

Mgr inż. Patrycja KOMOLKA
 Prof. dr hab. Danuta GÓRECKA
 Mgr inż. Marta DUDZIAK

Katedra Technologii Żywności Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

WPŁYW OBRÓBKII TERMICZNEJ MARCHWI I ZIEMNIAKÓW NA ZAWARTOŚĆ BŁONNIKA POKARMOWEGO I JEGO FRAKCJI®

The effect of thermal processing of carrot and potato on their content
 of dietary fiber and its fractions®

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczące zmian zawartości błonnika pokarmowego i jego frakcji w marchwi i ziemniakach pod wpływem obróbki cieplnej, tj. gotowania w wodzie i parze oraz pieczenia. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że analizowane warzywa charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem pod względem zawartości błonnika pokarmowego i poszczególnych frakcji. Zawartość błonnika pokarmowego pod wpływem obróbki cieplnej zmieniła się.

This article presents the results of research on changes in the content of dietary fiber and its fractions in carrots and potatoes under the influence of heat treatment, such as boiling, steaming and baking. On the basis of these results, it was found that the vegetables selected for the study were characterized by high diversification of dietary fiber and the fractions, and the change in dietary fiber under the influence of heat treatment.

WPROWADZENIE

Wzrost zainteresowania żywnością o właściwościach prozdrowotnych spowodował, że błonnik pokarmowy stał się przedmiotem licznych badań. Według definicji zaopiniowanej przez Komisję Codex Alimentarius [6] błonnik pokarmowy oznacza polimery węglowodanów zawierające więcej niż 10 monomerycznych jednostek, które nie są hydrolizowane przez enzymy w jelicie cienkim człowieka. Zgodnie z definicją zaproponowaną przez DeVries [7] do błonnika zaliczane są: celuloza, hemicelulozy, pektyny, modyfikowana celuloza, polifruktany (inulina i oligofruktany), niestrawne dekstryny, polidekstroza, metyloceluloza, hydroksypropylometyloceluloza, skrobia oporna, gumy, śluzy, lignina, woski, kutyny, fityniany, saponiny, taniny, suberyny [7, 14], a także chityna [21]. Kłasyfikując błonnik pokarmowy pod względem jego rozpuszczalności wyróżnia się błonnik rozpuszczalny (SDF), do którego należą pektyny, β -glukany, gumy, śluzy i niektóre hemicelulozy oraz błonnik nierozpuszczalny (IDF), w skład którego wchodzi celuloza, lignina oraz niektóre hemicelulozy [12]. Biorąc pod uwagę masę cząsteczkową, błonnik można podzielić na wysokocząsteczkowy błonnik pokarmowy (HMWDF) oraz niskocząsteczkowy błonnik pokarmowy (LMWDF) [21].

Badania epidemiologiczne wskazują, że błonnik pokarmowy ma szerokie oddziaływanie prozdrowotne – pobudza on pracę przewodu pokarmowego i zwiększa masę kału, zapobiega zaparciom, otyłości, obniża poziom glukozy i cholesterolu we krwi, zmniejsza ryzyko powstawania chorób układu krążenia i nowotworów okrężnicy [3]. Fizjologiczne oddziaływanie błonnika pokarmowego na organizm człowieka zależy nie tylko od ilości błonnika w diecie, ale również od jego składu frakcyjnego [10, 11].

Podczas procesów technologicznych, w tym obróbki wstępnej oraz termicznej, zachodzą między innymi zmiany w zawartości błonnika pokarmowego i jego właściwościach funkcjonalnych [9], co ma istotne znaczenie w przewidywaniu oddziaływania błonnika pokarmowego w przewodzie pokarmowym człowieka.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu obróbki termicznej na zawartość błonnika pokarmowego i jego frakcji w marchwi i ziemniakach.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły marchew (*Daucus carota*) odmiany *Dolanka* (M[S] – marchew surowa cała) i ziemniaki (*Solanum tuberosum*) odmiany *Augusta* (Z[S] – ziemniaki surowe całe). Warzywa poddano obróbce wstępnej polegającej na myciu, obieraniu i rozdrabnianiu surowca. Do badań używano surowców nieobranych całych, obranych całych i obranych rozdrobnionych. Stosowano następujące metody obróbki cieplnej: gotowanie w wodzie (M[W]nc – marchew nieobrana cała gotowana w wodzie, M[W]oc – marchew obrana cała gotowana w wodzie, M[W]or – marchew obrana rozdrobniona gotowana w wodzie, Z[W]nc – ziemniaki nieobrane całe gotowane w wodzie, Z[W]oc – ziemniaki obrane całe gotowane w wodzie, Z[W]or – ziemniaki obrane rozdrobnione gotowane w wodzie), gotowanie w parze wodnej (M[P]nc – marchew nieobrana cała gotowana na parze, M[P]oc – marchew obrana cała gotowana na parze, M[P]or – marchew obrana rozdrobniona gotowana na parze, Z[P]nc – ziemniaki nieobrane całe gotowane na parze, Z[P]oc – ziemniaki obrane całe gotowane na parze, Z[P]or – ziemniaki obrane rozdrobnione gotowane na parze).

i pieczenie (Z[Pi]nc – ziemniaki nieobrane całe pieczone, Z[Pi]oc – ziemniaki obrane całe pieczone, Z[Pi]or – ziemniaki obrane rozdrobnione pieczone).

Gotując surowce w wodzie, uwzględniano zalecany stosunek produktu do wody wynoszący odpowiednio: 1:1 (v/v) dla ziemniaków i 2:1 (v/v) dla marchwi. Obróbkę cieplną rozpoczynano od wody wrzącej. Proces gotowania prowadzono w temperaturze 100°C do momentu uzyskania pełnej miękkości produktów. Obróbkę cieplną w parze wodnej i pieczenie prowadzono w piecu konwekcyjnym, typ Rational Combi-Steamer CCC. Gotowanie w parze wodnej odbywało się w strumieniu pary o temperaturze 100°C, przy maksymalnej częstotliwości wtrysku pary wodnej (1/s), a pieczenie prowadzono przy cyrkulacji gorącego powietrza w temperaturze 200°C, również do momentu uzyskania pełnej miękkości produktów. Produkt suszono w liofilizatorze typ Alpha 1-4 LSC, a następnie rozdrabniano w młynku nożowym typ Grindomix GM 200.

W liofilizacie oznaczano zawartość całkowitego błonnika pokarmowego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF) metodą Asp'a [2]. Jest to enzymatyczno-grawimetryczna metoda, polegająca na trawieniu próbki *in vitro* enzymami, a następnie zważeniu niestrawionej pozostałości. Metoda ta obejmuje następujące etapy:

- ▶ trawienie skrobi termostabilną α -amylazą (15 min),
- ▶ inkubację z pepsyną w kwaśnym środowisku (pH = 1,5) – 1 godz.,
- ▶ inkubację z pankreatyną w obojętnym środowisku (pH = 6,8) – 1 godz.

Zawartość neutralnego detergentowego błonnika pokarmowego (NDF), składającego się z celulozy, hemicelulozy i ligniny, kwaśnego detergentowego błonnika (ADF), składającego się z ligniny i celulozy, oraz kwaśnej detergentowej ligniny (ADL) oznaczono metodą Van Soest'a [18, 19], zmodyfikowaną przez McQueen'a i Nicholson'a [17]. Modyfikacja ta polega na potraktowaniu próby termostabilną α -amylazą, w celu strawienia skrobi. Jest to szybka grawimetryczna metoda, w której frakcje błonnika pokarmowego izoluje się przy użyciu trzech detergentów, o charakterze obojętnym i kwaśnym. Polega ona na gorącej ekstrakcji prób z użyciem detergentowych roztworów, odpowiednich dla oznaczanej frakcji błonnika pokarmowego, a następnie suszeniu i spalaniu prób oraz zważeniu pozostałości.

Uzyskane wyniki stanowią średnią arytmetyczną z trzech powtórzeń i wyrażano je w g/100 g produktu (%). W celu obiektywizacji wnioskowania uzyskane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji przy zastosowaniu testu Scheffego. Za statystycznie istotne uznawano zależności na poziomie istotności $p < 0,05$. Istotne różnice międzygrupowe zaznaczono w tabelach odmiennymi inskrypcjami literaturowymi.

WYNIKI I Dyskusja

Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość błonnika pokarmowego (TDF) była zróżnicowana i wahała się od 2,19% – M[W]nc do 3,89% – M[P]nc – tab. 1. Według Englysta i in. [8] całkowita zawartość błonnika pokarmowego w marchwi wynosi 2,4 g/100 g produktu, co jest

wartością niższą od otrzymanej w badaniach własnych (3,24 g/100 g produktu). Zawartość nierozpuszczalnego błonnika pokarmowego (IDF) w marchwi kształtowała się od 1,22% – M[W]nc do 2,53% – M[P]nc. Otrzymane wyniki zawartości frakcji IDF (2,5 g/100 g produktu) i SDF (0,73 g/100 g produktu) w marchwi surowej są dość zbliżone do wartości podanej przez Kozłowską [15], według której zawartość SDF w marchwi wynosi 0,87 g/100g produktu, natomiast frakcji IDF 1,7 g/100 g produktu.

Tabela 1. Wpływ obróbki termicznej marchwi na zawartość TDF i frakcji błonnika pokarmowego [g/100g produktu]

Table 1. Effect of thermal treatment of carrots on the content of TDF and fiber fractions [g/100g of product]

Rodzaj surowca	IDF	SDF	TDF	IDF/SDF
M[S]	2,50±0,12 ^d	0,73±0,06 ^a	3,24±0,17 ^c	3,42
M[W]nc	1,22±0,07 ^a	0,97±0,03 ^{b,c}	2,19±0,09 ^a	1,26
M[W]oc	2,10±0,18 ^c	1,77±0,09 ^e	3,87±0,14 ^d	1,19
M[W]or	1,69±0,01 ^b	0,85±0,08 ^{a,b}	2,54±0,09 ^{a,b}	1,99
M[P]nc	2,53±0,05 ^d	1,36±0,01 ^d	3,89±0,05 ^d	1,86
M[P]oc	1,30±0,07 ^a	1,34±0,06 ^d	2,64±0,13 ^b	0,97
M[P]or	1,42±0,15 ^{a,b}	1,13±0,08 ^c	2,55±0,19 ^{a,b}	1,26

a-d – wartości liczbowe oznaczone różnymi literami w kolumnie wskazują na różnice statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$;

M[S] – marchew surowa cała, M[W]nc – marchew nieobrana cała gotowana w wodzie, M[W]oc – marchew obrana cała gotowana w wodzie, M[W]or – marchew obrana rozdrobniona gotowana w wodzie, M[P]nc – marchew nieobrana cała gotowana na parze, M[P]oc – marchew obrana cała gotowana na parze, M[P]or – marchew obrana rozdrobniona gotowana na parze.

Źródło: Badania własne

Na zawartość błonnika pokarmowego miał wpływ zarówno rodzaj zastosowanej obróbki cieplnej, jak również forma surowca. Po obróbce cieplnej w wodzie największą zawartością TDF-u cechowała się marchew obrana cała (3,87%), a po obróbce w parze nieobrana cała (3,89%). Według Englysta i in. [8] zawartość TDF w marchwi gotowanej w wodzie wynosi 2,5 g/100 g produktu, a frakcji IDF i SDF, odpowiednio 1,1 g i 1,4 g/100 g produktu. Wyniki te są dość zbliżone do uzyskanych w badaniach własnych.

We wszystkich formach surowca, niezależnie od rodzaju zastosowanej obróbki cieplnej, przeważała frakcja IDF, przy czym najwyższą jej zawartość stwierdzono w marchwi nieobranej całej gotowanej w parze (2,53%) i obranej całej gotowanej w wodzie (2,10%). Największym stosunkiem frakcji IDF/SDF cechowała się marchew surowa (3,42). Zastosowany rodzaj obróbki cieplnej wpłynął również na zmianę zawartości frakcji IDF i SDF, a tym samym na stosunek frakcji IDF/SDF, który w przypadku marchwi gotowanej w wodzie, obranej rozdrobnionej wynosił 1,99, a dla marchwi gotowanej w parze, nieobranej całej – 1,86.

Marchew charakteryzowała się również dużym zróżnicowaniem pod względem zawartości neutralnego detergentowego błonnika pokarmowego (NDF) i poszczególnych frakcji (tab. 2). Istotnie wyższą zawartością NDF-u

Tabela 2. Wpływ obróbki termicznej marchwi na zawartość NDF i jego frakcji [g/100g produktu]

Table 2. Effect of thermal treatment of carrots on the content of NDF and its fractions [g/100g of product]

Rodzaj surowca	NDF	ADF	Hemicelulozy	Celuloza	Lignina
M[S]	1,50±0,11 ^b	1,12±0,07 ^a	0,38±0,04 ^e	0,86±0,08 ^a	0,26±0,03 ^{b,c}
M[W]nc	1,30±0,07 ^a	1,12±0,05 ^a	0,17±0,02 ^b	0,94±0,08 ^{a,b}	0,18±0,03 ^{a,b}
M[W]oc	2,28±0,09 ^c	1,96±0,08 ^b	0,33±0,01 ^d	1,63±0,08 ^a	0,32±0,02 ^{c,d}
M[W]or	1,55±0,02 ^b	1,41±0,03 ^c	0,14±0,01 ^b	1,14±0,05 ^c	0,27±0,03 ^c
M[P]nc	2,23±0,03 ^c	1,93±0,03 ^b	0,30±0,01 ^{c,d}	1,63±0,02 ^d	0,30±0,01 ^{c,d}
M[P]oc	1,42±0,04 ^{a,b}	1,15±0,04 ^a	0,27±0,01 ^c	0,79±0,08 ^a	0,36±0,05 ^d
M[P]or	1,26±0,10 ^a	1,20±0,10 ^a	0,07±0,01 ^a	1,06±0,07 ^{b,c}	0,14±0,02 ^a

a-d – wartości liczbowe oznaczone różnymi literami w kolumnie wskazują na różnice statystycznie istotne przy p≤0,05;

M[S] – marchew surowa cała, M[W]nc – marchew nieobrana cała gotowana w wodzie, M[W]oc – marchew obrana cała gotowana w wodzie, M[W]or – marchew obrana rozdrobniona gotowana w wodzie, M[P]nc – marchew nieobrana cała gotowana na parze, M[P]oc – marchew obrana cała gotowana na parze, M[P]or – marchew obrana rozdrobniona gotowana na parze.

Źródło: Badania własne

cechowała się marchew obrana cała gotowana w wodzie oraz marchew nieobrana cała gotowana w parze, odpowiednio 2,28% i 2,23%. Z badań przeprowadzonych przez Górecką [9] wynika, że warzywa gotowane na parze charakteryzowały się większą zawartością błonnika niż gotowane w wodzie.

Wykazano, że procesy cieplne mają wpływ na zawartość poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego. Frakcją występującą w największej ilości była frakcja celulozowa, której najwyższą zawartość stwierdzono w marchwi obranej całej gotowanej w wodzie oraz nieobranej całej gotowanej w parze (1,63%). Stwierdzono istotnie wyższą zawartość frakcji ligninowej w marchwi nieobranej całej gotowanej w parze (0,30%) w odniesieniu do marchwi nieobranej całej gotowanej w wodzie (0,18%), a także w marchwi obranej rozdrobnionej gotowanej w wodzie (0,27%) w porównaniu do marchwi gotowanej w parze (0,14%). W przypadku frakcji hemicelulozowej odnotowano istotnie wyższą jej zawartość w marchwi obranej całej i rozdrobnionej gotowanej w wodzie niż dla takiej samej formy surowca lecz gotowanego w parze. Na zmianę składu i właściwości funkcjonalne błonnika pokarmowego podczas procesów technologicznych wskazywali również inni autorzy [5]. Wielu autorów zmianę tekstury warzyw i owoców podczas obróbki cieplnej tłumaczy przemianami zachodzącymi w pektynach, które stają się rozpuszczalne i w związku z tym są wypłukiwane podczas gotowania. Według Brandta i in. [4] rozpuszczalność pektyn i hemiceluloz podczas procesów cieplnych jest zależna przede wszystkim od odczynu środowiska, natomiast zawartość celulozy nie ulega zmianie. W badaniach własnych stwierdzono, że obróbka cieplna w wodzie i w parze wpływa na pozorne zwiększenie zawartości celulozy. Również inne źródła potwierdzają, że zawartość celulozy zwiększa się podczas obróbki cieplnej. Herranz i in. [13] zauważyli zwiększoną zawartość ADF-u w gotowanym szpinaku, natomiast Mathee i Appledorf [16] w przypadku kapusty i brukselki. Autorzy ci wiążą przyrost ADF-u i NDF-u ze wzrostem zawartości celulozy, której ilość zwiększała się

wraz z czasem ogrzewania.

Rodzaj zastosowanej obróbki termicznej miał wpływ na całkowitą zawartość błonnika pokarmowego w ziemniakach (tab. 3). Największą zawartością TDF-u cechowały się ziemniaki obrane rozdrobnione gotowane w parze (3,99 g/100 g produktu), najmniejszą zaś ziemniaki obrane rozdrobnione pieczone (1,75 g/100 g produktu). W odniesieniu do ziemniaków surowych istotnie wyższą zawartością błonnika pokarmowego cechowały się ziemniaki po obróbce cieplnej w wodzie i w parze. Biorąc pod uwagę rodzaj zastosowanej obróbki termicznej i formę surowca, to w przypadku ziemniaków gotowanych w wodzie istotnie wyższą zawartością TDF-u cechowały się ziemniaki obrane całe (2,61%), zaś gotowanych w parze – ziemniaki obrane rozdrobnione (3,99%). Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu formy surowca na zawartość TDF podczas procesu pieczenia. Według Englysta i in. [8] zawartość TDF w ziemniakach surowych wynosi 1,2 g/100 g produktu, co jest wartością niższą od uzyskanej w badaniach własnych (2,05 g/100 g produktu).

Tabela 3. Wpływ obróbki termicznej ziemniaków na zawartość TDF i frakcji błonnika pokarmowego [g/100g produktu]

Table 3. Effect of thermal treatment of potatoes on the content of TDF and fiber fractions [g/100g of product]

Rodzaj surowca	IDF	SDF	TDF	IDF/SDF
Z[S]	1,02±0,12 ^a	1,03±0,07 ^{b,c}	2,05±0,06 ^{b,c}	0,99
Z[W]nc	1,10±0,12 ^{a,b,c}	0,91±0,07 ^b	2,01±0,08 ^{a,b,c}	1,21
Z[W]oc	1,46±0,09 ^{d,e}	1,15±0,11 ^c	2,61±0,08 ^d	1,27
Z[W]or	1,40±0,01 ^{c,d,e}	1,06±0,09 ^{b,c}	2,46±0,07 ^d	1,32
Z[P]nc	1,60±0,02 ^{e,f}	0,51±0,04 ^a	2,11±0,02 ^c	3,14
Z[P]oc	1,47±0,11 ^{d,e}	1,00±0,07 ^{b,c}	2,47±0,14 ^d	1,47
Z[P]or	1,87±0,22 ^f	2,13±0,14 ^d	3,99±0,21 ^e	0,88
Z[Pi]nc	1,35±0,01 ^{b-e}	0,59±0,02 ^a	1,94±0,03 ^{a,b,c}	2,29
Z[Pi]oc	1,17±0,10 ^{a-d}	0,60±0,01 ^a	1,77±0,11 ^{a,b}	1,95
Z[Pi]or	1,10±0,04 ^{a,b}	0,65±0,08 ^a	1,75±0,05 ^a	1,69

a-f – wartości liczbowe oznaczone różnymi literami w kolumnie wskazują na różnice statystycznie istotne przy p≤0,05;

Z[S] – ziemniaki surowe całe, Z[W]nc – ziemniaki nieobrane całe gotowane w wodzie, Z[W]oc – ziemniaki obrane całe gotowane w wodzie, Z[W]or – ziemniaki obrane rozdrobnione gotowane w wodzie, Z[P]nc – ziemniaki nieobrane całe gotowane na parze, Z[P]oc – ziemniaki obrane całe gotowane na parze, Z[P]or – ziemniaki obrane rozdrobnione gotowane na parze, Z[Pi]nc – ziemniaki nieobrane całe pieczone, Z[Pi]oc – ziemniaki obrane całe pieczone, Z[Pi]or – ziemniaki obrane rozdrobnione pieczone

Źródło: Badania własne

Proces obróbki cieplnej wpłynął również na zawartość frakcji IDF i SDF. W surowych ziemniakach zawartość frakcji SDF i IDF była bardzo zbliżona, a stosunek frakcji

IDF/SDF wynosił 0,99. W ziemniakach pieczonych można zaobserwować istotne, pozorne obniżenie zawartości frakcji SDF, w porównaniu do ziemniaków surowych oraz gotowanych w wodzie i parze, niezależnie od formy surowca. Najwyższą zawartością frakcji SDF i IDF charakteryzowały się ziemniaki obrane rozdrobnione gotowane w parze, odpowiednio 2,13 g/100 g produktu i 1,87 g/100 g produktu. Z przeglądu literatury wynika, że obróbka technologiczna nasion roślin strączkowych wpływa na wzrost zawartości frakcji IDF [20]. Podobną tendencję zaobserwować można w badaniach własnych w przypadku zawartości frakcji IDF w ziemniakach gotowanych w wodzie i w parze oraz w frakcji SDF w ziemniakach pieczonych.

Po obróbce cieplnej w wodzie istotnie wyższą zawartością frakcji IDF cechowały się ziemniaki obrane całe (1,46%), po procesie pieczenia ziemniaki nieobrane całe (1,35%), a po obróbce cieplnej w parze ziemniaki obrane rozdrobnione (1,87%). W przypadku surowca gotowanego na parze, obranego rozdrobnionego, zawartość frakcji SDF pozornie wzrosła, ponad czterokrotnie w porównaniu do surowca nieobranego całego. Najwyższy stosunek frakcji IDF/SDF stwierdzono dla ziemniaków nieobranych całych gotowanych w parze (3,14), natomiast najniższy dla obranych rozdrobnionych również gotowanych na parze (0,88). W badaniach Englysta i in. [8] zawartość TDF-u w ziemniakach gotowanych w wodzie przez 5 minut kształtowała się na poziomie 2,4 g/100 g produktu, co jest wartością zbliżoną do uzyskanych w badaniach własnych podczas obróbki cieplnej w wodzie prowadzonej do uzyskania pełnej miękkości surowca, a więc przez 25 minut.

Ziemniaki charakteryzowały się także dużym zróżnicowaniem pod względem zawartości neutralnego błonnika po-

karmowego i jego frakcji (tab. 4). Największą zawartością NDF-u i ADF-u cechowały się ziemniaki obrane rozdrobnione gotowane w parze, odpowiednio 1,32% i 1,25%, co potwierdzają również badania Góreckiej [9]. Zastosowana obróbka cieplna wpłynęła w zróżnicowany sposób na zawartość poszczególnych frakcji. Dominującą frakcją w ziemniakach surowych była frakcja hemicelulozowa (0,4%).

Wszystkie zastosowane procesy technologiczne wpłynęły z jednej strony na pozorny przyrost frakcji ligninowej, z drugiej zaś na pozorne obniżenie zawartości frakcji hemicelulozowej w odniesieniu do ziemniaków surowych. Wykazano również istotny, pozorny przyrost frakcji celulozowej po obróbce cieplnej ziemniaków w wodzie. Również nie bez znaczenia był wpływ formy surowca poddanego różnym procesom technologicznym na zawartość frakcji błonnika pokarmowego. Istotnie wyższą zawartością frakcji hemicelulozowej cechowały się ziemniaki nieobrane całe gotowane w parze i pieczone, odpowiednio 0,33% i 0,35% oraz obrane rozdrobnione gotowane w wodzie (0,23%). W przypadku frakcji celulozowej istotnie wyższą jej zawartość stwierdzono w ziemniakach obranych całych gotowanych w wodzie (0,77%) oraz rozdrobnionych gotowanych w parze i pieczonych, odpowiednio 0,46% i 0,29%. Również zawartość frakcji ligninowej zmieniała się w zależności od formy surowca i rodzaju zastosowanej obróbki cieplnej. Istotnie wyższą zawartością tej frakcji cechowały się ziemniaki nieobrane całe gotowane w wodzie (0,56%) oraz obrane całe pieczone (0,68%), a także po gotowaniu na parze, niezależnie od formy surowca.

Według Anderson i Clydesdale [1] przyrost frakcji ligninowej tłumaczony jest tworzeniem się produktów reakcji Maillarda, które oznaczane są wraz z frakcją ligninową.

Tabela 4. Wpływ obróbki termicznej ziemniaków na zawartość NDF i jego frakcji [g/100g produktu]

Table 4. Effect of thermal treatment of potatoes on the content of NDF and its fractions [g/100g of product]

Rodzaj surowca	NDF	ADF	Hemicelulozy	Celuloza	Lignina
Z[S]	0,96±0,04 ^b	0,56±0,04 ^a	0,40±0,00 ^h	0,33±0,06 ^d	0,23±0,04 ^a
Z[W]nc	1,12±0,00 ^{c,d}	1,00±0,01 ^{d,e}	0,11±0,01 ^{c,d}	0,44±0,01 ^e	0,56±0,00 ^c
Z[W]oc	1,05±0,06 ^{b,c}	1,04±0,06 ^e	0,01±0,00 ^a	0,77±0,05 ^g	0,27±0,03 ^a
Z[W]or	1,16±0,06 ^{c,d,e}	0,93±0,04 ^d	0,23±0,03 ^f	0,53±0,00 ^f	0,39±0,04 ^b
Z[P]nc	1,16±0,06 ^{d,e}	0,83±0,03 ^c	0,33±0,03 ^g	0,04±0,01 ^a	0,79±0,03 ^e
Z[P]oc	1,23±0,03 ^{e,f}	1,06±0,02 ^e	0,18±0,01 ^{e,f}	0,28±0,02 ^{c,d}	0,78±0,00 ^e
Z[P]or	1,32±0,03 ^f	1,25±0,03 ^f	0,07±0,01 ^{b,c}	0,46±0,02 ^{e,f}	0,79±0,04 ^e
Z[Pi]nc	0,99±0,03 ^b	0,64±0,02 ^{a,b}	0,35±0,04 ^{g,h}	0,21±0,01 ^{b,c}	0,43±0,01 ^b
Z[Pi]oc	0,85±0,01 ^a	0,83±0,00 ^c	0,02±0,00 ^{a,b}	0,15±0,03 ^b	0,68±0,02 ^d
Z[Pi]or	0,81±0,02 ^a	0,67±0,01 ^b	0,14±0,01 ^{d,e}	0,29±0,01 ^d	0,37±0,01 ^b

a-f – wartości liczbowe oznaczone różnymi literami w kolumnie wskazują na różnice statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$;

Z[S] – ziemniaki surowe całe, Z[W]nc – ziemniaki nieobrane całe gotowane w wodzie, Z[W]oc – ziemniaki obrane całe gotowane w wodzie, Z[W]or – ziemniaki obrane rozdrobnione gotowane w wodzie, Z[P]nc – ziemniaki nieobrane całe gotowane na parze, Z[P]oc – ziemniaki obrane całe gotowane na parze, Z[P]or – ziemniaki obrane rozdrobnione gotowane na parze, Z[Pi]nc – ziemniaki nieobrane całe pieczone, Z[Pi]oc – ziemniaki obrane całe pieczone, Z[Pi]or – ziemniaki obrane rozdrobnione pieczone

Źródło: Badania własne

WNIOSKI

1. Badane surowce charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem pod względem zawartości błonnika pokarmowego i poszczególnych frakcji, przy czym większą zawartością błonnika pokarmowego cechowała się marchew.
2. Obróbka cieplna surowców wpłynęła w istotny sposób na zmianę zawartości błonnika pokarmowego, a kierunek tych zmian był również uzależniony od formy surowca.
3. Istotnie większą zawartością błonnika pokarmowego cechowała się marchew obrana cała gotowana w wodzie oraz nieobrana cała gotowana na parze. Natomiast w przypadku ziemniaków największą zawartość błonnika pokarmowego stwierdzono w surowcu obranym rozdrobnionym gotowanym na parze.
4. Poszczególne surowce cechowały się zróżnicowanym składem frakcyjnym, a dominującą frakcją, niezależnie od zastosowanych procesów technologicznych i formy surowca, była nierozpuszczalna frakcja błonnika pokarmowego.

5. Obróbka cieplna surowców wpłynęła na zmianę zawartości poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego. Stwierdzono istotne, pozorne obniżenie zawartości frakcji hemicelulozowej, a pozorne zwiększenie zawartości frakcji ligninowej i celulozowej po obróbce cieplnej.
6. Zróżnicowana zawartość poszczególnych frakcji w błonniku pokarmowym warzyw będzie determinować fizjologiczne oddziaływanie błonnika w organizmie człowieka.

LITERATURA

- [1] **ANDERSON N. E., CLYDESDALE F. M. 1980.** *Effect of processing on the dietary fiber content of wheat bran, pureed green beans, and carrots.* Journal of Food Science, 45, 1533.
- [2] **ASP N.G., JOHANSSON C.G., HALLMER H., SILJESTROM M. 1983.** *Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 3, 476-482.
- [3] **BABIO N., BALANZA R., BASULTO J., BULLÓ M., SALAS-SALVADÓ J. 2010.** *Dietary fibre: influence on body weight, glycemic control and plasma cholesterol profile.* Nutricion Hospitalaria, 25, 3, 327-340.
- [4] **BRANDT L. M., JELTEMA M. A., ZABIK M. E., JELTEMA B. D. 1972.** *Effects of cooking of varying pH on the dietary fiber components of vegetables.* Journal of Food Science, 49, 900-909.
- [5] **CADDEN A. M. 1987.** *Comparative effects of particle size reduction on physical structure and water binding properties of several plant fibers.* Journal of Food Science, 52 (6), 1595-1599.
- [6] **Codex 2009.** Report on the 30th session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses. ALINORM 09/32/26, Appendix II. Rome: Codex Alimentarius Commission: 46.
- [7] **DEVRIES J.W. 2001.** The definition of dietary fiber. ACC Report Cereal Foods World, 46 (3), 112-129.
- [8] **ENGLYST H. N., BINGHAM S. A., RUNSWICK S.A., COLLINSON E., CUMMINGS J. H. 1988.** *Dietary fibre (non-starch polysaccharides) in fruit, vegetables and nuts.* Journal of Human Nutrition and Dietetics 1: 247-286.
- [9] **GÓRECKA D. 2004.** Zabiegi technologiczne jako czynniki determinujące właściwości funkcjonalne włókna pokarmowego. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rozprawy Naukowe, 344, 1-79.
- [10] **GÓRECKA D. 2008.** *Wpływ sposobu obróbki termicznej warzyw i owoców na właściwości funkcjonalne błonnika pokarmowego.* Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 41 (3), 575-584.
- [11] **GÓRECKA D., DZIEDZIC K., SELL S. 2010.** *Wpływ zabiegów technologicznych stosowanych podczas produkcji kaszy gryczanej na zawartość błonnika pokarmowego.* Nauka. Przyroda. Technologie, 4 (2), 1-9.
- [12] **GÓRECKA D., ANIOŁA J. 2014.** Błonnik pokarmowy. W „Żywność prozdrowotna – składniki i technologia”. Red. J. Czapski, D. Górecka, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań, 100-113.
- [13] **HERRANZ J., VIDAL-VALVERDE C., ROJAS-HIDALGO E. 1983.** *Cellulose, hemicellulose and lignin content in raw and cooked processed vegetables.* Journal of Food Science, 48: 274-275.
- [14] **JONES J. 2000.** *Update on defining dietary fiber.* Cereal Foods World, 45 (5), 219-220.
- [15] **KOZŁOWSKA L. 2010.** *Rola błonnika pokarmowego w utrzymaniu prawidłowej pracy jelit.* Żywność dla zdrowia, 13 (8), 23-27.
- [16] **MATHEE B V., APPELDORF A. 1980.** *Effect of cooking on vegetable fiber.* Journal of Food Science, 45: 336-340.
- [17] **McQUEEN R. E., NICHOLSON J. W. G. 1979.** *Modification of the neutral detergent fiber procedure for cereals and vegetables by using α – amylase.* Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 62: 676-680.
- [18] **Van SOEST P. J. 1963.** *Use of detergents in the analysis fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content.* Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 46: 825-835.
- [19] **Van SOEST P. J. 1967.** *Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents.* Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 50: 50-55.
- [20] **VENNA A., UROOJ A., PUTARAJ S. 1995.** *Effect of processing on the composition of dietary fibre and starch in some legumes.* Nahrung 39, 2, 132-138.
- [21] **WESTENBRINK S., BRUNT K., van DER KAMP J-W. 2013.** *Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data.* Food Chemistry, 140, 562-567.