

ADAM FLORKIEWICZ

**METODA SOUS-VIDE JAKO ALTERNATYWA DLA TRADYCYJNYCH
METOD GOTOWANIA WARZYW KAPUSTNYCH W KONTEKŚCIE
OGRANICZANIA STRAT ZAWARTOŚCI SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH
I BŁONNIKA POKARMOWEGO**

Streszczenie

Przykładem obróbki hydrotermicznej korzystnej w aspekcie zachowania wartości odżywczej i jakości sensorycznej warzyw kapustnych jest metoda sous-vide. Obejmuje ona pakowanie próżniowe, obróbkę cieplną, a następnie natychmiastowe schłodzenie produktu. Zastosowanie hermetycznego opakowania zapewnia wiele korzyści nie tylko podczas gotowania, ale również w trakcie przechowywania oraz ewentualnego transportu. Z uwagi na wzrastającą popularność metody sous-vide, wiedza o jej wpływie na wartość odżywczą produktów spożywczych jest niezbędna z żywieniowego punktu widzenia.

Celem pracy było porównanie wpływu gotowania metodą sous-vide z innymi tradycyjnie stosowanymi metodami obróbki termicznej warzyw kapustnych, takich jak: kalafior biały, brukselka, kalafior zielony typu Romanesco i brokuły, na zawartość wybranych składników odżywczych i błonnika pokarmowego. Bezpośrednio po obróbce termicznej warzywa schładzano i przechowywano przez 5 dni w kontrolowanej temp. $2 \div 3$ °C w zamkniętych opakowaniach. W warzywach oznaczono zawartość suchej masy, białka, tłuszczu, popiołu, błonnika pokarmowego ogółem oraz jego frakcji rozpuszczalnej. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że zastosowane metody obróbki termicznej warzyw kapustnych znacząco wpłynęły na ich wartość odżywczą. Gotowanie metodą sous-vide, podobnie jak gotowanie na parze, było korzystniejszą formą obróbki, w kontekście zachowania wartości odżywczej warzyw, w stosunku do tradycyjnego gotowania w wodzie. Ponadto metoda sous-vide pozwalała na zachowanie największej ilości włókna pokarmowego, w tym jego frakcji rozpuszczalnej, w porównaniu z pozostałymi technikami.

Słowa kluczowe: metoda sous-vide, warzywa kapustne, gotowanie, składniki odżywcze, błonnik

Wprowadzenie

Obróbka cieplna to, zgodnie z definicją zaproponowaną przez Konarzewską [19], proces poddania półproduktów działaniu wysokiej temperatury i przetworzeniu ich

*Dr inż. A. Florkiewicz, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków.
Kontakt: adam.florkiewicz@urk.edu.pl*

w gotowe potrawy. Rodzaj metody obróbki dobiera się ze względu na wybrane środowisko przewodzące ciepło (woda, tłuszcz, para), zdolność nagrzewania oraz sposób przenoszenia energii cieplnej (przewodzenie, konwekcja, promieniowanie). Podstawowe metody obróbki cieplnej wykorzystywane w gastronomii to gotowanie tradycyjne i na parze, smażenie, duszenie oraz pieczenie. Coraz popularniejsza staje się również metoda "gotowania w próżni", tzw. metoda sous-vide. Obejmuje ona pakowanie próżniowe, obróbkę cieplną, a następnie natychmiastowe schłodzenie produktu i jest uznawana za jedną z najskuteczniejszych metod utrwalania żywności. Pozwala ona na zachowanie walorów smakowych i ograniczenie strat wartości odżywczej. Produkty „gotowane w próżni” zyskały dużą aprobatę ze względu na zachowanie intensywnego smaku i aromatu określanego jako „naturalny”, a także ograniczenie zmian barwy w porównaniu z surowcem. Właściwości sensoryczne gotowych potraw są cenione głównie z powodu ograniczenia utraty wody, co sprawia, że potrawy pozostają soczyste, jak również dzięki zminimalizowaniu rozkładu składników odpowiedzialnych za smak i zapach [14]. Zamknięcie żywności w hermetycznym opakowaniu zapewnia wiele korzyści nie tylko w trakcie procesu gotowania, ale również podczas przechowywania i ewentualnego transportu. Trwałe i szczelne opakowanie uniemożliwia podczas gotowania stratę składników lotnych i związków rozpuszczalnych, takich jak: chlorek sodowy, aminokwasy, kwasy organiczne i nukleinowe, co w rezultacie przyczynia się do większego zachowania smaku, aromatu, jak i tekstury gotowego produktu. Warzywa powinno się przygotowywać w temperaturze powyżej 80 °C [3].

Warzywa kapustowate należą do rodziny roślin krzyżowych (*Cruciferae*). Najczęściej uprawiane są: kapusta głowiasta, kalafior, brukselka, kalarepa, brokuł i jaruz. Charakterystycznymi częściami jadalnymi tych warzyw są liście i łodygi oraz nierozwinięte kwiatostany (w przypadku brokułu i kalafiora). Warzywa te charakteryzują się dużą zawartością składników odżywczych (z wyjątkiem tłuszczu i cukrów prostych), dzięki czemu mają niską wartość energetyczną i są dobrym źródłem błonnika pokarmowego [27]. Obecnie obserwuje się większe zainteresowanie spożywaniem warzyw kapustnych, co jest związane z wartością prozdrowotną tych roślin. Oprócz wymienionego już błonnika (w tym β -glukanów) zawierają one także karotenoidy, związki polifenolowe, glukozynolany oraz witaminę C [4, 6]. Według Institute of Medicine, Food and Nutrition Board [15] spożycie błonnika może zmniejszyć ryzyko choroby wieńcowej i raka. Światowa Organizacja Zdrowia zaleca spożywanie co najmniej 400 g owoców i warzyw dziennie (z wyjątkiem ziemniaków i innych bulw bogatych w skrobię) w celu zapobieżenia przewlekłym chorobom, zapobieżenia i łagodzenia niedoborów wielu mikroskładników, szczególnie w krajach słabiej rozwiniętych.

Z uwagi na rosnącą popularność metody sous-vide, wiedza o jej wpływie na wartość odżywczą ważnych elementów diety jest niezbędna z żywieniowego punktu widzenia.

Celem badań było porównanie wpływu obróbki warzyw kapustnych metodą sous-vide z innymi tradycyjnie stosowanymi metodami gotowania na zawartość wybranych składników odżywczych i błonnika pokarmowego.

Material i metody badań

Cztery popularne warzywa kapustne: kalafior biały, brukselkę, kalafior zielony typu Romanesco i brokuły kupiono w lokalnym supermarkecie. Warzywa (po 5 kg świeżej masy zielonej) pocięto pionowo na cztery lub osiem kawałków. Warzywa surowe (kontrola) podzielono na cztery próby laboratoryjne, z których trzy poddano obróbce metodą sous-vide, metodą tradycyjnego gotowania w wodzie oraz na parze, a czwartą zatrzymano jako próbę kontrolną. Bezpośrednio po obróbce termicznej warzywa schładzano, a połowę z nich przechowywano przez kolejne 5 dni w kontrolowanej temp. $2 \div 3$ °C w zamkniętych opakowaniach. Gotowanie metodą sous-vide prowadzono po uprzednim zapakowaniu próżniowym (z użyciem pakowarki próżniowej VBN-4, RM Gastro, Czechy) w temp. 90 °C przez ok. 45 - 50 min, z zastosowaniem systemu Sous-vide 225 448 (Hendi, Niemcy). Tradycyjne gotowanie prowadzono 10 - 15 min w wodzie destylowanej na kuchni indukcyjnej (Hendi, Niemcy) przy proporcji surowca do wody 1 : 3 (m : V). Gotowanie na parze prowadzono z wykorzystaniem pieca konwekcyjno parowego Retigo Orange Version 6 × GN1/1 | O 611 in (Retigo, Czechy). Po zakończeniu tej części doświadczenia wszystkie próby zamrażano w temp. -20 ± 2 °C w komorze szokowego schładzania RedFox SHS-511 (RM Gastro, Czechy). Po zamrożeniu warzywa natychmiast poddawano liofilizacji z użyciem liofilizatora Christ Alpha 1-4 (Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Niemcy) i mielono w młynku laboratoryjnym Tecator Knifetec 1095 (Foss Tecator, Szwecja) do uzyskania jednorodnego materiału, który przechowywano w warunkach chłodniczych w hermetycznie zamkniętych opakowaniach. Tak przygotowany materiał posłużył do wykonania analiz chemicznych.

Oznaczenie zawartości suchej masy wykonywano metodą wagową według PN-EN ISO 712:2012 [28] przy użyciu suszarki Venticell 55Plus (BMT, Czechy). Oznaczenie zawartości białka wykonywano metodą Dumasa według PN-EN ISO 16634-1:2008 [29] za pomocą urządzenia TruSpec N (LECO, USA). Do przeliczenia zawartości oznaczonego azotu na zawartość białka zastosowano współczynnik 5,9. Oznaczenie zawartości popiołu przeprowadzono zgodnie z PN-EN ISO 2171:2010 [30] za pomocą pieca mufłowego (model LE6/11/B150, Nabertherm, Niemcy). Zawartość błonnika pokarmowego określano metodą enzymatyczno-grawimetryczną AOAC 991.43 (zestaw Megazyme, Megazyme, USA). Poprawność metody została zweryfikowana przy użyciu TDF Controls KIT (Megazyme, USA). Zawartości tłuszczu oznaczano według wewnętrznej procedury badawczej metodą ekstrakcyjno wagową. Poziom tego składnika we wszystkich próbach był bardzo niski i znajdował się poniżej

granicy oznaczalności metody (LOQ = 0,2 g/100 g). Z tego też względu wyników nie przedstawiono w niniejszej pracy. Wydajność obróbki termicznej (wyrażoną w procentach) obliczono jako stosunek masy materiału po obróbce do masy świeżego surowca. Stopień redukcji badanych składników (wyrażony w procentach) obliczano jako iloraz pomiędzy ich zawartością bezwzględną w materiale po procesie technologicznym a zawartością bezwzględną w surowcu świeżym, pomnożony przez względny współczynnik wydajności procesu. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

Uzyskane wyniki zweryfikowano statystycznie przy użyciu jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic między wartościami średnimi szacowano testem Duncana przy $p \leq 0,05$. Do obliczeń zastosowano program Statistica 9 (Stat-Soft, Polska).

Wyniki i dyskusja

Wyniki uzyskane na wszystkich etapach doświadczenia zostały podane w przeliczeniu na świeżą masę surowca po uwzględnieniu wydajności procesu. Ta forma przedstawienia wyników pozwala na ustalenie, czy badane zmiany miały wpływ na retencję poszczególnych składników w materiale poddanym obróbce.

Początkowo obróbka termiczna indukuje ekspansję wewnątrzkomórkowych gazów, powodując mechaniczne zniszczenie komórek. Dalsze ogrzewanie prowadzi do depolimeryzacji pektyny, tworząc substancję pektynową o małej masie cząsteczkowej, która może łatwo rozpadać się, powodując utratę jędrności tkanki warzyw [4, 7, 9].

Zawartość suchej masy kalafiora surowego o róży białej była najmniejsza i wynosiła 8,42 g/100 g (tab. 1). Niższe wartości w granicach 6,96 ÷ 7,22 % podają Rutkowska [31] oraz Gębczyński i wsp. [13] (7,3 g/100 g). Zawartość suchej substancji w kalafiorze typu Romanesco wynosiła 13,95 g/100 g. Niższą średnią wartość wynoszącą 9,61 g/100 g świeżej masy kalafiora Romanesco otrzymali Osińska i wsp. [26]. W badaniach przeprowadzonych przez Gajewskiego [10] poziom suchej masy w kalafiorze o róży zielonej wynosił 9,1 g/100 g. Zastosowane w badaniach procesy wodnotermiczne powodowały w większości przypadków istotne zmiany poziomu suchej masy. Niezależnie od rodzaju warzywa gotowanie w wodzie skutkowało statystycznie istotnym zmniejszeniem zawartości suchej masy (tab. 1). Przyczyną tego zjawiska była z jednej strony zapewne elucja związków rozpuszczalnych do roztworu, z drugiej – wchłanianie niewielkiej ilości wody przez tkanki, co potwierdzono analizą bilansu masy. Zmniejszenie zawartości suchej masy podczas obróbki hydrotermicznej warzyw stwierdzili także Gębczyński [12] oraz Lentas i Witrowa-Rajchert [22]. W przeprowadzonych badaniach straty zawartości suchej masy w warzywach gotowanych w wodzie wynosiły średnio 10,74 %, a wartość maksymalną odnotowano w przypadku kapusty brukselskiej – 14,57 % (rys. 1). Porównywalne straty (na poziomie 12,5 %) podczas

Tabela 1. Zawartość wybranych składników w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [g/100 g ś.m.]

Table 1. Content of selected ingredients in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [g/100 g f.w.]

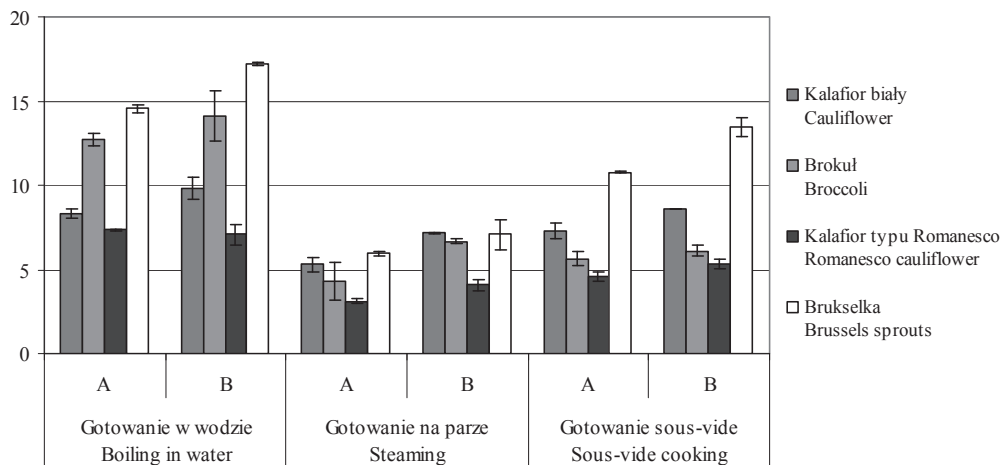
Proces termiczny Thermal process	Składnik Ingredient	Warzywa / Vegetable			
		Kalafior biały Cauliflower	Brokuł Broccoli	Kalafior typu Romanesco Romanesco cauliflower	Brukselka Brussels sprouts
Surowy / Raw		8,42 ^b ± 0,03	12,81 ^b ± 0,27	13,95 ^b ± 0,59	16,05 ^c ± 0,37
Gotowanie w wodzie Boiling in water	A	7,80 ^a ± 0,34	10,89 ^a ± 0,26	12,63 ^a ± 0,15	13,40 ^a ± 0,40
	B	7,68 ^a ± 0,23	10,79 ^a ± 0,12	12,67 ^a ± 0,08	12,99 ^a ± 0,08
Gotowanie na parze Steaming	A	8,67 ^b ± 0,43	14,25 ^c ± 0,39	14,89 ^c ± 0,61	15,40 ^c ± 0,14
	B	8,50 ^b ± 0,14	13,90 ^c ± 0,11	14,89 ^c ± 0,07	15,22 ^c ± 0,12
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking	A	8,22 ^b ± 0,03	12,85 ^b ± 0,51	14,01 ^c ± 0,39	14,25 ^b ± 0,09
	B	8,11 ^b ± 0,08	12,74 ^b ± 0,05	13,90 ^c ± 0,10	13,82 ^b ± 0,11
Surowy / Raw		2,95 ^f ± 0,05	5,52 ^f ± 0,02	4,96 ^e ± 0,04	3,95 ^e ± 0,05
Gotowanie w wodzie Boiling in water	A	2,56 ^c ± 0,01	3,51 ^a ± 0,00	3,85 ^a ± 0,01	3,14 ^b ± 0,05
	B	2,33 ^a ± 0,03	3,79 ^b ± 0,07	3,89 ^a ± 0,08	2,84 ^a ± 0,01
Gotowanie na parze Steaming	A	2,78 ^c ± 0,00	5,30 ^e ± 0,07	4,49 ^c ± 0,06	3,69 ^f ± 0,00
	B	2,67 ^d ± 0,04	5,20 ^e ± 0,06	4,68 ^d ± 0,02	3,50 ^e ± 0,02
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking	A	2,61 ^{cd} ± 0,02	5,04 ^d ± 0,04	4,64 ^c ± 0,07	3,35 ^d ± 0,02
	B	2,41 ^b ± 0,01	4,71 ^c ± 0,01	4,57 ^{cd} ± 0,01	3,24 ^c ± 0,00
Surowy / Raw		0,94 ^e ± 0,00	1,22 ^e ± 0,00	1,36 ^e ± 0,01	1,43 ^f ± 0,00
Gotowanie w wodzie Boiling in water	A	0,84 ^d ± 0,01	0,78 ^a ± 0,01	0,88 ^a ± 0,00	1,05 ^b ± 0,01
	B	0,68 ^a ± 0,00	0,76 ^a ± 0,01	0,87 ^a ± 0,01	0,92 ^a ± 0,00
Gotowanie na parze Steaming	A	0,81 ^{cd} ± 0,01	1,12 ^{cd} ± 0,04	1,26 ^d ± 0,02	1,38 ^e ± 0,01
	B	0,74 ^b ± 0,01	1,15 ^d ± 0,01	1,22 ^c ± 0,02	1,22 ^d ± 0,01
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking	A	0,78 ^c ± 0,02	1,10 ^c ± 0,01	1,19 ^c ± 0,00	1,16 ^c ± 0,02
	B	0,79 ^c ± 0,02	1,07 ^b ± 0,01	1,06 ^b ± 0,01	1,10 ^b ± 0,03
Surowy / Raw		3,78 ^f ± 0,05	4,96 ^c ± 0,03	5,01 ^{cd} ± 0,04	5,89 ^d ± 0,00
Gotowanie w wodzie Boiling in water	A	3,10 ^b ± 0,01	4,32 ^b ± 0,02	4,45 ^a ± 0,00	5,24 ^b ± 0,01
	B	3,02 ^a ± 0,02	4,12 ^a ± 0,07	4,43 ^a ± 0,03	5,00 ^a ± 0,01
Gotowanie na parze Steaming	A	3,19 ^c ± 0,02	5,47 ^f ± 0,06	5,16 ^d ± 0,01	5,87 ^d ± 0,01
	B	3,14 ^{bc} ± 0,00	5,19 ^e ± 0,01	5,07 ^{cd} ± 0,07	5,51 ^c ± 0,06
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking	A	3,64 ^e ± 0,02	5,03 ^d ± 0,02	4,94 ^c ± 0,01	5,53 ^c ± 0,00
	B	3,35 ^d ± 0,00	4,96 ^{cd} ± 0,01	4,79 ^b ± 0,02	5,27 ^b ± 0,03
Surowy / Raw		2,63 ^e ± 0,01	3,48 ^c ± 0,04	3,57 ^c ± 0,04	4,79 ^f ± 0,03
Gotowanie w wodzie Boiling in water	A	1,99 ^a ± 0,03	2,84 ^b ± 0,01	2,94 ^a ± 0,02	4,13 ^b ± 0,13
	B	1,99 ^a ± 0,01	2,67 ^a ± 0,01	2,92 ^a ± 0,02	3,86 ^a ± 0,06
Gotowanie na parze Steaming	A	2,18 ^b ± 0,05	3,77 ^e ± 0,02	3,53 ^{de} ± 0,03	4,71 ^{ef} ± 0,09
	B	2,04 ^a ± 0,04	3,52 ^f ± 0,02	3,43 ^{cd} ± 0,12	4,56 ^{de} ± 0,02
Gotowanie sous-vide Sous-vide cooking	A	2,57 ^d ± 0,02	3,37 ^d ± 0,02	3,31 ^c ± 0,02	4,56 ^{de} ± 0,03
	B	2,45 ^c ± 0,04	3,32 ^c ± 0,02	3,18 ^b ± 0,02	4,36 ^c ± 0,02

Objaśnienia / Explanatory notes:

A – materiał bezpośrednio po obróbce termicznej / material directly after heat treatment; B – materiał po obróbce termicznej przechowywany w temp. 2 ÷ 4 °C przez 5 dni / material after heat treatment and stored at 2 ÷ 4 °C for 5 days. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows

mean values \pm standard deviation; a - g – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly at $p \leq 0.05$.

gotowania uzyskali Gebhardt i Thomas [11]. Na zmniejszenie zawartości suchej masy podczas gotowania brukselki w wodzie zwracają uwagę także Czarniecka-Skubina i Gołaszewska [5]. Z kolei Gębczyński i wsp. [12] wykazali wzrost zawartości suchej masy w warzywach podczas tego procesu. Porównano wpływ parowania oraz gotowania metodą sous-vide na zawartość suchej masy w warzywach i stwierdzono, że w przypadku kalafiora zarówno o róży białej, jak i typu Romanesco znajduje się ona na zbliżonym poziomie ($p > 0,05$). Parowany brokuł oraz kapusta brukselska zawierały, zarówno bezpośrednio po obróbce, jak i po pięciodniowym przechowywaniu, więcej suchej masy niż warzywa przygotowane metodą sous-vide. Jednocześnie należy wskazać, że brokuł ugotowany metodą sous-vide zawierał porównywalną zawartość suchej masy w stosunku do warzywa surowego. Na podstawie powyższych wyników można stwierdzić, że technika sous-vide dzięki ogrzewaniu przeponowemu (wcześniejsze pakowanie próżniowe) uniemożliwia bezpośredni kontakt surowca ze środowiskiem wodnym i charakteryzuje się niższym zakresem stosowanych temperatur, wobec czego jest korzystniejszą metodą gotowania warzyw niż metoda tradycyjna w wodzie. Ponadto może stanowić alternatywny sposób przygotowania warzyw w stosunku do parowania.

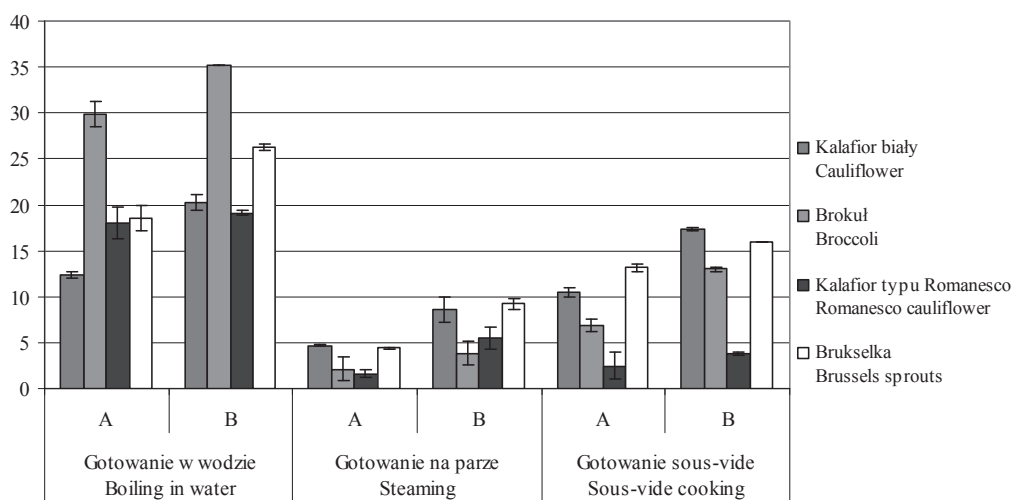


Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Rys. 1. Redukcja zawartości suchej masy w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [%]

Fig. 1. Reduction of dry matter content in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [%]

Zawartość białka w surowych różach kalafiora białego była najmniejsza i wynosiła 0,94 g/100 g, natomiast największa była w brokule – 5,52 g/100 g (tab. 1). Zawartość tego trudno rozpuszczalnego składnika w wodzie zmieniała się statystycznie istotnie pod wpływem zastosowanych procesów. Podobnie jak w przypadku suchej masy, gotowanie warzyw w wodzie zawsze prowadziło do istotnego zmniejszenia zawartości białka (średnio o 19,72 %). Najwyższe straty tego składnika stwierdzono w przypadku gotowanego w wodzie brokołu – 29,88 %. Także stosowanie parowania warzyw skutkowało istotnym zmniejszeniem zawartości białka, przy czym było ono istotnie mniejsze niż w przypadku warzyw gotowanych tradycyjnie i wynosiło średnio 3,19 % (rys. 2). Zaznaczyć należy, że zastosowana w badaniach własnych metoda parowania polegała na wykorzystaniu urządzenia z wymuszoną konwekcją, co umożliwiło dodatkowe zwiększenie współczynnika wnikania ciepła, a tym samym możliwie szybki wzrost temperatury wewnątrz produktu. Zbliżonym poziomem tego składnika odznaczał się parowany i gotowany metodą sous-vide kalafior typu Romanesco (zarówno bezpośrednio po obróbce termicznej, jak i po pięciu dniach przechowywania). Pięciodniowe przechowywanie warzyw w większości przypadków w sposób istotny wpłynęło na zmniejszenie zawartości tego składnika. Wyjątek stanowiły parowany brokuł oraz kalafior typu Romanesco. Lisiewska i wsp. [24] badali zmiany zawartości białka w szpinaku i brokule podczas obróbki termicznej i zauważyli, że zmniejszenie zawartości pojawia się, gdy występuje on w surowcu w dużych ilościach. Natomiast, gdy jego zawartość jest stosunkowo mała, następuje wzrost zawartości składnika.

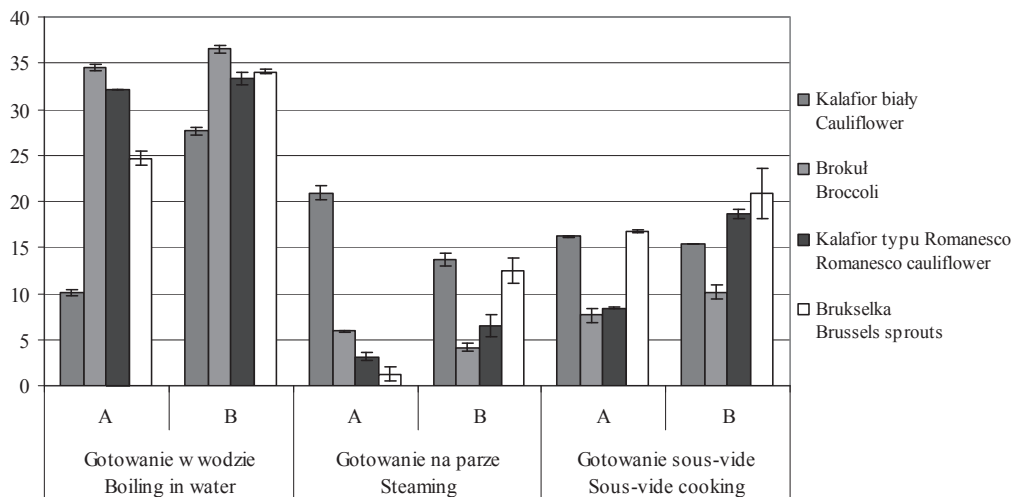


Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Rys. 2. Redukcja zawartości białka w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [%]

Fig. 2. Reduction of protein content in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [%]

Zawartość składników mineralnych, traktowana jako zawartość popiołu ogółem, w kalafiorze o róży białej odpowiadała zakresowi podanemu przez Kunachowicz i wsp. [20] i wynosiła 0,94 g/100 g. Istotnie wyższy poziom tego składnika stwierdzono w pozostałych warzywach. Analiza wpływu obróbki termicznej na zawartość składników mineralnych umożliwiła wykazanie, że niezależnie od metody oraz rodzaju warzyw obróbka ta prowadzi do zmniejszenia zawartości ww. związków. W każdym przypadku zmiany te były statystycznie istotne ($p \leq 0,05$). Metodą, która powodowała największe straty popiołu, było tradycyjne gotowanie warzyw w wodzie. W kalafiorze białym przygotowanym ww. metodą nastąpiło ponad 10-procentowe zmniejszenie zawartości popiołu do wartości 0,84 g/100 g (tab. 1). Było ono prawdopodobnie spowodowane zarówno wzrostem masy całkowitej warzywa, jak i wylugowywaniem się składników mineralnych. Straty popiołu w przypadku brokołu, kalafiora typu Romanesco i kapusty brukselskiej były jeszcze większe (średnio 25,35 %) i dochodziły nawet do 34,49 % (rys. 3). Parowanie warzyw oraz gotowanie metodą *sous-vide* także powodowały zmniejszanie się zawartości popiołu bezpośrednio po obróbce, ale w mniejszym stopniu (odpowiednio 7,82 % i 12,25 %). Podobny ubytek popiołu w warzywach (brokuł i kalafior) gotowanych w wodzie w porównaniu z gotowanymi na parze zaobserwowali inni badacze [1, 25]. Zbliżoną tendencję wykazali także Lisiewska i wsp. [24] w odniesieniu do szpinaku, jarmużu oraz fasoli. W większości przypadków



Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

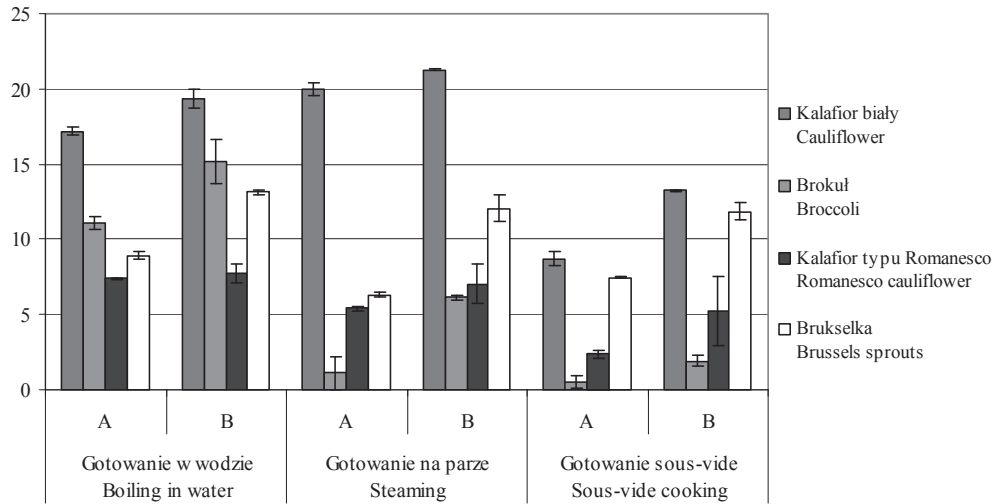
Rys. 3. Redukcja zawartości popiołu w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [%]

Fig. 3. Reduction of ash content in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [%]

przechowywanie warzyw w warunkach chłodniczych przez pięć dni prowadziło do dalszego zmniejszania zawartości popiołu. Wyjątek stanowiły kalafior o róży białej gotowany metodą sous-vide oraz parowany brokuł, w których poziom składników mineralnych bezpośrednio po obróbce i po przechowywaniu warzyw był zbliżony.

Zgodnie z definicją opracowaną przez American Association of Cereal Chemist (AACC) [2] błonnik pokarmowy obejmuje wszystkie nieskrobiowe polisacharydy, takie jak: celuloza, hemicelulozy, pektyny, modyfikowana celuloza, polifruktany (inulina i oligofruktany), niestrawne dekstryny, polidekstrozę, metylocelulozę i hydroksypropylometylocelulozę, skrobię oporną, gumy i śluzy. W przeprowadzonych badaniach obserwowano zmniejszenie zawartości błonnika pokarmowego ogółem (TDF) we wszystkich warzywach gotowanych tradycyjnie w wodzie (średnio o 11,15 %), a ubytek maksymalny odnotowano w kalafiorze białym – o 17,18 % (rys. 4). W przypadku brokułu gotowanego na parze i metodą sous-vide oraz kalafiora o róży białej gotowanego metodą sous-vide nastąpił wzrost zawartości tego składnika w stosunku do materiału świeżego (tab. 1). Przechowywanie ugotowanych wcześniej warzyw w warunkach chłodniczych wpłynęło istotnie na zmniejszenie zawartości błonnika. Jedynie w przypadku parowanego kalafiora o róży białej i typu Romanesco oraz brokułu gotowanego metodą sous-vide nie wykazano różnic ($p \leq 0,05$) pomiędzy wartościami oznaczonymi bezpośrednio po obróbce i po 5-dniowym przechowywaniu warzyw. Według Elkner [8] gotowanie na parze marchwi i buraków spowodowało wzrost zawartości błonnika w produktach. Komolka i wsp. [18] wykazali, że na skutek obróbki termicznej dochodzi do zmian błonnika pokarmowego zarówno ilościowych, jak i jakościowych. Poza obróbką cieplną wpływ na nie ma również rodzaj czy odmiana warzywa. Według badań uwzględniających również rodzaj obróbki wstępnej, przeprowadzonych przez Komolkę i wsp. [17], dotyczących marchwi i ziemniaków stwierdzono, że proces gotowania w wodzie wpływał znacząco na zmiany zawartości błonnika pokarmowego w produkcie. W przypadku gotowania w wodzie w marchwi nieobranej oraz obranej i rozdrobnionej zawartość błonnika zmalała w porównaniu z warzywem surowym, natomiast w marchwi obranej i nierozdrobnionej – wzrosła.

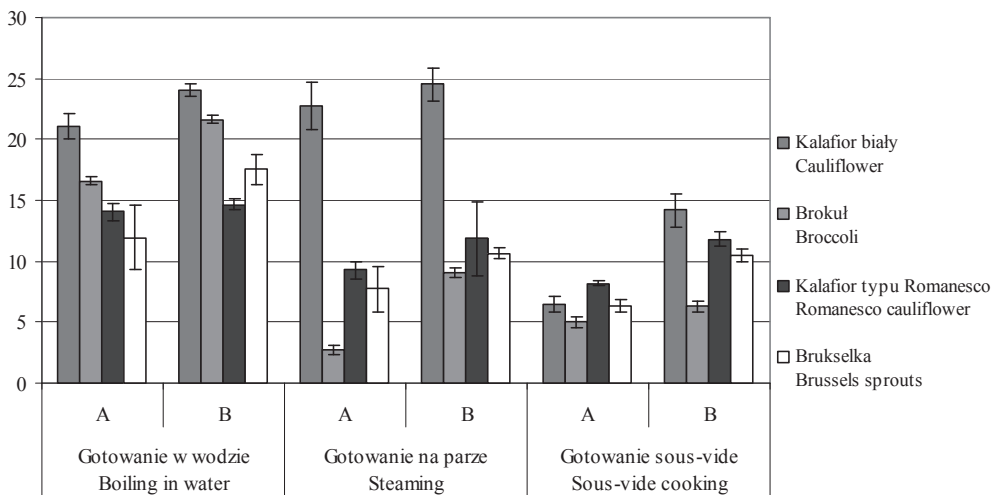
W większości badanych warzyw rozpuszczalna w wodzie frakcja błonnika pokarmowego (SDF) stanowiła ok. 70 % błonnika ogółem (tab. 1). W kapuście brukselskiej jej poziom był jeszcze wyższy i wynosił 81,32 %. Po obróbce cieplnej udział tej frakcji zmniejszył się i był w zakresie 65 ÷ 70 % (rys. 5). Największą redukcję tych składników, w stosunku do materiału surowego, zaobserwowano w przypadku kalafiora białego gotowanego w wodzie bezpośrednio po procesie (o 24,1 %). Przyrost frakcji nierozpuszczalnej błonnika (IDF) może być spowodowany zwiększeniem udziału celulozy, która jest jednym ze składników tej frakcji, wywołanym procesami cieplnymi. Badania różnych odmian kapusty prowadzone przez innych autorów dostarczyły



Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Rys. 4. Redukcja zawartości błonnika pokarmowego ogółem w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [%]

Fig. 4. Reduction of total dietary fiber content in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [%]



Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Rys. 5. Redukcja zawartości błonnika pokarmowego rozpuszczalnego ogółem w warzywach kapustnych poddanych różnym procesom termicznym [%]

Fig. 5. Reduction of soluble dietary fiber content in cruciferous vegetables subjected to various thermal processes [%]

odmiennych wyników [9, 16, 21]. W każdym warzywie odnotowano większy udział frakcji IDF w stosunku do SDF. Na skutek gotowania w wodzie ilość IDF w produkcie wzrastała. Można to wyjaśnić zmianą rozpuszczalności związków wielkocząsteczkowych podczas obróbki termicznej. Efekt odwrotny zaobserwowano po ugotowaniu badanych próbek na parze. Najmniejsze straty SDF spowodowane były gotowaniem metodą sous-vide (średnio 6,5 %, a największe stwierdzono w kalafiorze typu Romanesco – 8,18 %).

Wnioski

1. Rodzaj zastosowanej metody obróbki termicznej warzyw kapustnych znacząco wpływał na ich wartość odżywczą.
2. Straty składników pokarmowych zależały od gatunku warzyw, formy surowca oraz parametrów procesów, takich jak czas, temperatura, kontakt z wodą. Głównym czynnikiem, od którego zależała wielkość strat składników odżywczych był sposób przekazywania energii cieplnej (woda, para, ogrzewanie przeponowe).
3. Gotowanie na parze oraz metodą sous-vide są korzystniejszą formą obróbki cieplnej warzyw w stosunku do metody tradycyjnego gotowania w wodzie ze względu na zachowanie większej ilości składników odżywczych.
4. Metoda sous-vide pozwalała na zachowanie największej ilości włókna pokarmowego w stosunku do surowca, w tym jego frakcji rozpuszczalnej.
5. Pięciodniowe przechowywanie warzyw po obróbce termicznej w warunkach chłodniczych miało istotny wpływ na zachowania składników odżywczych oraz błonnika pokarmowego.

Literatura

- [1] Ahmed F.A., Ali R.F.M.: Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh and processed white cauliflower. *BioMed Research International*, 2013, #367819, 1-9.
- [2] American Association of Cereal Chemist (AACC): The definition of dietary fiber. *CFW*, 2001, 46 (3), 112-129.
- [3] Baldwin D.E.: Sous vide cooking: A review. *Int. J. Gastr. Food Sci.*, 2012, 1, 15-30.
- [4] Bongoni R., Verkerk R., Steenbekkers B., Dekker M., Stieger M.: Evaluation of different cooking conditions on broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) to improve the nutritional value and consumer acceptance. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 2014, 69 (3), 228-234.
- [5] Czarniecka-Skubina E., Gołaszewska B.: Wpływ procesu kulinarnego na jakość wybranych warzyw. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, 2 (27), 103-116.
- [6] Dangour A.D., Dodhia S.K., Hayter A., Allen E., Lock K., Uauy R.: Nutritional quality of organic foods: A systematic review. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2009, 90, 680-685.
- [7] Dekker M., Dekkers E., Jasper A., Baár C., Verkerk R.: Predictive modelling of vegetable firmness after thermal pre-treatments and steaming. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2014, 25, 14-18.
- [8] Elkner K.: Wpływ sposobu obróbki cieplnej na fizyczno-chemiczne właściwości błonnika pokarmowego marchwi i buraków. *Acta Agrobotanica*, 2001, 54, 151-159.

- [9] Florkiewicz A., Filipiak-Florkiewicz A., Topolska K., Cieślak E., Kostogrys R.B.: The effect of technological processing on the chemical composition of cauliflower. *Italian J. Food Sci.*, 2014, 26 (3), 275-281.
- [10] Gajewski M.: Wpływ kontrolowanej atmosfery na jakość kalafiorów o zielonych różach. *Folia Horticult. Ann.*, 2001, 13/1A, 267-272.
- [11] Gebhardt S.E., Thomas R.G.: Nutritive value of foods. *Home and Garden Bulletin*, 2002, 72.
- [12] Gębczyński P.: Zmiany ilościowe wybranych składników chemicznych w procesie mrożenia i zamrażalniczego składowania głównych i bocznych róż brokuła. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2003, 2 (1), 31-39.
- [13] Gębczyński P., Słupski J., Kmiecik W., Jaworska G.: Porównanie jakości mrozonek z dwóch typów kalafiora. *Mat. XXXV Sesji Naukowej KNoŻ PAN: Żywność – aspekty technologiczne i prozdrowotne*. Oddział Łódzki PTTŻ, Łódź 2004.
- [14] Grześnińska W., Tomaszewska M.: Technologia sous-vide a jakość potraw. *Za i przeciw. Przegl. Gastron.*, 2013, 5, 7-8.
- [15] Institute of Medicine of the National Academies – IOM: Dietary Reference Intakes: Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Fatty acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. The National Academies Press, Washington, DC, 2005.
- [16] Komolka P., Górecka D.: Wpływ obróbki termicznej warzyw kapustnych na zawartość błonnika pokarmowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, 2 (81), 68-76.
- [17] Komolka P., Górecka D., Dudziak M.: Wpływ obróbki termicznej marchwi i ziemniaków na zawartość błonnika pokarmowego i jego frakcji. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2014, 2, 51-55.
- [18] Komolka P., Górecka D., Dziedzic K.: The effect of thermal processing of cruciferous vegetables on their content of dietary fiber and its fraction. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2012, 11 (4), 347-354.
- [19] Konarzewska M.: Technologia gastronomiczna z towaroznawstwem. *Gastronomia*. Tom II. WSiP, Warszawa 2013.
- [20] Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: Tabele składu i wartości odżywczej żywności. *Wyd. Lek. PZWL*, Warszawa 2005.
- [21] Kutos T., Golob T., Kac M., Plestenjak A.: Dietary fibre content of dry and processed beans. *Food Chem.*, 2003, 80, 231-235.
- [22] Lentas K., Witrowa-Rajchert D.: Wpływ warunków blanszowania tkanki selera na właściwości teksturalne suszu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 4 (59), 207-215.
- [23] Lisiewska Z., Gębczyński P., Bernaś E., Kmiecik W.: Retention of mineral constituents in frozen leafy vegetables prepared for consumption. *J. Food Comp. Analysis.*, 2009, 22, 218-223.
- [24] Lisiewska Z., Słupski J., Kmiecik W., Gębczyński P.: Availability of essential and trace elements in frozen leguminous vegetables prepared for consumption according to the method of pre-freezing processing. *Food Chem.*, 2008, 106, 576-582.
- [25] Mansour A.A., Elshimy N.M., Shekib L.A., Sharara M.S.: Effect of domestic processing methods on the chemical composition and organoleptic properties of broccoli and cauliflower. *AJFN*, 2015, 3 (5), 125-130.
- [26] Osińska M., Kołota E., Biesiadna A., Michalak K., Bednarz E.: Możliwości uprawy kalafiora o zielonych różach w Polsce. *Mat. II Ogólnopolskiego Sympozjum „Nowe rośliny i technologie w ogrodnictwie”*. T. II. Wyd. AR w Poznaniu, Poznań 1996, ss. 203-207.
- [27] Park E.J., Pezzuto J.M.: Botanicals in cancer chemoprevention. *Cancer Metastasis Rev.*, 2002, 21 (3-4), 231-255.
- [28] PN-EN ISO 712:2012. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności. Metoda odwoławcza.

- [29] 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.
- [30] PN-EN ISO 2171:2010. Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i ich przetwory. Oznaczanie zawartości popiołu metodą spalania.
- [31] Rutkowska G.: Badania przydatności nowych odmian kalafiorów dla zamrażalnictwa. *Chłodnictwo*, 1997, XXXII (7), 40-41.

**SOUS-VIDE METHOD AS ALTERNATIVE TO TRADITIONAL COOKING
OF CRUCIFEROUS VEGETABLES IN THE CONTEXT OF REDUCING LOSSES
OF NUTRIENTS AND DIETARY FIBRE**

S u m m a r y

The sous-vide method is an example of hydrothermal treatment that is beneficial in terms of preserving the nutritional value and the unique sensory quality of Cruciferous vegetables. That technique includes vacuum packing, heat treatment, and, then, immediate cooling of a product. The use of hermetic packaging provides many benefits not only during cooking but, also, during storing and transporting. Due to the increasing popularity of the sous-vide method, it is essential to know how this method impacts the nutritional value of food products from the point of view of nutrition.

The objective of the research study was to compare the impact of sous-vide cooking with the effect of other traditionally applied methods of thermal processing of Cruciferous vegetables, such as: white cauliflower, Brussels sprouts, Romanesco cauliflower, and broccoli, on the content of selected nutrients and dietary fibre. Immediately following the thermally treatment, the vegetables were chilled and stored for 5 days at a controlled temperature of $2 \div 3$ °C in hermetic packages. In the vegetables, there were determined the contents of dry matter, protein, fat, ash, total dietary fibre and its soluble fraction. The results of the analyses performed indicate that applying the thermal treatment of cruciferous vegetables significantly impacted their nutritional value. Compared to the traditional cooking in water, the sous-vide cooking, as well as the steaming, was more beneficial in terms of the nutritional value of vegetables. Moreover, compared to other techniques, the sous-vide method made it possible to retain the highest amount of dietary fibre, including its soluble fraction.

Key words: sous-vide method, Cruciferous vegetables, cooking, nutrients, dietary fibre ☒