility, water absorption, and dietary fiber content of selected cereals.

Produkt Product	WSI	WAI	TDF	SDF	IDF
	[% s.m.]				
Płatki jęczmienne Barley flakes	5,0	146,4	15,1	6,1	8,9
Kasza jęczmienna Barley groats	5,3	120,5	15,1	5,7	9,3
Pęczak jęczmienny Pearl barley	4,8	119,6	13,1	5,5	7,6
Płatki owsiane Oat flakes	4,3	144,8	16,7	6,8	9,9
Płatki kukurydziane Corn flakes	19,55	437,8	7,7	1,9	5,8
Płatki kukurydziane z polewą lukrową Corn flakes with glaze icing	46,16	444,54	4,63	1,37	3,26
Płatki kukurydziane z miodem i orzechami Corn flakes with honey and nuts	43,75	396,3	8,06	1,90	6,16

WSI – rozpuszczalność, water solubility index; WAI – wodochłonność, water absorption index; TDF – błonnik całkowity, total dietary fibre; IDF – błonnik nierozpuszczalny, insoluble dietary fibre; SDF – błonnik rozpuszczalny, soluble dietary fibre

- Phytochemical and dietary fiber components in barley varieties in the healthgrain diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 9767-7996.
- Arndt E.A., 2006.** Whole-grain barley for today's health and wellness needs. *Cereal Foods World*, 51(1): 20-22.
- Baik B.K., Ullrich S., 2008.** Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48: 233-242.
- Behall K.M., Hallfrisch J.G., 2006.** Effects of barley consumption on CVD risk factors. *Cereal Foods World*, 51(1): 12-15.
- Behall K.M., Schofield D.J., Hallfrisch J.G., 2004.** Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80: 1185-1193.
- Bhatty R.S., 1993.** Non-malting uses of barley. ss. 355-417. W: *Barley: chemistry and technology*; McGregor A.W., Bhaty R.S., AACC ST. Paul.
- Bingham S.A., Day N.E., Luben R., Ferrari P., Slimani N., Norat T., Clavel-Capelon F., Kesse E., Nieters A., Boeing H., 2003.** Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Perspective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study. *Lancet*, 361: 1496-1501.
- Biorklund M., van Rees A., Mensink R.P., Onning G., 2005.** Changes in serum lipids and postprandial glucose and insulin concentrations after consumption of beverages with beta-glucans from oats or barley: a randomised dose-controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59: 1272-1281.
- Boros D., Fraś A., Gołębiowska K., Gołębiowski D., Paczkowska O., Wiśniewska M., 2015.** Wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne ziarna odmian zbóż i nasion rzepaku zalecanych do uprawy w Polsce. *Monografie i rozprawy naukowe*, 49/2015: 73-80.
- Boros D., Rek-Cieply B., Cyran M., 1996.** A note on the composition and nutritional value of hull-less barley. *Journal of Animal Feed Science*, 5: 417-424.
- Brennan C.S., 2005.** Dietary fibre, glycaemic response, and diabetes. *Molecular Nutrition and Food Research*, 49: 560-570.
- Całyniuk B., Grochowska-Niedworok E., Bialek A., Czech N., Kukielczak N., 2011.** Piramida żywienia - wczoraj i dziś. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 92(1): 22-24.
- Castro I.A., Monteiro V.C.B., Barroso L.P., Bertolami M.C., 2007.** Effect of eicosapentaenoic/docosahexaenoic fatty acids and soluble fibers on blood lipids of individuals classified into different levels of lipidemia. *Journal of Nutrition*, 23: 127-137.
- Cavallero A., Empilli S., Brighenti F., Stanca A.M., 2002.** High (1-3)(1-4)- $\beta$ -glucan barley fractions in bread making and their effects on human glycemic response. *Journal of Cereal Science*, 36: 59-66.
- Ceglińska A., 2016.** Kasze i makarony – rodzaje i metody produkcji. ss. 95-112. W: *Produkty zbożowe. Technologia i rola w żywieniu człowieka*; Gawęcki J., Obuchowski W., Wyd. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
- Charalampopoulos D., Wang R., Pandiella S.S., Webb C., 2002.** Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 79: 131-141.
- Codex Alimentarius, 2009. Report on the 30th session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses. Alinorm 09/32/26, Appendix. Codex Alimentarius Commission, Rome 46.
- Cramer A.C.J., Mattinson D.S., Fellman J.K., Baik B.K., 2005.** Analysis of volatile compounds from various types of barley cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 7526-7531.
- Cui W., Wood P.J., 2000.** Relationships between structural features, molecular weight and rheological properties of cereal  $\beta$ -D-glucans. ss. 159-168. W: *Hydrocolloids - Part 1*; Nishinari K., Amsterdam: Elsevier.
- Cui W., Wood P.J., Blackwell B., Nikiforuk J., 2000.** Physicochemical properties and structural characterization by two-dimensional NMR spectroscopy of wheat  $\beta$ -D-glucan-comparison with other cereal  $\beta$ -D-glucans. *Carbohydrates Polymers*, 41: 249-258.
- Cyran M., 1997.** Skład chemiczny, właściwości fizyko-chemiczne i technologiczne niektórych składników włókna pokarmowego zbóż. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 203: 257-271.
- D'Appolonia B.L., Schwarz P.B., 1992.** Importance of cereal non starch polysaccharides in end-products Proc. 9-th Int. Cereal and Bread Congress, Paris.
- Davidson M.H., Mc Donald A., 1998.** Fiber: forms and function. *Nutrition Research*, 18(4): 617-624.
- DeVries J.W., 2001.** Analytical issues regarding the regulatory aspects of dietary fibre nutrition labeling. ss. 315-327. W: *Advanced dietary fibre technology*. McCleary B.V., Prosky L., Blackwell Science Ltd.
- Dorfe R., 1985.** Food in Tibetan Life. U.K. Prospect Books.
- Fastnaught C.E., Berglund P.T., Dudgeon A.L., Hadley M., 2006.** Lipid changes during storage of milled hullless barley products. *Cereal Chemistry*, 83(4): 424-427.
- FDA, 2006. Petition for health: Claim barley betafiber and coronary heart disease. FDA Office Of Nutritional Products. Labeling and Dietary, Supplements (HFS-800) 5100: 1-9.
- Flores R.A., Hicks K.B., Eustach D.W., Phillips J., 2005.** High-starch and high- $\beta$ -glucan barley fractions milled with experimental mills. *Cereal Chemistry*, 82(6): 727-733.
- Frank J., Sundberg B., Kamal-Eldin A., Vessby B., Åman P., 2004.** Yeast-leavened oat breads with high or low molecular weight  $\beta$ -glucan do not differ in their effects on blood concentrations of lipids, insulin or glucose in humans. *Journal of Nutrition*, 134(6): 1384-1388.
- Gawęcki J., 2014.** Żywność prozdrowotna – terminologia, składniki, informacja dla konsumenta. ss. 34-38. W: *Żywność prozdrowotna – składniki i technologia*; Czapski J., Górecka D., Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- Gawęcki J., Roszkowski W., 2016.** Rola produktów zbożowych w żywieniu ludzi zdrowych i chorych. ss. 155-170. W: *Produkty zbożowe. Technologia i rola w żywieniu człowieka*; Gawęcki J., Obuchowski W., Wyd. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
- Gąsiorowski H., 1997a.** Wartość technologiczna jęczmienia i niektóre metody jej oceny. ss. 250-262. W: *Jęczmień – chemia i technologia*; Gąsiorowski H., Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
- Gąsiorowski H., 1997b.** Niektóre kierunki hodowli jęczmienia podnoszące jego wartość odżywczą. ss. 263-271. W: *Jęczmień – chemia i technologia*; Gąsiorowski H., Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.

- Gąsiorowski H., 1997c.** Aspekty żywieniowe jęczmienia i jego przetworów. ss. 164-176. W: *Jęczmień – chemia i technologia*; Gąsiorowski H., Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
- Gąsiorowski H., Kawka A., 1997.** Wykorzystanie jęczmienia (poza browarem). ss. 223-241. W: *Jęczmień – chemia i technologia*; Gąsiorowski H., Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
- Gąsiorowski H., Kączkowski J., Kawka A., Kołodziejczyk P., Michniewicz J., 1997.** Skład chemiczny ziarna jęczmienia. ss. 78-164. W: *Jęczmień – chemia i technologia*; Gąsiorowski H., Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
- Górecka D., Aniola J., 2001.** Błonnik pokarmowy i preparaty wysokobłonnikowe. ss. 56-67. W: *Współczesna wiedza o węglowodanach*; Gawęcki J., Poznań.
- Górecka D., Aniola J., 2014.** Błonnik pokarmowy. ss. 100-112. W: *Żywność prozdrowotna – składniki i technologia*; Czapski J., Górecka D., Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- Górecka D., Aniola J., Dziedzic K., Ławniczak P., 2008.** Wpływ stopnia rozdrobnienia mikronizowanych preparatów wysokobłonnikowych na ich wybrane właściwości funkcjonalne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(58): 89-95.
- Górecka D., Szymandera-Buszka K., Hę M., Korczak J., Szolc M., 2007.** The effect of thermal processing of barley groats with varied processing rate on dietary fiber content. *Polish Journal of Natural Science*, 4: 25-30.
- Greenwald P., Clifford C.K., Milner J.A., 2001.** Diet and cancer prevention. *European Journal of Cancer*, 37: 948-965.
- GUS, 2015. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*, ss. 340-341.
- Hasik J., Dobrzańska A., Bartnikowska E., 1997.** Rola włókna roślinnego w żywieniu człowieka. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Howarth N.C., Saltzman E., Roberts S.B., 2001.** Dietary fiber and weight regulation. *Nutrition Reviews*, 59: 129-139.
- Idziak R.C., Michalski T., 2004.** Skład chemiczny oraz wartość paszowa jęczmienia jarego i owsa uprawianych w mieszankach w zależności od nawożenia azotem. *Annales UMCS Sect. E.*, 59(1): 75-82.
- Institut Żywności i Żywienia. 2016. Naukowcy zmodyfikowali zalecenia dotyczące zdrowego żywienia, <http://www.izz.waw.pl/pl/strona-gowna/3-aktualnoci/aktualnoci/555-naukowcy-zmodyfikowali-zalecenia-dotyczace-zdrowego-zywienia> [dostęp: 22.05.2016 r.].
- Izydorczyk M.S., Storsley J., Labossiere D., MacGregor A.W., Rossnagel B.G., 2000.** Variation in total and soluble  $\beta$ -glucan content in hullless barley: effects of thermal, physical, and enzymic treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 982-989.
- James S.L., Muir J.G., Curtis S.L., Gibson P.R., 2003.** Dietary fibre: a roughage guide. *Internal Medicine Journal*, 33: 291-296.
- Jefferson A., Cowbrough K., 2005.** Carbohydrates and fibre: a review of functionality in health and wellbeing. *Food Science Technology Bulletin: Functional Foods*, 2(3): 31-38.
- Jenkins A.L., Jenkins D.J.A., Zdravkovic U., Wursch P., Vukusan V., 2002.** Depression of the glycaemic index by high levels of beta-glucan fibre in two functional foods tested in type 2 diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56: 622-628.
- Johannes H.N., Bach Knudsen E.K., Wood P.J., Fulcher R.G., 1997.** Physico-chemical properties and the degradation of oat bran polysaccharides in the gut of pigs. *Journal of Science and Food Agriculture*, 73: 81-92.
- Jurga R., 1997.** Produkcja kasz i płatków. ss. 5-27. W: *Przetwórstwo zbóż. Część 2*; Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- Karppinen S., Liukkonen K., Aura A.M., Forssell P., Poutanen K., 2000.** In vitro fermentation of polysaccharides of rye, wheat and oat brans and inulin by human faecal bacteria. *Journal of Science and Food Agriculture*, 80: 1469-1476.
- Kawka A., 1999.** Lipidy ziarna jęczmienia – zawartość, rozmieszczenie i skład frakcyjny. *Postępy Nauk Rolniczych*, 46/51: 51-58.
- Kawka A., 2004.** Jęczmień i jego produkty. Charakterystyka, otrzymywanie i wykorzystanie w żywieniu człowieka. *Roczniki Akademii Rolniczej Poznań, Rozprawy Naukowe*, 342: 1-78.
- Kawka A., Gąsiorowski H., 2000.** Skład aminokwasowy wybranych odmian jęczmienia. *Żywność Technologia Jakość*, 7: 39-47.
- Kawka A., Kędzior Z., 1998.** Białka pochodzenia roślinnego, ich charakterystyka i znaczenie w żywności. ss. 39-57. W: *Białka w żywności i żywieniu*; Gawęcki J. (red.).
- Kawka A., Klockiewicz-Kamińska E., Aniola J., Cierniewska A., Gąsiorowski H., 1998.** Ocena niektórych wyróżników jakościowych odmian jęczmienia uprawianego w Polsce. *Pamiętnik Puławski*, 112: 85-91.
- Keenan J.M., Goulson M., Shamliyan T., Knutson N., Kolberg L., Curry L., 2007.** The effects of concentrated barley beta-glucan on blood lipids in a population of hypercholesterolaemic men and women. *British Journal of Nutrition*, 97: 1162-1168.
- Kent N.L., Evers A.D., 1994.** Cereals of the World in Technology of cereals. ss. 78-102. W: *Kent's Technology of cereals*. IV edition, Elsevier, Oxford.
- Keogh G.F., Cooper G.J.S., Mulvey T.B., McArdle B.H., Coles G.D., Monro J.A., Poppitt S.D., 2003.** Randomized controlled crossover study of the effect of a highly  $\beta$ -glucan-enriched barley on cardiovascular disease risk factors in mildly hypercholesterolemic men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78: 711-718.
- Kerckhoffs D., Hornstra G., Mensink R.P., 2003.** Cholesterol-lowering effect of  $\beta$ -glucan from oat bran in mildly hypercholesterolemic subjects may decrease when  $\beta$ -glucan is incorporated into bread and cookies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78: 221-227.
- Kinner M., Nitschko S., Sommeregger J., Petrasch A., Linsberger-Martin G., Grausgruber H., Berghofer E., Siebenhandl-Ehn S., 2011.** Naked barley – Optimized recipe for pure barley bread with sufficient beta-glucan according to the EFSA health claims. *Journal of Cereal Science*, 53: 225-230.
- Kowieska A., Jaskowska I., Lipiński P., 2010.** Zawartość frakcji węglowodanowych i aminokwasów w ziarnie pszenicy wyprodukowanym w dwóch następujących po sobie latach. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 9(4): 135-146.
- Kritchevsky D., 2001.** Dietary fibre in health and disease. ss. 149-161. W: *Advanced Dietary Fibre Technology*; McCleary B., Prosky L., Blackwell Science.
- Krupińska P., Zegan M., 2013.**  $\beta$ -glukan – wybrane korzyści zdrowotne ze szczególnym uwzględnieniem jego wpływu na gospodarkę lipidową. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLIV(2): 162-170.

- Lange E., 2003.** Wpływ ekstrudowanych przetworów z owsa nagoziarnistego na zawartość tłuszczu w żołądku i lipidemii poposiłkową u szczurów. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 229: 215-221.
- Lee S.C., Prosky L., 1992.** International survey on dietary fiber: definition, analysis, and reference materials. *Journal AACC International*, 78: 22-36.
- Leszczyńska D., Noworolnik K., Najewski A., 2005.** Charakterystyka i technologia uprawy odmian jęczmienia ozimego. <http://www.ppr.pl/dzial-jeczmienn-1630.php#zn8> [dostęp 14.12.2015].
- Lifschitz C.H., Grusak M.A., Butte N.F., 2002.** Carbohydrate digestion in humans from a  $\beta$ -glucan-enriched barley is reduced. *Journal of Nutrition*, 132: 2593.
- Liu K.S., Moreau R.A., 2008.** Concentrations of functional lipids in abraded fractions of hullless barley and effect of storage. *Journal of Food Science*, 73(7): 569-576.
- Lovegrove J.A., Clohessy A., Milon H., Williams C.M., 2000.** Modest doses of  $\beta$ -glucan do not reduce the concentrations of potentially atherogenic lipoproteins. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72: 49-55.
- Ludwig D.S., 2000.** Dietary glycemic index and obesity. *Journal of Nutrition*, 130 (Suppl. 2S): 280-283.
- Lupton J.R., 2000.** Is fiber protective against colon cancer? Where the Research is leading us. *Nutrition Journal*, 16(7, 8): 558-561.
- MacGregor A.W., Bhatti R.S., 1993.** Barley: chemistry and technology. AACC, St. Paul.
- Maki K.C., Davidson M.H., Ingram K.A., Veith P.E., Bell M., Gugger E., 2003.** Lipid responses to consumption of a beta-glucan containing ready-to eat cereal in children and adolescents with mild-to-moderate primary hypercholesterolemia. *Nutrition Research*, 23(11): 1527-1535.
- Marinangeli C.P.F., Jones P.J.H., 2010.** The use of functional plant ingredients for the development of efficacious functional foods. ss. 110-134. W: *Functional Food Product Development*; Smith J., Charter E.,. Online ISBN 9781444323351.
- McIntosh G.H., Whyte J., McArthur R., Nestel P.J., 1991.** Barley and wheat foods: Influence on plasma cholesterol concentrations in hypercholesterolemic men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53: 1205.
- Michalak-Majewska M., Makarska E., 2009.** Wpływ procesu kielkowania ziarna jęczmienia jarego na wartość odżywcza białka. *Acta Agrophysica*, 14(3): 649-658.
- Moreau R.A., Flores R.A., Hicks K.B., 2007.** Composition of functional lipids in hulled and hullless barley in fractions obtained by scarification and in barley oil. *Cereal Chemistry*, 84(1): 1-5.
- Muralikrishna G., Subba Rao M.V.S.S.T., 2007.** Cereal non-cellulosic polysaccharides: structure and function relationship – An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(6): 599-610.
- Newman C.W., Newman R.K., 2005.** Hullless barley for food and feed. ss. 167-202. W: *Specialty Grains for Food and Feed*; Abdel-Aal E., Wood P., American Association of Cereal Chemists, Minnesota.
- Noworolnik K., Wirkijowska A., Mikos-Szymańska M., 2014.** Effect of genotype and nitrogen fertilization on grain yield and quality of spring barley intended for health food use. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(3): 594-598.
- Noworolnik K., Wirkijowska A., Rzedzicki Z., 2013.** Znaczenie błonnika pokarmowego w diecie oraz jego zawartość w ziarnie jęczmienia jarego w zależności od odmiany i gęstości siewu. *Fragmenta Agronomica*, 30(3): 132-139.
- O'Connell J.M., Sweeney T., Callan J.J., O'Doherty J.V., 2005.** The effect of cereal type and exogenous enzyme supplementation in pig diets on nutrient digestibility, intestinal microflora, volatile fatty acid concentration and manure ammonia emissions from finisher pigs. *Animal Science*, 81: 357-364.
- Östman E., Rossi E., Larsson H., Brighenti F., Björck I., 2006.** Glucose and insulin responses in healthy men to barley bread with different levels of (1-3)(1-4)- $\beta$ -glucans; predictions using fluidity measurements of in vitro enzyme digests. *Journal of Cereal Science*, 43: 230-235.
- Petkov K., Piech M., Łukaszewski Z., Kowieska A., 1999.** Porównanie składu chemicznego i wartości pokarmowej owsa nieoplewionego i oplewionego. *Żywność. Technologia. Jakość*, 6: 253-259.
- Polska Norma PN-R-74109: Ziarno zbóż – jęczmień.
- Ranhorta G.S., Gelroth J.A., Leinen S.D., Bhatti R.S., 1998.** Dose response to soluble fiber in barley in lowering blood lipids in hamster. *Plant Foods in Human Nutrition*, 52: 329-336.
- Ratajczak P., 1997.** Produkcja jęczmienia w Polsce i na Świecie. ss. 11-25. W: *Jęczmień – chemia i technologia*; Gąsiorowski H., Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
- Rendell M., Vanderhoof J., Venn M., Shehan M., Arndt E., Rao C.S., Gill G., Newman R.K., Newman C.W., 2005.** Effect of a barley breakfast cereal on blood glucose and insulin response in normal and diabetic patients. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60: 63.
- Riccioni G., Sblendorio V., Gemello E., Di Bello B., Scotti L., Cusenza S., D'Orazio N., 2012.** Dietary fibers and cardiometabolic diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 13: 1524-1540.
- Rozporządzenie Komisji (UE) NR 432/2012 Unii Europejskiej, 2012, 136/4
- Rzedzicki Z., Wirkijowska A., 2006.** Badania składu chemicznego wybranych kukurydzianych zbóż śniadaniowych ze szczególnym uwzględnieniem składu frakcyjnego błonnika pokarmowego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XXXIX Supl.: 97-102.
- Rzedzicki Z., Wirkijowska A., 2008.** Charakterystyka składu chemicznego przetworów jęczmiennych ze szczególnym uwzględnieniem składu frakcyjnego błonnika pokarmowego. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 1(56): 52-64.
- Rzedzicki Z., Sykut E., Wirkijowska A., Nita Z., 2008.** Błonnik pokarmowy najważniejszym wyróżnikiem jakości zbóż spożywczych. *Fragmenta Agronomica*, XXV, 1(97): 357-371.
- Sadiq-Butt M., Tahir-Nadeem M., Khan M.K., Shabir R., Butt S.M., 2008.** Oat: unique among the cereals. *European Journal of Nutrition*, 47: 68-79.
- Sayar S., Jannink J.L., White P.J., 2005.** In vitro bile acid binding of flours from oat lines varying in percentage and molecular weight distribution of  $\beta$ -glucan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 8797-8803.
- Sayar S., Jannink J.L., White P.J., 2006.** In vitro bile acid binding activity within flour fractions from oat lines with typical and high  $\beta$ -glucan amount. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 5142-5148.

- Schneeman B.O., 1987.** Soluble vs insoluble fiber-different physiological responses. *Food Technology*, 47(2): 81-82.
- Schulze M.B., Liu S., Rimm E.B., Manson J.E., 2004.** Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence of type 2 diabetes in younger and middle-aged women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 80: 348-356.
- Slavin J., 2005.** Whole grains, dietary fibre and health. *Canadian Journal of Dietetic Practice Research*, 66(2): A.
- Suganuma H., Inakuma T., Kikuchi Y., 2002.** Amelioratory effect of barley tea drinking on blood fluidity. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 48: 65.
- Synowiecki J., 2000.** Składniki mineralne. ss. 95-114. W: *Chemia żywności. Skład, przemiany i właściwości żywności*; Sikorski Z.E. (red.), Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
- Talati R., Baker W.L., Pablonia M.S., White C.M., Coleman C.I., 2009.** The effects of barley-derived soluble fiber on serum lipids. *The Annals of Family Medicine*, 7: 157-163.
- Waszkiewicz-Robak B., Karwowska W., Świdorski F., 2005.** Beta-glukan jako składnik żywności funkcjonalnej. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 3: 301-306.
- Weickert M., Mohlig M., Schoff C., Arafat A., Otto B., Viehoff H., Koebnick C., Kohl A., Spranger J., Pfeiffer A., 2006.** Cereal fiber improves whole-body insulin sensitivity in overweight and obese women. *Diabetes Care*, 29: 775-780.
- Wiewióra B., 2006.** Porównanie wybranych cech nieoplewionego i oplewionego ziarna jęczmienia jarego. *Pamiętnik Puławski*, 142: 247-260.
- Wirkijowska A., Rzedzicki Z., Kasprzak M., Błaszczak W., 2012.** Distribution of (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-glucans in kernels of selected cultivars of naked and hulled barley. *Journal of Cereal Science*, 56(2): 496-503.
- Wirkijowska A., Rzedzicki Z., Zarzycki P., Sobota A., Sykut-Domańska E., 2016.** Chemical composition of naked barley for production of functional food. *Acta Agrophysica*, 23(2): 129-141.
- Yu Z., Li-Qiong L., Huan L., Jie B., Man-Ye Y., Chen M., Ying-Fan C., Xiao-Lin Q., Fang C., 2002.** RAPD markers in diversity detection and variety identification of Tibetan hullless barley. *Plant Molecular Biology Reporter*, 20: 369-377.
- Zbroszczyk T., Nowak W., 2009.** Wpływ poziomu ochrony i nawożenia azotem na plonowanie i skład chemiczny kilku odmian jęczmienia jarego pastewnego. Część II. Skład chemiczny. *Biuletyn IHAR*, 251: 145-152.
- Zieliński H., Achremowicz B., Przygodzka M., 2012.** Przeciwtleniacze ziarniaków zbóż. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 1(80): 5-26.

*A. Wirkijowska, Z. Rzedzicki, A. Sobota, E. Sykut-Domańska, P. Zarzycki, K. Bartoszek, E. Kuzawińska*

#### BARLEY IN HUMAN NUTRITION

##### Summary

The pandemic of lifestyle and diet-related diseases and the increased public awareness of healthy nutrition issues have resulted in a growing consumer interest in functional food products, especially high dietary fiber foods.

Barley is rich in many nutrients and biologically active compounds and is used in the production of food with functional features. Several studies worldwide have confirmed its role in food technology, human nutrition and in the prevention and treatment of such lifestyle and diet-related diseases disorders as obesity, NIDDM (Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus), hypercholesterolemia or colorectal cancer.

The study highlighted the difficulties associated with the selection and processing of raw barley. This review of literature focuses on the nutritional value of barley (hulled and naked) and looks into selected processed-barley based products and their impact on the human body. Attention was also paid to the impact of processing technologies on the nutritional value of available barley products to make the consumers more aware of their actual nutritional value.

**key words:** hullless barley, hulled barley, chemical composition of barley, barley products, the nutritional value of barley