

AGNIESZKA FILIPIAK-FLORKIEWICZ, ADAM FLORKIEWICZ

WPŁYW OBRÓBKİ HYDROTERMICZNEJ NA ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH I BIOAKTYWNYCH KASZ I RYŻU

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu różnych sposobów obróbki hydrotermicznej (różniących się ilością wykorzystywanej wody) na zawartość składników odżywczych i bioaktywnych w wybranych sortymentach handlowych ryżu i kasz dostępnych na polskim rynku. Straty suchej masy wynoszące średnio 8,5 % w przypadku kasz gryczanych, 8,3 % – kasz jęczmiennych i 6,3 % – ryżu były najwyższe podczas gotowania tych surowców metodą „na sypko”. Zawartość białka była istotnie zróżnicowana w zależności od rodzaju surowca. Największe zmniejszenie zawartości tego składnika pod wpływem zabiegów hydrotermicznych wykazano w kaszach gryczanych, najmniejsze natomiast – w ryżu. W wyniku zastosowania procesu gotowania kasz i ryżu, niezależnie od sposobu, nastąpiło istotne zmniejszenie zawartości tłuszczu oraz związków mineralnych w postaci popiołu. Największą redukcję poziomu tych składników stwierdzono w ryżu (szczególnie pozbawionym łuski typu biały basmati). Zawartość błonnika pokarmowego uległa istotnemu zmniejszeniu pod wpływem obróbki hydrotermicznej. W przypadku kasz gryczanych i jęczmiennych zmniejszenie to wynosiło odpowiednio: 55,5 i 57,1 %, a sortymentów ryżu – średnio 28,4 %. Zabiegi hydrotermiczne, szczególnie z wykorzystaniem największych ilości wody (metoda na gęsto), powodowały istotne zmniejszenie zawartości związków fenolowych, które w kaszach jęczmiennych i gryczanych przekraczało 50 % wyjściowej ilości tych składników. Największą pojemnością antyoksydacyjną materiału nieprzetworzonego charakteryzowały się kasze gryczane i jęczmienne, a wśród nich kasza gryczana „BIO”. Zastosowane procesy obróbki kulinarnej w większości przypadków wpłynęły na obniżenie aktywności antyoksydacyjnej kasz gotowych do spożycia w stosunku do produktu surowego.

Słowa kluczowe: kasza, ryż, wartość odżywcza, obróbka hydrotermiczna, składniki bioaktywne

Wprowadzenie

Zboża należące w większości do jednorocznych roślin trawiastych stanowią podstawę żywienia ludności świata. Główne rośliny zbożowe to: pszenica (dominująca

Dr hab. inż. A. Filipiak-Florkiewicz, prof. nadzw., Katedra Technologii Gastronomicznej i Konsumpcji, dr inż. A. Florkiewicz, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków.

Kontakt: a.filipiak-florkiewicz@ur.krakow.pl

w Europie), ryż (w Azji), kukurydza (w obu Amerykach), sorgo (w Afryce), a ponadto żyto, jęczmień, owies, proso i gryka (nienależąca do traw) [7]. Do produktów otrzymanych z ziarna zbóż należą mąki różnych typów, charakteryzujące się odmiennym stopniem wymiału i zawartością popiołu oraz kasze drobno- i gruboziarniste.

Do obróbki kulinarnej kasz najczęściej stosuje się proces gotowania, ewentualnie zapiekania. Gotowanie polega na ogrzewaniu surowców we wrzącej wodzie o temperaturze bliskiej lub równej 100 °C lub w środowisku pary wodnej. Podczas obróbki hydrotermicznej ziaren ryżu i kasz zmienia się zarówno ich wygląd zewnętrzny, jak i właściwości fizykochemiczne. Błonnik wchodzący w skład zewnętrznej okrywy ziarna ulega zmiękczeniu, białko – denaturacji, skrobia wchłania wodę, pęcznieje i ulega rozklejeniu na skutek wchłonięcia wody. Następuje znaczny przyrost masy i objętości potraw z kasz. Zdolność pęcznienia skrobi zależy od jej rodzaju, ilości wody użytej do gotowania i szybkości ogrzewania. Kasze można przygotować na kilka sposobów: na sypko, gęsto i półgęsto. W ryżu gotowanym na sypko ziarna skrobi pęcznią nieznacznie ze względu na ograniczoną ilość wody i ryż zachowuje swój kształt oraz nie pęka. Ryż gotowany na półgęsto jest lekko kleisty, ponieważ nadmiernie napęczniałe ziarna skrobi pękają i rozrywają całe ziarno, a wypływająca skrobia zlepia je. Podczas gotowania ryżu na gęsto ziarna pękają, tworząc gęstą i łatwą do formowania półpłynną masę [4, 30].

Produkty zbożowe wykazują na ogół słabszą pojemność przeciwutleniającą niż owoce i warzywa. Wyjątek stanowią otręby zbożowe, np. owsiane. W owsie związki fenolowe reprezentowane są przez wolne kwasy fenolowe, estry i glikozydy kwasów fenolowych oraz flawonole. W nasionach gryki oznaczono flawonoidy, takie jak: rutyna, kwercetyna, orientyna, izorientyna, witeksyna i izowiteksyna w sumarycznej ilości ok. 93 mg/100 g. W kaszach gryczanych, zarówno jasnych (nieprażonych), jak i ciemnych (prażonych) stwierdzono występowanie tylko dwóch flawonoidów: rutyny i izowiteksyny. Zawartość tych związków kształtuje się średnio na poziomie 18,8 mg/100 g w kaszach nieprażonych i 4,0 mg/100 g – w kaszach prażonych [5, 6].

Celem pracy była ocena wpływu różnych sposobów obróbki hydrotermicznej na zawartość składników odżywczych i bioaktywnych w wybranych sortymentach ryżu i kasz dostępnych na rynku polskim.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiły wybrane sortymenty kasz, tj. gryczana („BIO”, nieprażona, prażona) i jęczmienna (pęczak, Mazurska perłowa drobna, Mazurska perłowa średnia, Mazurska perłowa gruba) oraz ryżu: biały (długoziarnisty „parboiled” – preparowany termicznie, długoziarnisty, basmati) i brązowy („parboiled”, naturalny) zakupionych w sklepach detalicznych na terenie Krakowa.

Tabela 1. Masa surowca i ilość wody użytej w trakcie obróbki hydrotermicznej, w zależności od rodzaju surowca i sposobu obróbki

Table 1. Quantity of raw material and volume of water used during hydrothermal treatment depending on type of raw materials and processing method

Produkt Product	Sposób obróbki Treatment method	Masa surowca Quantity of raw material [g]	Ilość wody Volume of water [dm ³]
Kasza gryczana Buckwheat groats	na sypko / loose-grains	300	0,45
	na gęsto / densely	300	0,66
	na półgęsto / half densely	300	0,96
Kasza jęczmienna 'Pearl' Barley Groats	na sypko / loose-grains	300	0,72
	na gęsto / densely	300	0,81
	na półgęsto / half densely	300	1,11
Ryż biały White rice	na sypko / loose-grains	300	0,63
	na gęsto / densely	300	0,27 + 0,54 (30 min)
	na półgęsto / half densely	300	0,37 + 0,74 (30 min)
Ryż brązowy Brown rice	na sypko / loose-grains	300	0,72
	na gęsto / densely	300	0,81
	na półgęsto / half densely	300	1,11

Kasze oraz ryż poddawano obróbce wstępnej, która obejmowała: przesiewanie, przebieranie i płukanie. Przebieranie wykonywano ręcznie, usuwano ziarna nieobłuszczone, poczerńnię, nasiona chwastów i plewy. Płukanie stosowano tuż przed obróbką cieplną kasz. Zastosowano trzy sposoby obróbki hydrotermicznej materiału różniące się ilością wody użytej w trakcie procesu (tab. 1).

Gotowanie na sypko

Do odmierzonej ilości wrzącej wody wsypywano kaszę/ryż, mieszano, zagotowywano, ogrzewano, ostrożnie mieszając do momentu wchłonięcia wody, następnie naczynie z kaszą/ryżem wstawiano do piekarnika i zapiekano w temp. 90 ÷ 100 °C do uzyskania miękkości konsumpcyjnej (ok. 30 min).

Gotowanie na gęsto i półgęsto

Kaszę/ryż zalewano 1/3 częścią letniej wody przeznaczonej do gotowania, mieszano i pozostawiano na 30 min do momentu wchłonięcia wody, następnie dodawano resztę odmierzonej ilości wrzącej wody i gotowano do momentu uzyskania miękkości konsumpcyjnej.

W procesie gotowania kasz i ryżu używano naczyń ze stali nierdzewnej oraz trzonu kuchennego elektrycznego REDFOX SPL-33EM (RM Gastro, Czechy), natomiast zapiekanie prowadzono w pojemnikach GN2/3-65 w piecu konwekcyjno-parowym, model 228128 (Hendi, Austria).

Wydajność procesu obliczano jako iloraz masy końcowej produktu (po zabiegach hydrotermicznych) do masy wyjściowej surowca po obróbce wstępnej i wyrażano w [%].

Oznaczenie zawartości suchej masy wykonywano metodą wagową według PN-ISO 712:2012 [17] przy użyciu suszarki Venticell 55Plus. Zawartość białka oznaczano metodą pośrednią Dumasa według PN-EN ISO 16634-1:2008 [18], przy użyciu urządzenia TruSpec N (Leco, USA). Ilość azotu przeliczano na zawartość białka, stosując współczynnik 5,9. Zawartość tłuszczu oznaczano według procedury własnej, metodą ekstrakcyjno-wagową. Około 2 g próbki mieszano z ziemią okrzemkową LecoDry (Leco, USA) w ilości ok. 1 g i umieszczano w gilzie ekstrakcyjnej. Ekstrakcję prowadzono przy użyciu analizatora TFE 2000 (Leco, USA), parametry ekstrakcji z użyciem ciekłego dwutlenku węgla o czystości 4,6: temperatura próbki 100 °C, ciśnienie robocze ok. 62 MPa, szybkość przepływu 2 l/min (w przeliczeniu na CO₂ po dekompresji), czas ekstrakcji statyczny – 15 min, dynamiczny – 35 min. Zawartość związków mineralnych w postaci popiołu oznaczano metodą mineralizacji na sucho według PN-EN ISO 2171: 2010 [19] w piecu muflowym, model LE6/11/B150 (Nabertherm, Niemcy) w atmosferze utleniającej w temp. 900 °C. Zawartość błonnika ogółem oznaczano metodą enzymatyczno-wagową AOAC 991.43 [2], polegającą na trawieniu próbki α -amylazą, proteazą i amyloglukozydazą. Stosowano enzymy i procedurę firmy Megazyme (Irlandia). Poprawność oznaczeń błonnika pokarmowego metodą enzymatyczną weryfikowano za pomocą „Zestawu kontrolnego TDF” firmy Megazyme.

Zawartość polifenoli ogółem oznaczano w ekstraktach metanolowo-acetonowych według Swain i Hillis [28], z zastosowaniem odczynnika Folina-Ciocalteu’a (Sigma) i wyrażano jako ekwiwalent kwasu galusowego (GAE) w mg/100 g świeżej masy próbki. Potencjał antyoksydacyjny oznaczano w ekstraktach metanolowo-acetonowych metodą Re i wsp. [21], jako zdolność wygaszania rodnika ABTS^{•+} i wyrażano jako ekwiwalent troloxu (TE) w μ mol/g próbki. Ekstrakty metanolowo-acetonowe do oznaczania zawartości polifenoli ogółem oraz aktywności antyoksydacyjnej wykonywano według Bartonja i wsp. [3].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 10. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (Anova). Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana ($p = 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Skład chemiczny zbóż zależy od wielu czynników, spośród których za najważniejsze uważa się warunki atmosferyczne i uprawowe, w tym szczególnie nawożenie oraz odmianę. Podczas obróbki termicznej produktów zbożowych błonnik wchodzący w skład zewnętrznej okrywy ziarna ulega zmiękczeniu, białko – denaturacji, skrobia wchłania wodę, pęcznieje i ulega rozklejeniu. W przypadku kasz czy ryżu następuje

znaczny przyrost ich masy i objętości. Przyczynia się to do zwiększenia wydajności procesu. Kasza gryczana wykazuje najmniejszy przyrost objętości, gdyż jej ziarniaki nie zawierają warstwy aleuronowej bogatej w białko, a ziarna skrobiowe są najmniej [30]. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że wydajność potrawy była zależna od sposobu gotowania. Średnia wydajność gotowania kasz w zależności od sposobu wynosiła odpowiednio [%]: w przypadku kaszy gryczanej (metoda gotowania na sypko, na półgęsto, na gęsto) – 167,0, 235,1 i 326,8, kasz jęczmiennych – 201,7, 272,3 i 351,5, a ryżu – 219,8, 268,7 i 294,3. Kasze jęczmienne wiązały najwięcej wody niezależnie od sposobu gotowania (tab. 2). Jak podaje Zalewski [30], średni przyrost masy kasz gryczanych gotowanych na sypko wynosi 110 %, na gęsto – 200 % i na półgęsto – 300 %, a kasz jęczmiennych odpowiednio [%]: 200, 250 i 350. Rzedzicki i Wirkiowska [25] wykazali wodochłonność przetworów jęczmiennych na poziomie od 110,7 % (kasza jęczmienna) do 174,6 % (płatki jęczmienne). Produkty jęczmienne należy zaliczyć do tzw. *hot meals*, wymagających każdorazowo gotowania przed spożyciem. Takie produkty uzyskują bowiem pełną wodochłonność dopiero po skleikowaniu skrobi i denaturacji białka. W produktach wysoko przetworzonych zmianom wodochłonności towarzyszą zawsze zmiany rozpuszczalności suchej masy. Te cechy produktów są ze sobą ściśle powiązane, dlatego produkty o większej wodochłonności charakteryzują się mniejszą rozpuszczalnością suchej masy i odwrotnie [23].

Sucha masa surowego materiału zawierała się w zakresie $87,2 \div 92,4$ g/100 g (tab. 3). Zbliżone wyniki przedstawili Tyburcy (86,9 g/100 g) [29] i Rzedzicki (86,4 g/100 g) [23] w przypadku ryżu białego. Natomiast Heinemann i wsp. [11] w ryżu brązowym i brązowym „parboiled” oznaczyli odpowiednio: 87,4 i 87,9 g suchej masy w 100 g produktu.

Obróbka kulinarna ziaren ryżu spowodowała statystycznie istotne zmniejszenie zawartości suchej masy w produkcie. W ryżu gotowanym na sypko i na półgęsto oznaczono blisko trzykrotnie mniej suchej masy (odpowiednio: $35,9 \div 37,9$ g/100 g i $28,3 \div 35,7$ g/100 g). Istotnie mniej suchej masy stwierdzono w ryżu gotowanym na gęsto ($23,4 \div 30,9$ g/100 g) (tab. 3). Zmniejszenie zawartości suchej masy w tych produktach wynosiło $60 \div 70$ %. Podobne obserwacje odnotowali Poritosh i wsp. [20]. Stwierdzili oni, że pod wpływem obróbki kulinarnej zawartość suchej masy zmniejsza się o $69 \div 93$ %.

Podobne tendencje wystąpiły w przypadku kasz jęczmiennych. Podczas przygotowywania kasz gryczanych dodawano mniejsze ilości wody, dlatego końcowa zawartość suchej masy była większa w porównaniu z pozostałymi badanymi produktami.

Tabela 2. Wydajność procesu gotowania kasz i ryżu różnymi sposobami

Table 2. Boiling efficiency of groats and rice using different methods

Produkt Product	Sposób gotowania Boiling method	Wydajność Efficiency [%]
Kasza gryczana BIO BIO buckwheat groats	B	150,6
	C	214,7
	D	326,7
Kasza gryczana nieprażona Non-roasted buckwheat groats	B	175,6
	C	251,7
	D	337,5
Kasza gryczana prażona Roasted buckwheat groats	B	176,6
	C	238,8
	D	316,3
Kasza jęczmienna pęczak 'Pearl' barley groats	B	225,1
	C	238,0
	D	330,3
Kasza jęczmienna drobna Barley groats, fine-sized grains	B	275,7
	C	280,2
	D	327,8
Kasza jęczmienna średnia Barley groats, medium-sized grains	B	259,2
	C	303,5
	D	400,7
Kasza jęczmienna gruba Barley groats, coarse-sized grains	B	246,7
	C	267,6
	D	347,2
Ryż biały „parboiled” Parboiled white rice	B	216,8
	C	238,8
	D	280,1
Ryż biały długoziarnisty Long grain white rice	B	223,3
	C	302,1
	D	365,4
Ryż biały basmati White Basmati rice	B	215,7
	C	281,4
	D	244,2
Ryż brązowy „parboiled” Brown parboiled rice	B	223,8
	C	266,9
	D	278,1
Ryż brązowy naturalny Natural brown rice	B	219,4
	C	254,4
	D	303,7

Objaśnienia / Explanatory notes:

B – na sypko / loose-grains, C – na półgęsto / half densely, D – na gęsto / densely.

Tabela 3. Zawartość wybranych składników odżywczych w kaszach i ryżu poddanych różnym procesom kulinarnym [g/100 g produktu]

Table 3. Content of selected nutrients in groats and rice subjected to different culinary processes [g/100g of wet weight]

Produkt Product	Sposób gotowania Boiling method	Sucha masa Dry matter	Białko Protein	Tłuszcz Fat	Składniki mineralne w postaci popiołu Mineral compounds in the form of ash
Kasza gryczana BIO BIO buckwheat groats	A	88,70 ^d ± 0,11	12,5 ^d ± 0,09	3,0 ^d ± 0,12	2,0 ^d ± 0,01
	B	43,80 ^c ± 1,13	5,6 ^c ± 0,36	1,4 ^c ± 0,02	0,45 ^c ± 0,02
	C	34,40 ^b ± 0,28	4,7 ^b ± 0,09	1,0 ^b ± 0,04	0,26 ^b ± 0,0
	D	26,50 ^a ± 0,74	3,7 ^a ± 0,15	0,71 ^a ± 0,01	0,16 ^a ± 0,02
Kasza gryczana nieprażona Non-roasted buckwheat groats	A	89,30 ^d ± 0,05	12,9 ^d ± 0,11	3,3 ^d ± 0,03	1,9 ^d ± 0,01
	B	43,90 ^c ± 0,29	5,8 ^c ± 0,02	1,4 ^c ± 0,05	0,42 ^c ± 0,04
	C	34,40 ^b ± 1,71	5,4 ^b ± 0,01	0,8 ^b ± 0,02	0,27 ^b ± 0,02
	D	25,50 ^a ± 0,58	3,7 ^a ± 0,06	0,58 ^a ± 0,03	0,15 ^a ± 0,01
Kasza gryczana prażona Roasted buckwheat groats	A	90,70 ± 0,12	13,1 ^d ± 0,32	3,3 ^d ± 0,18	1,9 ^d ± 0,01
	B	47,20 ± 1,22	6,6 ^c ± 0,3	1,2 ^c ± 0,09	0,51 ^c ± 0,02
	C	35,80 ± 1,03	5,4 ^b ± 0,12	1,0 ^b ± 0,03	0,28 ^b ± 0,01
	D	27,70 ± 0,11	3,9 ^a ± 0,08	0,78 ^a ± 0,02	0,17 ^a ± 0,0
Kasza jęczmienna pęczak 'Pearl' barley groats	A	87,20 ^c ± 0,02	11,7 ^d ± 0,12	1,4 ^d ± 0,02	0,91 ^b ± 0,01
	B	35,90 ^b ± 0,15	6,0 ^c ± 0,12	0,24 ^a ± 0,0	0,15 ^c ± 0,01
	C	34,40 ^b ± 1,38	4,8 ^b ± 0,06	0,27 ^b ± 0,01	0,14 ^c ± 0,01
	D	25,05 ^a ± 1,89	3,7 ^a ± 0,08	0,3 ^c ± 0,03	0,08 ^a ± 0,01
Kasza jęczmienna drobna Barley groats, fine-sized grains	A	87,70 ^d ± 0,01	9,9 ^c ± 0,04	1,3 ^d ± 0,02	0,86 ^b ± 0,02
	B	30,20 ^c ± 0,59	3,7 ^b ± 0,05	0,24 ^c ± 0,0	0,10 ^d ± 0,01
	C	28,00 ^b ± 0,20	3,6 ^b ± 0,02	0,20 ^b ± 0,0	0,09 ^c ± 0,01
	D	21,70 ^a ± 0,22	2,9 ^a ± 0,02	0,18 ^a ± 0,01	0,06 ^a ± 0,0
Kasza jęczmienna średnia Barley groats, medium-sized grains	A	88,80 ^d ± 0,07	10,6 ^d ± 0,06	3,2 ^c ± 0,06	0,90 ^d ± 0,0
	B	30,70 ^c ± 0,05	3,7 ^c ± 0,03	0,3 ^b ± 0,02	0,11 ^c ± 0,0
	C	28,90 ^b ± 0,57	3,5 ^b ± 0,03	0,22 ^a ± 0,0	0,09 ^b ± 0,01
	D	21,00 ^a ± 0,26	2,5 ^a ± 0,02	0,21 ^a ± 0,01	0,05 ^a ± 0,0
Kasza jęczmienna gruba Barley groats, coarse-sized grains	A	89,0 ^d ± 0,02	11,5 ^c ± 0,01	1,1 ^c ± 0,06	1,1 ^d ± 0,02
	B	32,60 ^c ± 0,37	3,9 ^b ± 0,01	0,3 ^b ± 0,0	0,12 ^c ± 0,0
	C	30,90 ^b ± 0,25	3,8 ^b ± 0,03	0,28 ^a ± 0,01	0,10 ^b ± 0,0
	D	23,40 ^a ± 0,06	3,1 ^a ± 0,0	0,28 ^a ± 0,01	0,06 ^a ± 0,01
Ryż biały „parboiled” Parboiled white rice	A	87,9 ^d ± 1,28	7,6 ^c ± 0,13	0,4 ^b ± 0,07	0,6 ^d ± 0,00
	B	37,1 ^b ± 0,16	2,5 ^a ± 0,00	0,1 ^a ± 0,02	0,2 ^b ± 0,00
	C	31,0 ^c ± 0,07	3,1 ^b ± 0,05	0,1 ^a ± 0,00	0,2 ^c ± 0,00
	D	28,9 ^a ± 0,41	2,4 ^a ± 0,03	< LOQ	0,1 ^a ± 0,00

Ryż biały długoziałisty Long grain white rice	A	87,5 ^d ± 0,00	7,1 ^d ± 0,07	0,6 ^b ± 0,04	0,4 ^d ± 0,01
	B	37,4 ^c ± 0,81	3,2 ^c ± 0,03	0,1 ^a ± 0,00	0,1 ^c ± 0,00
	C	28,3 ^b ± 0,74	2,4 ^b ± 0,01	0,1 ^a ± 0,00	0,1 ^b ± 0,00
	D	23,4 ^a ± 0,09	2,0 ^a ± 0,05	< LOQ	0,1 ^a ± 0,00
Ryż biały basmati White Basmati rice	A	88,0 ^d ± 0,04	8,5 ^d ± 0,186	0,5 ^b ± 0,07	0,3 ^c ± 0,02
	B	36,7 ^c ± 0,42	3,7 ^c ± 0,02	0,1 ^a ± 0,00	0,1 ^b ± 0,00
	C	29,6 ^b ± 0,01	3,0 ^b ± 0,02	0,1 ^a ± 0,00	0,1 ^a ± 0,00
	D	23,8 ^a ± 0,40	2,4 ^a ± 0,00	< LOQ	0,1 ^a ± 0,00
Ryż brązowy „parboiled” Brown parboiled rice	A	88,5 ^d ± 0,13	8,1 ^d ± 0,07	2,7 ^c ± 0,12	1,1 ^d ± 0,00
	B	37,9 ^c ± 0,03	3,6 ^c ± 0,00	1,0 ^b ± 0,00	0,5 ^c ± 0,00
	C	32,0 ^b ± 0,25	3,0 ^b ± 0,01	0,8 ^a ± 0,01	0,4 ^b ± 0,00
	D	30,9 ^a ± 0,19	2,8 ^a ± 0,04	0,8 ^a ± 0,00	0,4 ^a ± 0,00
Ryż brązowy naturalny Natural brown rice	A	92,4 ^b ± 6,34	7,3 ^c ± 0,06	2,5 ^{bc} ± 0,05	1,3 ^c ± 0,04
	B	35,9 ^a ± 0,72	3,1 ^b ± 0,00	0,7 ^{ab} ± 0,01	0,5 ^b ± 0,00
	C	35,7 ^a ± 0,94	3,0 ^b ± 0,00	0,8 ^b ± 0,01	0,5 ^b ± 0,00
	D	28,7 ^a ± 0,79	2,4 ^a ± 0,04	0,6 ^a ± 0,03	0,4 ^a ± 0,00

Objaśnienia / Explanatory notes:

A – surowe / raw, B – na sypko / loose-grains, C – na półgęsto / half densely, D – na gęsto / densely.

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly at $p < 0,05$;

< LOQ – wartość poniżej granicy oznaczalności wynoszącej dla tej metody 0,1 g/100 g / < LOQ value below the limit of quantification ratio, which is 0.1 g/100 g for this method.

Kasze gryczane zawierały istotnie więcej białka, średnio – 12,8 g/100 g, natomiast jęczmień – 10,9 g/100 g. Spośród badanych rodzajów ryżu największą zawartością białka charakteryzował się ryż biały basmati surowy (8,5 g/100 g). Pozostałe rodzaje ryżu nieprzetworzonego zawierały istotnie mniej tego składnika (7,1 ÷ 8,1 g/100 g) – tab. 3. Wyniki te są zbliżone do podanych przez Ziarno i Zarebę [32]. Według tych autorek ryż biały zawiera 6,7 g białka w 100 g produktu, a brązowy – 7,1 g. Heinemann i wsp. [11] wskazują, że zawartość białka w ryżu brązowym wynosi 6,8 g w 100 g, a w ryżu brązowym „parboiled” – 6,78 g/100 g. Rzedzicki i Kondziel-ska [24] analizowali skład chemiczny płatków ryżowych i stwierdzili, że zawarte w nich białko stanowi 7,8 % s.m. Znacznie mniejszą zawartość tego składnika (4,7 ÷ 5,69 g/100 g) w płatkach oznaczyli Rufián- Henares i wsp. [22].

Zastosowane metody obróbki kulinarnej spowodowały zmniejszenie zawartości tego składnika. W ryżu białym długoziałistym ilość białka zmniejszyła się nawet do poziomu 2 g/100 g. Na zmniejszenie zawartości białka w ryżu pod wpływem obróbki hydrotermicznej wskazują również badania, które przeprowadzili Poritosh i wsp. [20]. Zbliżone wyniki otrzymali także Maras i wsp. [14]. Kuakoon i wsp. [13] analizowali zawartość białka w 30 odmianach ryżu uprawianego w Tajlandii (w różnych warun-

kach środowiskowych) i stwierdzili, że jego poziom zawierał się w zakresie $6 \div 12$ g/100 g s.m.

Tłuszcz jest źródłem energii dla organizmu człowieka, jak również stanowi składnik budulcowy ścian komórkowych. Ponadto tłuszcz jest rozpuszczalnikiem i aktywatorem witamin A, D, E i K. Optymalna zawartość tłuszczu w diecie powinna dostarczać ok. $25 \div 30$ % energii [7]. Surowy ryż brązowy „parboiled” cechował się największą zawartością tłuszczu (3,1 g/100 g). W pozostałych sortymentach ryżu nieprzetworzonego było go $0,4 \div 2,7$ g/100 g (tab. 3). Nieznacznie mniej tłuszczu (2,6 g/100 g) oznaczyli Heinemann i wsp. [11] w ryżu brązowym oraz brązowym „parboiled”. Natomiast Zhou i wsp. [31] wskazują, że w 100 g ryżu brązowego znajduje się średnio 1,75 g tłuszczu. Podobną zawartość oznaczyły Ziarno i Zaręba [32]: w 100 g ryżu brązowego było 1,98 g tłuszczu, a w ryżu białym – 0,7 g/100 g.

Obróbka kulinarna ziaren ryżu spowodowała statystycznie istotne zmniejszenie zawartości lipidów w produkcie od wartości 0,1 g/100 g (poniżej progu oznaczalności) do 1,0 g/100 g. Tłuszcz jest składnikiem nierozpuszczalnym w wodzie, jednak zmniejszenie jego zawartości pod wpływem zastosowanej obróbki hydrotermicznej było znaczne. Podobne ilości tłuszczu w ugotowanym białym ryżu oznaczyli Poritosh i wsp. [20].

Popiół jest produktem pozostałym po całkowitym spaleniu substancji organicznych w produktach żywnościowych w takich warunkach, w jakich nie następuje rozkład chlorków i utlenianie się chloru. W zależności od tworzących go pierwiastków nadaje produktom charakter kwasowy bądź zasadowy. Największą zawartością popiołu charakteryzowały się kasze gryczane ($1,9 \div 2,0$ g/100 g), natomiast kasze jęczmienne i ziarno ryżu zawierały go średnio o ponad połowę mniej ($0,3 \div 1,3$ g/100 g) – tab. 3. Andersson i wsp. [1] dowiedli, że w ziarnach jęczmienia pozbawionego łuski znajduje się średnio 2 % popiołu.

Obróbka kulinarna spowodowała istotne zmniejszenie zawartości popiołu w analizowanych produktach. Najmniej popiołu stwierdzono w gotowanych kaszach jęczmiennych i ryżu pozbawionym łuski (białym „parboiled”, długoziarnistym i basmati) – $0,05 \div 0,5$ g/100 g, zaś kasze gryczane oraz ryż brązowy (wszystkie rodzaje) zawierały go istotnie więcej – $0,15 \div 0,51$ g/100 g (tab. 3).

Składniki włókna pokarmowego nie są rozkładane przez enzymy trawienne, więc ich rola jako źródła energii w racji pokarmowej jest znikoma ($8,3 \div 12,6$ kJ/g). W przewodzie pokarmowym włókno wiąże wiele substancji (w tym cholesterol i kwasy żółciowe) oraz wpływa na trawienie innych składników diety [9]. W surowych ziarnach ryżu największą zawartość błonnika ogółem oznaczono w ryżu brązowym ($5,1 \div 8,2$ g/100 g), natomiast w pozostałych, nieprzetworzonych rodzajach ryżu, jego zawartość była znacznie mniejsza i wahała się od poziomu poniżej LOQ w zakresie $0,1 \div 1,4$ g/100 g (tab. 4).

Tabela 4. Zawartość błonnika ogółem, związków fenolowych oraz aktywność antyoksydacyjna w kaszach i ryżu w zależności od ich obróbki hydrotermicznej

Table 4. Contents of total fibre, phenolic compounds, and antioxidant activity in groats and rice depending in their hydrothermal treatment

Produkt Product	Metoda gotowania Boiling method	Błonnik ogółem [g/100 g produktu] Total fibre [g/100 g of product]	Związki fenolowe [mg/100g produktu] Phenolic compounds [mg/100g of product]	Aktywność antyoksydacyjna [mmol TE/g produktu] Antioxidant activity [mmol TE/g of product]
Kasza gryczana BIO BIO buckwheat groats	A	1,2 ^d ± 0,04	42,3 ^d ± 1,3	4,50 ^{ab} ± 0,39
	B	0,41 ^c ± 0,02	9,9 ^c ± 0,5	4,50 ^b ± 0,24
	C	0,24 ^b ± 0,01	5,7 ^b ± 0,2	3,70 ^a ± 0,01
	D	0,10 ^a ± 0,02	4,4 ^a ± 0,4	3,80 ^{ab} ± 0,27
Kasza gryczana nieprażona Non-roasted buckwheat groats	A	1,1 ^d ± 0,02	54,7 ^d ± 1,2	3,50 ^b ± 0,03
	B	0,32 ^c ± 0,03	9,1 ^c ± 1,5	2,80 ^a ± 0,18
	C	0,21 ^b ± 0,02	7,0 ^b ± 0,5	3,00 ^a ± 0,07
	D	0,11 ^a ± 0,02	5,2 ^a ± 0,1	3,10 ^a ± 0,20
Kasza gryczana prażona Roasted buckwheat groats	A	1,1 ^d ± 0,02	28,4 ^d ± 1,1	3,50 ^b ± 0,05
	B	0,41 ^c ± 0,02	13,6 ^c ± 0,3	3,00 ^a ± 0,16
	C	0,19 ^b ± 0,01	9,8 ^b ± 0,4	3,10 ^{ab} ± 0,14
	D	0,11 ^a ± 0,0	6,3 ^a ± 0,2	3,10 ^a ± 0,15
Kasza jęczmienna pęczak 'Pearl' barley groats	A	1,1 ^d ± 0,03	21,2 ^d ± 0,9	4,10 ^b ± 0,54
	B	0,33 ^c ± 0,02	9,3 ^c ± 0,5	3,00 ^a ± 0,10
	C	0,14 ^b ± 0,0	3,4 ^b ± 0,1	3,00 ^a ± 0,10
	D	0,06 ^a ± 0,0	1,9 ^a ± 0,2	2,80 ^a ± 0,32
Kasza jęczmienna drobna Barley groats, fine-sized grains	A	1,1 ^d ± 0,05	17,8 ^d ± 0,8	3,90 ^b ± 0,01
	B	0,21 ^c ± 0,01	2,7 ^b ± 0,4	2,30 ^a ± 0,29
	C	0,18 ^b ± 0,01	4,5 ^c ± 0,3	2,40 ^a ± 0,10
	D	0,10 ^a ± 0,01	1,8 ^a ± 0,1	2,60 ^a ± 0,06
Kasza jęczmienna średnia Barley groats, medium-sized grains	A	1,1 ^d ± 0,01	21,2 ^c ± 0,9	4,10 ^d ± 0,05
	B	0,29 ^c ± 0,0	3,4 ^b ± 0,4	2,90 ^c ± 0,00
	C	0,17 ^b ± 0,02	3,4 ^b ± 0,2	2,90 ^b ± 0,01
	D	0,08 ^a ± 0,0	2,6 ^a ± 0,1	2,70 ^a ± 0,01
Kasza jęczmienna gruba Barley groats, coarse-sized grains	A	0,99 ^d ± 0,01	15,8 ^d ± 1,0	4,30 ^b ± 0,96
	B	0,25 ^c ± 0,01	4,3 ^c ± 0,2	2,80 ^a ± 0,33
	C	0,15 ^b ± 0,01	2,7 ^b ± 0,4	2,30 ^a ± 0,35
	D	0,09 ^a ± 0,0	1,7 ^a ± 0,1	2,60 ^a ± 0,11
Ryż biały „parboiled” Parboiled white rice	A	1,1 ^c ± 0,02	22,4 ^c ± 1,5	1,73 ^b ± 0,07
	B	0,4 ^b ± 0,04	9,5 ^b ± 0,8	1,62 ^a ± 0,02
	C	< LOQ	8,9 ^b ± 0,4	1,73 ^b ± 0,05
	D	0,4 ^b ± 0,01	6,0 ^a ± 0,6	1,72 ^b ± 0,03

Ryż biały długoziarnisty Long grain white rice	A	$1,4^b \pm 0,16$	$60,7^d \pm 2,1$	$1,61^a \pm 0,02$
	B	< LOQ	$25,1^c \pm 1,0$	$1,65^a \pm 0,09$
	C	< LOQ	$8,5^a \pm 0,4$	$1,61^a \pm 0,09$
	D	$0,1^a \pm 0,05$	$10,9^b \pm 0,6$	$1,68^a \pm 0,05$
Ryż biały basmati White Basmati rice	A	< LOQ	$33,4^b \pm 1,2$	$1,66^c \pm 0,12$
	B	< LOQ	$4,9^a \pm 0,1$	$1,43^b \pm 0,03$
	C	< LOQ	$4,7^a \pm 0,2$	$1,65^c \pm 0,06$
	D	< LOQ	$4,4^a \pm 0,1$	$1,26^a \pm 0,06$
Ryż brązowy „parboiled” Brown parboiled rice	A	$8,2^b \pm 0,24$	$101,4^d \pm 2,3$	$1,64^b \pm 0,03$
	B	$1,3^a \pm 0,76$	$34,2^c \pm 1,0$	$1,71^c \pm 0,02$
	C	$2,4^a \pm 0,08$	$25,8^b \pm 0,7$	$1,56^a \pm 0,05$
	D	$1,6^a \pm 0,20$	$14,0^a \pm 0,2$	$1,56^a \pm 0,05$
Ryż brązowy naturalny Natural brown rice	A	$5,1^b \pm 1,29$	$94,7^d \pm 1,7$	$1,53^a \pm 0,01$
	B	$2,0^a \pm 0,12$	$13,4^c \pm 0,5$	$1,62^{ab} \pm 0,05$
	C	$1,3^a \pm 0,19$	$10,0^b \pm 0,4$	$1,66^b \pm 0,06$
	D	$1,9^a \pm 0,11$	$8,1^a \pm 0,2$	$1,65^b \pm 0,09$

Objaśnienia jak pod tab. 3. / Explanatory notes as in Tab. 3.

Według Góreckiej i wsp. [10] w ryżu białym długoziarnistym, białym „parboiled” oraz dzikim zawartość błonnika wynosi odpowiednio [g/100 g produktu]: 4,23, 4,04 i 12,57. Natomiast Paczkowska i Kunachowicz [16] oznaczyły w 100 g nieprzetworzonego ryżu białego 2,5 g substancji balastowych, a w ryżu brązowym – ok. 9 g.

Zastosowana obróbka hydrotermiczna spowodowała istotne zmiany zawartości substancji balastowych. W przypadku ryżu białego długoziarnistego oraz brązowego „parboiled” nastąpiło zmniejszenie udziału błonnika ogółem w suchej masie produktu. Zbieżne obserwacje odnotowała Górecka i wsp. [10]. Maras i wsp. [14] stwierdzili, że w 100 g ryżu brązowego po obróbce hydrotermicznej znajduje się 2 g błonnika, a w ryżu białym – ok. 1 g. Z kolei Poritosh i wsp. [20] wykazali, że średnia zawartość błonnika w ugotowanym ryżu białym wynosi 1,3 g/100 g produktu.

Zawartość związków fenolowych w surowcach nieprzetworzonych była istotnie zróżnicowana w zależności od sortymentu. Najmniejsze ilości tych składników występowały w kaszach gryczanych, jęczmiennych i w ryżu łuskanym ($15,8 \div 60,7$ mg/100 g), natomiast największe – w ryżu brązowym: $94,7 \div 101,4$ mg/100 g (tab. 4). Zastosowane zabiegi kulinarne spowodowały istotne zmniejszenie zawartości tych związków w produktach gotowych do spożycia. Redukcja poziomu związków fenolowych w kaszach jęczmiennych i gryczanych przekroczyła połowę ich wyjściowej ilości (średnio o 55,2 i 57,7 %), natomiast w ryżu – średnio o 43,7 %. W większości przypadków największa redukcja polifenoli nastąpiła podczas obróbki na gęsto. Sensoy i wsp. [26] badali zawartość związków polifenolowych i stwierdzili zwiększenie zawartości tych związków pod wpływem obróbki hydrotermicznej. Zawartość związków

fenolowych zwiększała się od 3,9 mg/100 g w temp. 23 °C do 13,2 mg kw. gallusowego/100 g w temp. 150 °C podczas ogrzewania mikrofalowego. Wpływ procesu hydrotermicznego na zawartość polifenoli oraz na aktywność antyoksydacyjną materiału roślinnego zależy od rodzaju surowca roślinnego. Zieliński i wsp. [35] zaobserwowali 5-krotny wzrost zawartości dominującego kwasu ferulowego w surowcu zbożowym po procesie ekstruzji. Cechą szczególną ziarniaków gryki jest znacząca zawartość komponentów wykazujących specyficzną biologiczną aktywność. Są to m.in. flawonoidy, kwasy fenolowe, skondensowane taniny, fitosterole i fagopiryny [12]. Flawonoidy stanowią jednak główną grupę naturalnych składników antyoksydacyjnych występujących w ziarniakach gryki [15]. Stępińska i wsp. [27] badali wpływ obróbki termicznej na zawartość polifenoli ogółem oraz flawonoidów w ziarniakach gryki i stwierdzili, że obróbka termiczna w niewielkim stopniu wpływa na zmiany ich zawartości.

W badaniach własnych surowce charakteryzowały się średnią aktywnością antyoksydacyjną mierzoną na podstawie wygaszania wolnego rodnika ABTS^{•+} na poziomie 3,98 µmol TE/g (tab. 4). Największą pojemnością antyoksydacyjną wśród materiału nieprzetworzonego charakteryzowały się kasze gryczane i jęczmienne (3,5 ÷ 4,5 µmol TE/g), a wśród nich wyróżniającą aktywnością (4,5 µmol TE/g) odznaczała się kasza gryczana „BIO”. Znacznie mniejszą aktywność wykazywał ryż (1,53 ÷ 1,73 µmol TE/g). Zastosowane procesy obróbki hydrotermicznej wpłynęły na obniżenie aktywności antyoksydacyjnej kasz gotowych do spożycia w stosunku do produktu surowego. Największym obniżeniem pojemności antyoksydacyjnej w stosunku do surowca charakteryzowała się kasza jęczmienna gruba, gotowana na gęsto (o 46,5 %). Jedynym produktem, w którym nie wykazano zmian właściwości antyoksydacyjnych pod wpływem obróbki kulinarnej była kasza gryczana „BIO”. Zarówno w surowcu, jak i w produkcie gotowanym na sypko aktywność antyoksydacyjna wynosiła 4,5 µmol TE/g (tab. 4). Według Sensoy i wsp. [26] potencjał antyoksydacyjny kaszy gryczanej nieprażonej i prażonej wynosił odpowiednio: 2,13 i 2,14 µmol TE/g. Większość związków zaliczanych do grupy antyoksydantów wykazuje wysoki stopień labilności i małą odporność na czynniki środowiska, dlatego procesy przetwórcze powodują znaczne ich straty. Na przykład ogrzewanie produktów roślinnych w wodzie powoduje stosunkowo szybkie przenikanie ciepła do wnętrza tkanek, co z kolei jest przyczyną dłuższego wyeksponowania na ten czynnik całej objętości przetwarzanego produktu i dużych strat przeciwutleniaczy [8]. Stępińska i wsp. [27] przeprowadzili badania z wykorzystaniem kationorodnika ABTS^{•+} i stwierdzili, że ziarniak gryki po obróbce cieplnej wykazywały istotne zmniejszenie pojemności antyoksydacyjnej w stosunku do ziarniaków nieprzetworzonych. Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowany proces termiczny może sprzyjać obniżeniu pojemności antyoksydacyjnej ekstraktów gryczanych uzyskanych w 80-procentowym metanolu. Sensoy i wsp. [26] również stwierdzili, że prażenie w temp. 200 °C przez 10 min obniża aktywność antyoksydacyjną ziarniaków gryki,

natomiast prowadzony w temp. 170 °C proces ekstruzji nie przyczynia się do jej zmniejszenia. Zielińska i wsp. [34] badali pojemność antyoksydacyjną nasion gryki przed obróbką hydrotermiczną i po jej przeprowadzeniu. Zastosowali dwie metody polegające na badaniu zdolności ekstraktów buforowych i metanolowych (80-procentowych) do neutralizowania anionorodników ponadtlenkowych i w obu doświadczeniach wykazali zmniejszenie pojemności antyoksydacyjnej. Zieliński i wsp. [35] zaobserwowali 5-krotny wzrost zawartości dominującego kwasu ferulowego w surowcu zbożowym po procesie ekstruzji. Termiczna obróbka jęczmienia i owsa wyraźnie obniżyła aktywność ekstraktów zbożowych w porównaniu z materiałem wyjściowym [33]. Sensoy i wsp. [20] badali wpływ przetwarzania gryki na zawartość związków antyoksydacyjnych. Nie wykazali znaczących zmian pojemności antyoksydacyjnej w badanym materiale. Surowe nasiona gryki charakteryzowały się aktywnością antyoksydacyjną na poziomie 2,14 $\mu\text{mol TE/g}$ próbki, ekstrudowane – 2,12, a prażone – 1,85 $\mu\text{mol TE/g}$. Podczas ogrzewania w powietrzu wewnątrz produktu ma temperaturę niższą niż powierzchnia, co powoduje mniejsze straty antyoksydantów, dlatego też zalecane jest gotowanie surowców roślinnych przy udziale pary (lepiej przenosi ciepło i skraca czas obróbki cieplnej) [8].

Wnioski

1. Stwierdzono stosunkowo dużą wydajność zastosowanych zabiegów hydrotermicznych, którym poddano badane sortymenty kasz i ryżu, w szeregu wzrastającym: kasze gryczane < ryż < kasze jęczmienne. Sucha masa uległa w największym stopniu zmniejszeniu w produktach gotowanych na sypko.
2. Zawartość białka w badanych sortymentach surowca istotnie różniła się. Największe zmniejszenie zawartości tego składnika pod wpływem obróbki kulinarnej wykazano w kaszach gryczanych, natomiast najmniejsze – w ryżu.
3. Gotowanie kasz i ryżu, niezależnie od sposobu, wpłynęło istotnie na zmniejszenie zawartości tłuszczu oraz popiołu w największym stopniu w ryżu, szczególnie pozbawionym łuski typu biały basmati.
4. Zawartość błonnika pokarmowego uległa istotnemu zmniejszeniu pod wpływem stosowanych zabiegów hydrotermicznych. W kaszach gryczanych i jęczmiennych zmniejszenie przekroczyło 50 %, a w różnych sortymentach ryżu zbliżyło się do 30 %.
5. Obróbka hydrotermiczna, szczególnie metodą na gęsto, wpłynęła na istotne obniżenie poziomu związków fenolowych, które w kaszach jęczmiennych i gryczanych przekroczyło 50 %.
6. Największą pojemnością antyoksydacyjną materiału nieprzetworzonego charakteryzowały się kasze gryczane (szczególnie kasza „BIO”) i jęczmienne. Generalnie

zastosowane procesy obróbki kulinarnej obniżały aktywność antyoksydacyjną kasz gotowych do spożycia.

Pracę zrealizowano i sfinansowano w ramach DS./ 3707/15/KTGik UR w Krakowie.

Literatura

- [1] Andersson A.A.M., Andersson R., Autio K., Aman P.: Chemical composition and microstructure of two naked waxy barleys. *J. Cereal Sci.*, 1999, **30**, 183-191.
- [2] AOAC: Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 15th ed. Ed. K. Herlich. AOAC, Washington, DC, USA, 1990.
- [3] Bartoń H., Fołta M., Zachwieja Z.: Zastosowanie metod FRAP, ABTS i DPPH w badaniu aktywności antyoksydacyjnej produktów spożywczych. *Nowiny Lek.*, 2005, **74** (4), 510-513.
- [4] Czerwińska D.: Ryżowe pole do popisu. *Przegl. Gastr.*, 2005, **7-8**, 8-9.
- [5] Dietrych-Szóstak D., Oleszek W.: Zawartość związków flawonoidowych w kaszy gryczanej po ugotowaniu. *Mat. II Konf. Nauk. „Żywność a zdrowie”*, Łódź 1999.
- [6] Dietrych-Szóstak D., Oleszek W.: Obróbka technologiczna a zawartość antyoksydantów w przetworach gryczanych. *Przem. Spoż.*, 2001, **1**, 42-43.
- [7] Gawęcki J., Hryniewiecki L.: Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2007, ss. 69-312.
- [8] Gumul D., Korus J., Achremowicz B.: Wpływ procesów przetwórczych na zawartość przeciwutleniającą surowców pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **4** (45) Supl., 41-48.
- [9] Górecka D.: Błonnik pokarmowy. Znaczenie żywieniowe i technologiczne. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2008, **11**, 23.
- [10] Górecka D., Korczak J., Heś M., Szymadera-Buszka K., Flaczyk E., Czachor G.: Wpływ obróbki termicznej ryżu na zawartość i skład błonnika pokarmowego. *Żyw. Człow. Met.*, 2007, **3/4**, 1206-1210.
- [11] Heinemann R.J.B., Fagundes P.L., Pinto E.A., Panteado M.V.C., Lafner-Marquez U.M.: Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. *J. Food Compos. Anal.*, 2005, **18**, 287-296.
- [12] Krkoskova B., Mrazova G.: Prophylactic components of buckwheat. *Food Res. Int.*, 2005, **38**, 561-565.
- [13] Piyachomkwan K., Chatakanonda P., Wansuksri R., Sriroth K.: Grain quality index for evaluating the textural properties of cooked rice. In: *Starch: Progress in structural studies, modifications and applications*. Eds. P. Tomasik, E. Bertoft. Oddział Małopolski PTTŻ, Kraków 2004, pp. 235-244.
- [14] Maras J.E., Newby P.K., Bakun P.J., Ferrucci L., Tucker K.L.: Whole grain intake: The Baltimore longitudinal study of aging. *J. Food Compos. Anal.*, 2009, **22**, 53-58.
- [15] Oomah B.D., Mazza G.: Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. *J. Agric Food Chem.*, 1996, **44**, 1746-1750.
- [16] Paczkowska M., Kunachowicz H.: Wpływ błonnika pokarmowego na wykorzystanie zawartych w żywności składników mineralnych. *Żyw. Człow. Met.*, 2006, **4**, 364-371.
- [17] PN-EN ISO 712:2012. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności. Metoda odwoławcza.

- [18] PN-EN ISO 16634-1:2008. Produkty żywnościowe. Oznaczanie całkowitej zawartości azotu przez spalanie zgodnie z zasadą Dumas i obliczanie zawartości białka ogólnego. Część 1: Nasiona roślin oleistych i pasze.
- [19] PN-EN ISO 2171:2010. Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i ich przetwory. Oznaczanie zawartości popiołu metodą spalania.
- [20] Poritosh R., Tsutomu I., Hiroshi O., Daisuke N., Takahiro O., Nobutaka N., Takeo S.: Effect of processing conditions on overall energy consumption and quality of rice (*Oryza sativa* L.). J. Food Eng., 2008, **89**, 343-348.
- [21] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol. Med., 1999, **26** (9-10), 1231-1237.
- [22] Rufián-Henares J.A., Delgado-Andrade C., Morales F.J.: Analysis of heat- damage indices in breakfast cereals: influence of composition. J. Cereal Sci., 2006, **43**, 63-69.
- [23] Rzedzicki Z.: Badania składu chemicznego wybranych błyskawicznych zbóż śniadaniowych. Bromat. Chem. Toksykol., 2005, **38**, 141-146.
- [24] Rzedzicki Z., Kondzielska L.: Charakterystyka składu chemicznego wybranych nisko przetworzonych zbóż śniadaniowych ze szczególnym uwzględnieniem frakcji błonnika pokarmowego. Bromat. Chem. Toksykol., 2006, **1**, 39-47.
- [25] Rzedzicki Z., Wirkijowska A.: Charakterystyka składu chemicznego przetworów jęczmiennych ze szczególnym uwzględnieniem składu frakcyjnego błonnika pokarmowego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, **1** (56), 52-64.
- [26] Sensoy I., Rosen T., Ho C.T., Karwe M.V.: Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. Food Chem., 2006, **99**, 388-393.
- [27] Stępińska K., Soral-Śmietana M., Zieliński H., Michalska A.: Wpływ obróbki termicznej na skład chemiczny i właściwości przeciwutleniające ziarniaków gryki. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **5** (54), 66-76.
- [28] Swain T., Hillis W.E.: The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. J. Sci. Food. Agric., 1959, **10**, 63-68.
- [29] Tyburcy A.: Znaczenie zbóż w żywieniu człowieka. Przegl. Zboż. Młyn., 2007, **4**, 9-10.
- [30] Zalewski S.: Podstawy technologii gastronomicznej. WNT, Warszawa 2011.
- [31] Zhou Z., Robards K., Helliwell S., Blanchard C.: Composition and functional properties of rice. Int. J. Food Sci. Technol., 2002, **37**, 849-868.
- [32] Ziarno M., Zaręba D.: Ryż - cenny składnik żywności. Przem. Spoż., 2008, **5**, 22-26.
- [33] Zieliński H., Kozłowska H.: Antioxidant activity and total phenolic in selected cereal grains and their different morphological fractions. J. Agric Food Chem., 2000, **48**, 2008-2016.
- [34] Zielińska D., Szawara-Nowak D., Ornatowska A., Wiczkowski W.: Use of cyclic voltammetry, photochemiluminescence, and spectrophotometric methods for the measurement of the antioxidant capacity of buckwheat sprouts. J. Agric. Food Chem., 2007, **55** (24), 9891-9898.
- [35] Zieliński H., Michalska A., Piskula M.K., Kozłowska H.: Antioxidants in thermally treated buckwheat groats. Mol. Nutr. Food Res., 2006, **50** (9), 824-832.

EFFECT OF HYDROTHERMAL TREATMENT ON CONTENT OF NUTRIENTS AND BIOACTIVE COMPONENTS IN GROATS AND RICE**S u m m a r y**

The objective of the research study was to assess the effect of different hydrothermal treatment methods (which differed in the volume of the water consumed) on the content of nutrients and bioactive components in the selected varieties of groats and rice available in the Polish market. The highest losses were reported when those raw materials were boiled using a 'loose-grains' method; the average dry mass losses were as follows: buckwheat groats: 8.5 %; barley groats: 6.3 % ; rice: 6.3 %. The content of protein was significantly differentiated and depended on the type of the raw material. The highest hydrothermal treatment-dependent decrease in the content of this component was found in the buckwheat groats and the lowest in the rice. Irrespective of the boiling method, the boiling of groats and rice resulted in the significant decrease in the content of lipids and mineral compounds in the form of ashes. The highest decrease in the level of those components was reported in rice (in particular in the de-hulled Basmati rice). The content of dietary fibre was significantly reduced; this was the effect of hydrothermal treatment. As for the buckwheat and barley groats, the reduction reported was, respectively, 55.5 % and 57.1 %, and as for the various rice types: 28.4 % on average. The hydrothermal treatment processes caused the contents of phenolic compounds to significantly decrease, especially those that consumed the highest volumes of water (the so called 'dense cooking method'); as regards the barley and buckwheat groats, that decrease exceeded 50 % of the initial amount of those components. The buckwheat and barley groats, and among them the BIO buckwheat groats, were characterised by the highest antioxidative capacity of the unprocessed material. In most cases, the methods of culinary treatment processes applied impacted the decrease in the antioxidative activity of the processed groats compared to the raw material.

Key words: groats, rice, nutritional value, hydrothermal treatment, bioactive components 