

Dr inż. Celina WIECZOREK  
Dr inż. Beata BILSKA  
Prof. dr hab. Wiesław PRZYBYLSKI  
Mgr inż. Aldona KLOCEK  
Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności  
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji  
SGGW w Warszawie

## WPŁYW SPOSOBU OBRÓBKIE CIEPLNEJ NA POZIOM POLIFENOLI W ŚWIEŻYCH I MROŻONYCH BROKUŁACH®

*Celem pracy przedstawionej w artykule jest ocena wpływu obróbki cieplnej na poziom polifenoli w brokułach świeżych i mrożonych. W zależności od rodzaju obróbki cieplnej (gotowanie na parze lub w wodzie) oraz założonych parametrów (czas) używano zróżnicowane zawartości polifenoli. Wraz z wydłużeniem czasu gotowania zawartość tych związków uległa zmniejszeniu. Gotowanie na parze w mniejszym stopniu niż gotowanie w wodzie wpłynęło na zmniejszenie zawartości polifenoli w badanym warzywie. Brokuły świeże, niepoddane obróbce cieplnej zawierały o 44% więcej polifenoli niż mrożone.*

**Słowa kluczowe:** polifenole, obróbka cieplna, brokuły.

### WPROWADZENIE

Rozwój wielu niezakaźnych chorób przewlekłych może mieć związek z działaniem tzw. reaktywnych form tlenu (RFT), które zapoczątkowują oksydacyjne zmiany w komórce. RFT reagują z biologicznymi składnikami komórek (lipidy, białka, kwasy nukleinowe, cukry) uszkadzając ich strukturę i zakłócając funkcje [7]. Organizm człowieka do obrony przed RFT wykorzystuje własny układ enzymatyczny oraz endogenne przeciwutleniacze. Istnieją silne dowody na to, że odpowiednia ilość przeciwutleniaczy może minimalizować szkodliwy efekt stresu oksydacyjnego w ludzkim organizmie. Naturalna obrona może zostać wzmocniona przez przeciwutleniacze dostarczane wraz z pożywieniem. Fitozwiązki zawarte w warzywach i owocach mogą neutralizować wolne rodniki. Właściwościami tymi odznacza się wiele substancji pochodzenia roślinnego [11, 13]. Do takich substancji należą polifenole – wtórne metabolity roślinne. Polifenole to grupa ok. 8000 naturalnych substancji roślinnych, które można podzielić pod względem struktury szkieletu węglowego na:

- kwasy hydroksybenzoesowe
- naftochinony
- ksantony
- kwasy hydroksycynamonowe i kumaryny
- flawonoidy
- stilbeny [6, 15].

Właściwości fizyczne, chemiczne, metabolizm oraz aktywność biologiczna polifenoli jest uzależniona od liczby, rodzaju i miejsca położenia podstawników w cząsteczce [6, 15].

Polifenole mają duże znaczenie w żywieniu człowieka. Odznaczają się one właściwościami antyoksydacyjnymi przejawiającymi się zdolnością chelatowania jonów metali

prześciowych (takich jak żelazo i miedź) będących katalizatorami reakcji wolnorodnikowych [10,14], działaniem przeciwalergicznym, przeciwzapalnym, przeciwbakteryjnym, przeciwnowotworowym i przeciwwirusowym [4, 11]. Substancje te hamują wytwarzanie oraz uwalnianie wolnych rodników, mają korzystny wpływ na układ sercowo-naczyniowy. W badaniach naukowych wykazano odwrotną zależność pomiędzy spożyciem polifenoli a częstością występowania choroby niedokrwiennej serca u osób spożywających duże ilości tłuszczu i cholesterolu. Ponadto polifenole zawarte w pożywieniu modyfikują aktywność wielu enzymów. Działają również ochronnie na witaminę E i C [8, 12]. Najszerzej opisaną grupą polifenoli, o dużym znaczeniu dla ochrony organizmu ludzkiego są flawonoidy.

Polifenole są szeroko rozpowszechnione w produktach roślinnych. Ilość polifenoli w codziennej diecie zależy głównie od uwarunkowań klimatycznych i zwyczajów żywieniowych [1]. Rośliny kapustne charakteryzują się dużą zawartością związków bioaktywnych, zróżnicowaną w zależności od rodzaju warzywa. Największe ilości polifenoli znajdują się w jarmużu, brukselce i brokule [12]. Do głównych antyoksydantów występujących w brokule zalicza się flawonoidy i witaminy [11,19]. Brokuł, oprócz właściwości prozdrowotnych, cechuje się atrakcyjnymi walorami organoleptycznymi. Warzywo to najczęściej poddawane jest gotowaniu. Podczas obróbki cieplnej zachodzą przemiany, które w istotny sposób wpływają nie tylko na cechy organoleptyczne produktu, ale również na przemianę związków bioaktywnych i w konsekwencji na właściwości przeciwutleniające [2,19].

**Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu sposobu obróbki cieplnej tj. gotowania na parze lub w wodzie na poziom polifenoli w brokułach świeżych i mrożonych.**

### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły świeże i mrożone brokuły o różach zielonych (*Brassica oleracea var. Italica*). Brokuły

zostały zakupione w kwietniu 2008 r. w hipermarkecie w Warszawie. Brokuły mrożone zostały zakupione w tym samym miejscu pod koniec marca 2008 r. Ze świeżych brokułów odcięto róże, które następnie były ważone, myte i osuszone. Natomiast brokuły mrożone były tylko ważone. Tak przygotowane próbki warzyw o masie 250 g były gotowane na parze lub w wodzie do konsystencji miękkiej lub chrupiącej oraz pozostawione bez obróbki cieplnej. Czas gotowania został ustalony na podstawie sensorycznej oceny konsystencji. Rodzaj, czas i warunki obróbki cieplnej przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1. Rodzaj, czas i warunki obróbki cieplnej**

Rodzaj i warunki obróbki cieplnej	Czas obróbki cieplnej [minuty]	
	brokuły świeże	brokuły mrożone
Gotowanie na parze z wody destylowanej do uzyskania konsystencji chrupiącej	7	8
Gotowanie na parze z wody destylowanej do uzyskania konsystencji miękkiej	16	13
Gotowanie w wodzie destylowanej (1000ml) od wrzątku do uzyskania konsystencji chrupiącej	6	6
Gotowanie w wodzie destylowanej (1000ml) od wrzątku do uzyskania konsystencji miękkiej	13	9,5

Źródło: Badania własne

Próby w całości zostały zhomogenizowane przy pomocy blendera. Następnie pobrano po dwie naważki brokułów o masie 3 g, które poddano procesowi ekstrakcji przy użyciu 80% metanolu. Ekstrakcję prowadzono przez 60 minut w trzech powtórzeniach. Ekstrakty były każdorazowo odwirowywane przez 10 minut w wirówce (3000 obrotów/minutę). W celu oznaczenia całkowitej zawartości związków fenolowych w ekstraktach zastosowano metodę spektrofotometryczną z wykorzystaniem odczynnika Folina-Ciocalteu. Pomiar absorbancji następował przy użyciu spektrofotometru SPECORD 40 przy długości fali 725nm. Krzywa standardowa została sporządzona dla kwasu galusowego.

W celu określenia procentowej zawartości suchej masy, odważono próbki warzyw o wadze 5g, które były suszone w temperaturze 105°C (maksymalny czas suszenia wynosił około 1h). Pomiar wykonano w dwóch powtórzeniach przy pomocy urządzenia do pomiaru wilgotności względnej WPS30S.

Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono za pomocą programu STATGRAPHICS Plus wykorzystując test t-studenta, przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość polifenoli w badanych próbkach brokułów wynosiła od 55 do 223 mg/100g produktu (w przeliczeniu na

kwas galusowy). Zestawienie wyników dotyczących zawartości polifenoli w brokułach świeżych i mrożonych przedstawiono w tabeli 2.

Największą zawartością polifenoli tj. 223 mg/100g produktu odznaczały się brokuły świeże, niepoddane obróbce cieplnej. Mniejsze wartości polifenoli w swoich badaniach otrzymał Roy i wsp. [11] i Chu i wsp. [3], według których świeże warzywa zawierały odpowiednio 164,05 mg/100g i 10,63 mg/100g świeżego produktu. Natomiast badania Becher i wsp. wykazały, że całkowita zawartość polifenoli wynosiła 337 mg/100 g świeżego brokułu [16]. Zawartość składników biologicznie aktywnych w roślinach uzależniona jest od warunków agrotechnicznych, klimatycznych oraz od stopnia dojrzałości warzywa, od odmian, okresu zbiorów [4, 9, 11, 17, 18].

W warzywach świeżych, gotowanych na parze do konsystencji chrupiącej otrzymana wartość wynosiła 183 mg/100g produktu. Natomiast w brokułach gotowanych do konsystencji miękkiej otrzymano niższą zawartość polifenoli. Kolejnym wariantem obróbki cieplnej było gotowanie w wodzie. Wyższą wartość otrzymano w przypadku gotowania do konsystencji chrupiącej, niż do konsystencji miękkiej.

Przeprowadzona analiza statystyczna (test t-student) wykazała różnice istotne statystycznie na poziomie istotności  $\alpha=0,05$  (tab. 2).

**Tabela 2. Zawartość polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy w brokułach świeżych i mrożonych (mg/100g masy)**

Wariant obróbki cieplnej	Zawartość polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy w mg/100g mokrej masy		Zawartość polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy w mg/100g suchej masy	
	Brokuły świeże	Brokuły mrożone	Brokuły świeże	Brokuły mrożone
Surowiec bez obróbki cieplnej	223	125	1940	1275
Gotowanie na parze do konsystencji chrupiącej	183abc	107ac	1361abc	1001ac
Gotowanie na parze do konsystencji miękkiej	143abc	105ac	1325abc	1011ac
Gotowanie w wodzie do konsystencji chrupiącej	138abc	67abc	1309abc	766abc
Gotowanie w wodzie do konsystencji miękkiej	80abc	55abc	1001abc	649abc

a – różnica istotna statystycznie na poziomie istotności  $\alpha=0,05$  w stosunku do surowca niepoddanego obróbce cieplnej

b – różnica istotna statystycznie na poziomie istotności  $\alpha=0,05$  dla zróżnicowanej konsystencji w obrębie tej samej obróbki cieplnej

c – różnica istotna statystycznie na poziomie istotności  $\alpha=0,05$  dla takiej samej konsystencji i zróżnicowanej obróbki cieplnej

Źródło: Badania własne

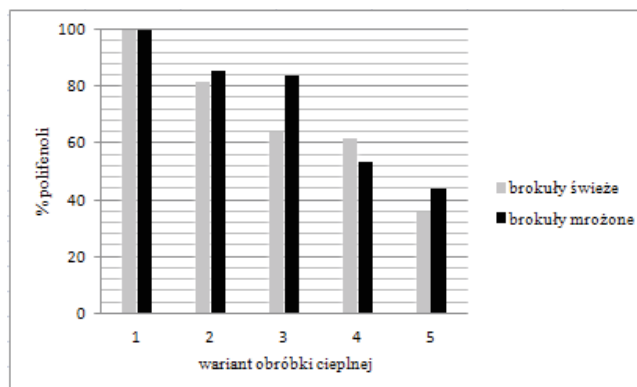
W brokułach mrożonych, niepoddanych obróbce cieplnej otrzymana zawartość polifenoli była znacznie niższa niż w brokułach świeżych (tab. 2). Dla warzyw mrożonych, gotowanych w parze otrzymane wartości wynosiły niewiele ponad 100 mg/100g produktu. Natomiast w przypadku gotowania w wodzie do konsystencji miękkiej i chrupiącej otrzymano znacznie niższe wyniki. Na podstawie analizy statystycznej (test t-student) wykazano różnice istotne statystycznie na poziomie istotności  $\alpha=0,05$  pomiędzy brokułami poddanymi i niepoddanymi obróbce cieplnej. Ponadto stwierdzono różnice dla takiej samej konsystencji i zróżnicowanej obróbki cieplnej (brokuły gotowane w parze i wodzie) oraz różnice istotne statystycznie w przypadku gotowania w wodzie do konsystencji miękkiej lub chrupiącej (tab. 2).

Czynnikiem różnicującym zawartość polifenoli w warzywach był wariant obróbki cieplnej tj. gotowanie na parze i w wodzie oraz czas jej trwania. Największymi zawartościami polifenoli charakteryzowały się warzywa niepoddane obróbce cieplnej. Gotowanie w wodzie było procesem bardziej destruktywnym dla związków polifenolowych niż gotowanie na parze. Obserwacje te potwierdzają liczne badania. Badania Borowskiego i wsp. [2] wykazały, że gotowanie brokułów w wodzie pod przykryciem przez 15 minut spowodowało 12-krotne zmniejszenie zawartości tych związków. W badaniach Gawlik-Dziki [4] gotowanie świeżych brokułów spowodowało zmniejszenie zawartości polifenoli z 2,70 do 1,60 mg/g świeżego produktu. Również Zhang i Hamauzu [19] wykazali ciągłe obniżanie się całkowitej zawartości polifenoli wraz z wydłużaniem czasu gotowania (gotowanie przez 30, 60, 90, 120 i 300 sekund spowodowało zmniejszenie całkowitej zawartości polifenoli o 31,6%, 47,5%, 55,9%, 61,7% i 71,9% w stosunku do świeżego produktu). Przyczyną tego niekorzystnego zjawiska może być migracja związków fenolowych do wody [2,4,19].

Dane literaturowe wskazują, że gotowanie na parze w mniejszym stopniu negatywnie oddziałuje na związki biologicznie czynne, w tym flawonoidy. Vallejo i wsp. [18] wykazali, że gotowanie brokułów na parze spowodowało straty flawonoidów na poziomie 11%. Badania innych autorów dowodzą, że gotowanie na parze powoduje wzrost zawartości związków bioaktywnych [5, 11]. Gliszczyńska-Świągło i wsp. [5] wykazali, że w brokułach gotowanych na parze nastąpił wzrost zawartości flawonoidów i kwasów fenolowych w porównaniu ze świeżym warzywem (wzrost o 52,2%). Roy i wsp. [11] odnotowali wzrost zawartości polifenoli w gotowanych na parze brokułach o 18,2%.

Wraz z wydłużeniem czasu obróbki cieplnej ogólna zawartość polifenoli ulegała zmniejszeniu. Największe straty polifenoli odnotowano w przypadku brokułów świeżych i mrożonych gotowanych w wodzie do konsystencji miękkiej (rys. 1). Natomiast najmniejszy ubytek polifenoli nastąpił w czasie gotowania na parze do konsystencji chrupiącej. Gotowanie w wodzie brokułów świeżych przez 13 minut spowodowało zmniejszenie zawartości polifenoli o 64% w stosunku do zawartości polifenoli w brokułach nie poddanych obróbce cieplnej (gotowanie przez 6 minut – zmniejszenie o 38%). Natomiast gotowanie na parze brokułów świeżych przez 7 minut obniżyło zawartość polifenoli o 18% w stosunku do zawartości polifenoli w surowcu nie poddanym

obróbce cieplnej. Wydłużenie czasu obróbki cieplnej o 9 minut spowodowało zmniejszenie zawartości badanych związków o prawie 36% w stosunku do zawartości polifenoli w surowcu.



**Rys. 1. Procentowa zawartość polifenoli w brokułach świeżych i mrożonych po obróbce cieplnej w stosunku do zawartości polifenoli w surowcu nie poddanym obróbce cieplnej.**

Wariant obróbki termicznej:

- 1 – Surowiec bez obróbki cieplnej
- 2 – Gotowanie w parze do konsystencji chrupiącej
- 3 – Gotowanie w parze do konsystencji miękkiej
- 4 – Gotowanie w wodzie do konsystencji chrupiącej
- 5 – Gotowanie w wodzie do konsystencji miękkiej.

**Źródło:** Badania własne

## WNIOSKI

1. Najwyższą zawartością polifenoli charakteryzowały się brokuły świeże, nie poddane obróbce cieplnej.
2. W zależności od zastosowanej metody obróbki cieplnej (gotowanie na parze i gotowanie w wodzie) uzyskano zróżnicowane zawartości polifenoli. Gotowanie na parze w mniejszym stopniu niż gotowanie w wodzie wpłynęło na obniżenie zawartości polifenoli w warzywach. W przypadku gotowania w wodzie związki polifenolowe prawdopodobnie były wylugowywane do roztworu.
3. W zależności od założonych parametrów obróbki uzyskano zróżnicowane zawartości polifenoli. Wraz z wydłużeniem czasu obróbki cieplnej zawartość związków polifenolowych ulegała obniżeniu.

## LITERATURA

- [1] **AHERNE S.A., O'BRIEN N. M. 2002.** *Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism.* Nutrition, 18 (1), 75-81.
- [2] **BOROWSKI J., BOROWSKA E., SZAJDEK A. 2005.** Wpływ warunków obróbki cieplnej brokułów (*Brassica oleracea* var. *Italica*) na zmiany polifenoli i zdolność zmiatania rodnika DPPH. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, t. XXXVIII, 2, 125-131.
- [3] **CHU Y. F., SUN J., WU X., LIU R. H. 2002.** *Antioxidant and antiproliferative activities of common*



- vegetables. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 50 (23), 6910-6916.
- [4] **GAWLIK-DZIKI U. 2008.** *Effect of hydrothermal treatment on the antioxidant properties of broccoli (Brassica oleracea var. botrytis italica) florets.* Food Chemistry, 109, 393-401.
- [5] **GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO A., CISKA E., PAWLAK-LEMAŃSKA K., CHMIELEWSKI J., BORKOWSKI T., TYRAKOWSKA B. 2006.** *Changes in the content of health – promoting compounds and antioxidant activity of broccoli after domestic processing.* Food Additives and Contaminants, 23 (11), 1088-1098.
- [6] **KUSZNIEREWICZ B., WALSKA L., BARTOSZEK A., NAMIEŚNIK J. 2005.** *Charakterystyka polifenoli: występowanie, właściwości, przegląd metod analitycznych.* Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, XXXVIII, 1, 81-92.
- [7] **LEE S. H., BLAIR I. A. 2001.** *Oxidative DNA damage and cardiovascular disease.* Trends in Cardiovascular Medicine, 11, 148-155.
- [8] **NIJVELDT R. 2000.** *Flavonoids: a review of probable mechanism of action and potential applications.* The American Journal of Clinical Nutrition, 74 (4), 418-425.
- [9] **PODSEDEK A. 2007.** *Natural antioxidants and antioxidant capacity of brassica vegetables: A review.* International Food Science and Technology, 40, 1-11.
- [10] **ROBAK J., ZACHWIEJA Z. 1999.** *Rola polifenoli zawartych w diecie w profilaktyce schorzeń.* Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, XXXII, 3, 215-220.
- [11] **ROY M. K., JUNEJA L. R., ISOBE S., TSUSHIDA T. 2009.** *Steam processed broccoli (Brassica oleracea) has higher antioxidant activity in chemical and cellular assay systems.* Food Chemistry, 114, 263-269.
- [12] **SIKORA E., CIEŚLIK E., LESZCZYŃSKA T., FILIPIAK-FLORKIEWICZ A., PISULEWSKI P. M. 2008.** *The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing.* Food Chemistry, 107, 55-59.
- [13] **TROSZYŃSKA A., HONKE J., KOZŁOWSKA H. 2000.** *Naturalne substancje nieodżywcze (NSN) pochodzenia roślinnego jako składniki żywności funkcjonalnej.* Postępy Fitoterapii, 2, 17-22.
- [14] **WĄSOWICZ W., GROMADZIŃSKA J. 2005.** *Potencjalna rola niektórych antyoksydantów i pierwiastków śladowych w patogenezie choroby nowotworowej.* Żywnienie Człowieka i Metabolizm, XXXII, 32 (1), 34-41.
- [15] **WILSKA-JESZKA J. 2007.** *Polifenole, glukozytolany i inne związki prozdrowotne i antyodżywcze.* (w:) Sikorski Z. (red). Chemia żywności. Składniki żywności. Wyd. WNT, Warszawa.
- [16] **WU X., BEECHER G. R., HOLDEN J. M., HAYTOWITZ D. B., GEBHARDT S. E., PRIOR R. L. 2004.** *Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States.* Journal of Agriculture and Food Chemistry, 52, 4026-4037.
- [17] **VALLEJO F., GARCIA-VIQUERA C., TOMAS BARBERAN F. A. 2003.** *Changes in broccoli (Brassica oleracea L. Var. italica) health-promoting compounds with inflorescence development.* Journal of Agriculture and Food Chemistry, 51, 3776-3782.
- [18] **VALLEJO F., TOMAS BARBERAN F. A., GARCIA-VIQUERA C. 2003.** *Phenolic compound contents and edible parts of broccoli inflorescences after domestic cooking.* Journal of the Science of Food and Agriculture, 83, 1511-1516.
- [19] **ZHANG D., HAMAUZU Y. 2004.** *Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking.* Food Chemistry, 88, 503-509.
- [20] **ZIEMLAŃSKI Ś., WARTANOWICZ M. 2001.** *Rola antyoksydantów żywieniowych w stanie zdrowia i choroby.* (w:) Ziemiański Ś. (red) Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy. Wyd. Lekarskie, PZWL, Warszawa.

## EFFECT OF HEAT TREATMENT ON LEVEL OF POLYPHENOLS IN FRESH AND FROZEN BROCCOLI

### SUMMARY

*Purpose of work was estimate the influence of heat treatment on level of polyphenols in fresh and frozen broccoli. Depending on kind of heat treatment (cooking in steam and cooking in water) and set up parameters (time) got different contents of polyphenols. Contents of this substances has undergone drop along with stretch time of cooking. Cooking in steam in smaller degree than cooking in water has effected drop of contents of polyphenols in vegetables. Fresh, not heat-treated broccoli, included about 44% more polyphenols then frozen.*

**Key words:** polyphenols, heat treatment, broccoli.