

BARBARA WÓJCIK-STOPCZYŃSKA, PAWEŁ KIEDOS

**WPLYW ZABIEGÓW WSTĘPNYCH NA ZAWARTOŚĆ  
WYBRANYCH SKŁADNIKÓW W ZAMROŻONYM SZPINAKU  
ZWYCZAJNYM (*SPINACIA OLERACEA* L.) ODMIANY ‘GEANT  
D’HIVER’**

Streszczenie

W pracy oceniono zawartość wybranych składników w zamrażalniczo przechowywanym szpinaku w zależności od zastosowania przed zamrożeniem procesu blanszowania oraz rozdrabniania. W badaniach wykorzystano szpinak zwyczajny ‘Geant d’hiver’ ze zbioru jesiennego, zakupiony u producenta warzyw. Zamrożeniu i zamrażalniczemu przechowywaniu (6 miesięcy, temp. -25 °C) poddano cztery warianty szpinaku: liście nieblanszowane – całe i pokrojone (odcinki o szerokości ok. 3 cm) oraz blanszowane (temp. 95 - 96 °C, 120 s) – całe i pokrojone po blanszowaniu. W szpinaku surowym i zblanszowanym oraz przechowywanym zamrażalniczo przez 6 miesięcy oznaczono zawartość: suchej masy, witaminy C, błonnika surowego, polifenoli ogółem, chlorofilu ogółem, karotenoidów oraz azotanów(V). Wykazano, że w odniesieniu do szpinaku surowego blanszowanie spowodowało istotne zmniejszenie zawartości suchej masy – o 8,4 %, karotenoidów – o 11,2 %, chlorofilu – o 17,0 %, witaminy C – o 29,2 % i azotanów(V) – o 46,0 %. Zawartość składników w szpinaku ocenianym po sześciu miesiącach zamrażalniczego przechowywania była uzależniona głównie od procesu blanszowania, natomiast zastosowany sposób rozdrabniania na ogół nie wpływał istotnie na ich koncentrację. Mrożonki sporządzone ze szpinaku blanszowanego (całego i krojonego) zachowały istotnie więcej składników bioaktywnych – witaminy C, chlorofilu ogółem i karotenoidów oraz więcej polifenoli niż mrożonki ze szpinaku nieblanszowanego, które z kolei odznaczały się istotnie większą zawartością potencjalnie szkodliwych azotanów(V). W stosunku do składu szpinaku surowego średnie straty składników w mrożonkach ze szpinaku blanszowanego wynosiły od 5,9 % – błonnik surowy do 50,4 % – azotany(V), a w mrożonkach ze szpinaku nieblanszowanego od 3,5 % – azotany(V) do 72,3 % – witamina C.

**Słowa kluczowe:** szpinak, przetwarzanie, składniki bioaktywne, azotany(V)

## Wprowadzenie

Szpinak zwyczajny (*Spinacia oleracea* L.) to warzywo, które odpowiada zapotrzebowaniu konsumentów na żywność niskoenergetyczną i niskotłuszczową, a przy tym zasobną w składniki bioaktywne o działaniu prozdrowotnym, jak chlorofil, karotenoidy i polifenole [11, 16]. Jest dobrym źródłem witamin (C, E, K, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, kwasu foliowego),  $\beta$ -karotenu (prowitaminy A), związków mineralnych (m.in. Mg, Fe, Se) i błonnika pokarmowego [18]. Wiele składników występujących w szpinaku (np. polifenole, karotenoidy, witaminy C i E) wykazuje znaczącą aktywność przeciwutleniającą. Obecność przeciwutleniaczy w diecie wspomaga organizm w zwalczaniu rodników tlenowych, działa przeciwzapalnie, przeciwnowotworowo, przeciwzakrzepowo i antyalergicznie [6, 8, 20]. Oprócz składników prozdrowotnych w szpinaku występują też związki niepożądane, jak azotany i szczawiany [14]. Szpinak należy do warzyw odznaczających się skłonnością do kumulowania azotanów(V) [26], stąd niekiedy stwierdza się w nim dużą zawartość tych związków [3, 18]. Około 5 % azotanów(V) przyjętych z pożywieniem ulega w organizmie konwersji do toksycznych azotanów(III). Mogą one m.in. reagować z aminami i formować kancerogenne nitrozoaminy, a także utleniać hemoglobinę krwi do methemoglobiny, co uniemożliwia transport tlenu [26].

Szpinak jest warzywem sezonowym, dlatego podlega utrwalaniu – najczęściej przez zamrażanie, rzadziej przez konserwowanie [14, 16]. W produktach zamrożonych cenne składniki warzyw wydają się być dobrze chronione, jednak obróbka wstępna przed zamrożeniem (mycie, rozdrabnianie, blanszowanie), jak i zamrażalnicze przechowywanie są źródłem częściowych strat składników. Poziom tych strat zależy m.in. od rodzaju stosowanych zabiegów, w tym warunków blanszowania, warunków i czasu zamrażalniczego przechowywania oraz właściwości surowca i składników [2, 16, 21, 24, 29, 30].

Celem pracy było określenie wpływu zabiegów wstępnych procesu technologicznego, takich jak blanszowanie i rozdrabnianie na zawartość wybranych składników bioaktywnych oraz azotanów(V) w szpinaku zwyczajnym ‘Geant d’hiver’ zamrażalniczo przechowywanym, a także ocena poziomu strat tych składników w stosunku do stanu w szpinaku surowym.

## Material i metody badań

Badania przeprowadzono w okresie od września 2016 r. do marca 2017 r. Materiałem doświadczalnym był szpinak zwyczajny ‘Geant d’hiver’ uprawiany na zbiór jesienny. W dostępnej literaturze przedmiotu brak jest danych dotyczących oceny surowego i mrożonego szpinaku tej odmiany. Szpinak zakupiono u lokalnego producenta warzyw i w tym samym dniu poddano go przerobowi. W doświadczeniu wykorzystano liście wraz z ogonkami liściowymi przyciętymi na długość ok. 8 cm. Liście przebrano,

umyto w wodzie bieżącej i powierzchniowo osuszono. Tak przygotowany materiał traktowano jako szpinak surowy, cały. Połowę szpinaku zblanszowano w wodzie (proporcja 1 : 5) o temp. 95 - 96 °C, w ciągu 120 s. W przyjęciu warunków blanszowania kierowano się parametrami stosowanymi przez innych autorów [14, 15] oraz wynikami oznaczenia, które wskazywały na brak obecności aktywnej peroksydazy w zblanszowanym materiale. Po blanszowaniu szpinak ostudzono [14].

Zamrażaniu poddano szpinak w następujących wersjach: 1) surowy, cały, 2) surowy, pokrojony (liście pocięto nożem ceramicznym na odcinki o szerokości ok. 3 cm), 3) blanszowany, cały, 4) blanszowany, pokrojony (zblanszowany, ostudzony szpinak pocięto na odcinki jak wyżej). Z każdej wersji przygotowano po trzy ok. 400-gramowe porcje szpinaku. Umieszczono je w woreczkach polietylenowych przeznaczonych do zamrażania żywności, zaopatrzonych w szczelne zamknięcie strunowe. Szpinak zamrożono w zamrażarce Polar ZS-131 (Polar, Polska), w temp. -25 °C i przechowywano w tych warunkach przez 6 miesięcy.

W szpinaku surowym i zblanszowanym oraz w szpinaku zamrożonym – po 6 miesiącach zamrażalniczego przechowywania określano zawartość: suchej masy, błonnika surowego, witaminy C, polifenoli ogółem, chlorofilu ogółem, karotenoidów ogółem i azotanów(V). Do przeprowadzenia oznaczeń stosowano metody:

- sucha masa [%] – metoda suszarkowo-wagowa [16];
- błonnik surowy – metoda Scharrera-Kürschnera [30];
- witamina C jako kwas L-askorbinowy – metoda miareczkowania z zastosowaniem mianowanego roztworu 2,6-dichlorofenoloindofenolu [1];
- polifenole ogółem – metoda Folina-Ciocalteu [27], która bazuje na redukcji zawartego w odczynniku Folina-Ciocalteu molibdenu(VI) do molibdenu(V) przez polifenole obecne w badanej próbce, w wyniku czego powstaje niebieski związek. Pomiaru intensywności zabarwienia próbek dokonywano przy długości fali  $\lambda = 750$  nm. Zawartość polifenoli ogółem wyrażano w przeliczeniu na kwas galusowy, w  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  produktu;
- azotany(V) – metoda kolorymetryczna Johnsona-Ulricha [30] polegająca na reakcji jonów azotanowych z kwasem 1-fenolo-2,4-disulfonowym, z którym jony te tworzą kwas nitrofenolo-disulfonowy; po zalkalizowaniu przechodzi on w formę zjonizowaną zabarwioną na żółto. Pomiaru intensywności zabarwienia próbek dokonywano przy długości fali  $\lambda = 410$  nm. Zawartość azotanów obliczano z krzywej wzorcowej i wyrażano w  $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ;
- chlorofil ogółem i karotenoidy ogółem – metoda Lichtenthalera i Wellburna [19]. Próbki rozcierano w moździerzu z niewielką ilością 80-procentowego acetonu i przenoszono ilościowo do kolb miarowych o pojemności  $50 \text{ cm}^3$ . Mierzono absorbancję odwirowanego wyciągu w spektrofotometrze kolejno przy długościach fal:  $\lambda = 441$  nm,  $\lambda = 646$  nm,  $\lambda = 652$  nm i  $\lambda = 663$  nm. Zawartość chlorofilu ogółem

łem [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ś.m.] obliczano z równania:  $(27,8 \times E_{652}) \times (V/m)$ , a karotenoidów ogółem [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ś.m.] – z równania:  $[(1000 \times E_{441}) - 3,27 \times (12,21 \times E_{663} - 2,81 \times E_{646}) - 104 \times (20,13 \times E_{646} - 5,03 \times E_{663})] \times [(V/m \times 229)]$ , gdzie E – absorbancja przy określonej długości fali, V – objętość kolby miarowej [ $\text{cm}^3$ ], m – masa próbki [g].

W badaniach stosowano odczynniki firmy Chempur (Polska). Wszystkie pomiary spektrofotometryczne prowadzono w spektrofotetrze Helios- $\gamma$  (Thomas Scientific, USA). Oznaczenia poszczególnych składników wykonywano w trzech równoległych próbkach, w każdej w dwóch powtórzeniach. Statystyczną ocenę wyników przeprowadzono metodą analizy wariancji, przy użyciu programu FR-ANALWAR. Istotność różnic między wartościami średnimi szacowano za pomocą testu Tukeya przy  $p = 0,05$  [28].

## Wyniki i dyskusja

Zawartość badanych składników w szpinaku surowym i blanszowanym przedstawiono w tab. 1. Poziom suchej masy (7,23 %) w surowym szpinaku ‘Geant d’hiver’ był niższy niż w szpinaku uprawianym na zbiór jesienny w badaniach duńskich (8,5 ÷ 9,4 % w odmianach ‘Lorelei’, ‘Springfield’, ‘Ballet’) [16] oraz krajowych (9,1 ÷ 11,2 % w odmianach ‘Rembrandt F1’ i ‘Spiros F1’) [18]. Zawartość błonnika surowego (2,54 %) była również mniejsza od podawanej w literaturze [17]. Z kolei poziom witaminy C w materiale surowym ( $40,24 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) był zbliżony do stwierdzonego przez Isleroglu i wsp. [13] ( $40 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), jednak znacznie mniejszy niż podawany przez innych autorów:  $110,87 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  [28],  $58 \div 210 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  [8]. Zawartość polifenoli ogółem w surowym szpinaku ( $132,45 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) była większa w porównaniu z wynikami Ninfalego i Bacchioccy [20] ( $107,2 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), ale mniejsza niż uzyskana przez Galaniego i wsp. [8] ( $250 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) oraz Howarda i wsp. [11] ( $154,7 \div 483,5 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), którzy dowiedli też, że szpinak ze zbioru jesiennego zawiera mniej polifenoli niż ze zbioru wiosennego. Zawartość karotenoidów ogółem w surowym szpinaku ( $213,13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) odpowiadała wartościom podanym przez Biehlera i wsp. [4] ( $126,9 \div 223,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), jednak odbiegała od wyników pracy Gutierrez-Rodrigueza i wsp. [10] ( $400 \div 600 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Autorzy ci oznaczyli także zawartość chlorofilu ogółem i uzyskali wyniki na poziomie  $1200 \div 2000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [10]. W badaniach własnych zawartość tego składnika w świeżym szpinaku wynosiła  $1260,88 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a więc mieściła się w podanym przedziale.

W surowym szpinaku ‘Geant d’hiver’ zawartość azotanów(V) wynosiła  $750,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i była wielokrotnie mniejsza od  $3500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , czyli poziomu dopuszczalnego w świeżym szpinaku zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) Nr 1258/2011 [23]. Bardzo małą zawartość azotanów(V) –  $110 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w szpinaku ‘Mar-kiza F1’ zbieranym w czerwcu stwierdziła Jaworska [14], natomiast inni autorzy [3,

18] w części badanych próbek szpinaku odnotowali dużą zawartość ( $> 2000 \div 3000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) tych związków. Była ona zależna od odmiany, nawożenia oraz sezonu uprawy – średnio więcej azotanów(V) zawierał szpinak zbierany jesienią.

Zróznicowanie wyników własnych, dotyczących zawartości badanych składników w szpinaku surowym, w porównaniu z wynikami innych autorów może być związane z tym, że skład chemiczny roślin zależy od wielu czynników, m.in. od odmiany [6, 10, 16, 18], agrotechniki i warunków wegetacji [3, 7]. Znaczenie ma też stosowanie różnych metod oznaczania danego składnika [4, 8].

Tabela 1. Zawartość wybranych składników w szpinaku surowym oraz blanszowanym  
Table 1. Content of selected compounds in raw and blanched spinach

Składnik Component	Szpinak surowy Raw spinach	Szpinak blanszowany Blanched spinach	Straty [%] Losses [%]
Sucha masa [%] Dry matter [%]	7,23 <sup>a</sup> ± 0,12	6,62 <sup>b</sup> ± 0,15	8,4
Błonnik surowy [% ś.m.] Raw fibre [% f.m.]	2,54 <sup>a</sup> ± 0,08	2,49 <sup>a</sup> ± 0,08	-
Witamina C [mg·100g <sup>-1</sup> ś.m.] Vitamin C [mg·100g <sup>-1</sup> f.m.]	40,24 <sup>a</sup> ± 4,25	28,51 <sup>b</sup> ± 3,72	29,2
Polifenole ogółem [mg·100g <sup>-1</sup> ś.m.] Total polyphenols [mg·100g <sup>-1</sup> f.m.]	132,45 <sup>a</sup> ± 8,32	130,15 <sup>a</sup> ± 7,56	-
Chlorofil ogółem [mg·kg <sup>-1</sup> ś.m.] Total chlorophyll [mg·kg <sup>-1</sup> f.m.]	1260,88 <sup>a</sup> ± 95,85	1046,53 <sup>b</sup> ± 74,45	17,0
Karotenoidy [mg·kg <sup>-1</sup> ś.m.] Carotenoids [mg·kg <sup>-1</sup> f.m.]	213,13 <sup>a</sup> ± 18,24	179,37 <sup>b</sup> ± 15,12	15,7
Azotany(V) [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ·kg <sup>-1</sup> ś.m.] Nitrates [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ·kg <sup>-1</sup> f.m.]	750,15 <sup>a</sup> ± 35,32	405,20 <sup>b</sup> ± 24,18	46,0

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenie standardowe / Table shows mean values ± standard deviation; n = 3; a, b – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values in rows denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Dane zamieszczone w tab. 1. wskazują, że po procesie blanszowania istotnemu zmniejszeniu uległa zawartość suchej masy, witaminy C, karotenoidów, chlorofilu ogółem oraz azotanów(V). Straty tych składników wynosiły od 8,4 % (sucha masa) do 46,0 % – azotany(V). Ubytki suchej masy i jej składników podczas blanszowania w wodzie są nieuniknione, jednak poziom strat zależy od warunków i czasu trwania procesu, właściwości blanszowanego surowca i odporności poszczególnych składników [14, 16, 30]. Blanszowanie powoduje zazwyczaj znaczne straty witaminy C. W badaniach własnych wynosiły one 29,2 %, co można uznać za poziom relatywnie

niski, gdyż szpinak jako warzywo o wysokim stosunku powierzchni do objętości jest wrażliwy na blanszowanie, stąd straty witaminy C wynoszą niekiedy ok. 70 % [29]. Porównanie z wynikami badań innych autorów [15, 24] wskazuje, że stosunkowo małe były też powstałe w wyniku blanszowania straty karotenoidów (15,7 %) i chlorofilu ogółem (17,0 %). W procesie blanszowania szpinaku większą stabilność karotenoidów niż chlorofili odnotowali Kidmose i wsp. [16]. Blanszowanie praktycznie nie wpłynęło na zawartość błonnika i polifenoli (tab. 1). Nieistotne straty błonnika odnotowano w poddanym blanszowaniu szpinaku nowozelandzkim [15], a błonnika i polifenoli – w blanszowanej kostce z korzeni pietruszki [30]. Interesujące są wyniki badań Saetan i wsp. [25], którzy po blanszowaniu liści *Cinnamomum porrectum* wykazali w nich wzrost zawartości polifenoli. Zdaniem autorów blanszowanie może wpłynąć na rozluźnienie struktur komórkowych i uwolnienie tych polifenoli, które w surowych liściach są związane kowalencyjnie ze składnikami ścian komórkowych np. z celulozą czy proteinami. Korzystną stroną blanszowania jest zwykle znaczące zmniejszenie zawartości szkodliwych azotanów(V) – w różnych warzywach odnotowano ich ubytek o 10 ÷ 50 % [9, 14, 15, 24].

Dane zamieszczone w tab. 2. wskazują, że w mrożonkach badanych po sześciu miesiącach zamrażalniczego przechowywania zawartość analizowanych składników była bardziej uzależniona od zastosowanego przed zamrożeniem blanszowania niż rozdrobnienia szpinaku. Mrożonki sporządzone ze szpinaku zblanszowanego, zarówno z liści całych, jak i pokrojonych, zachowały po sześciu miesiącach zamrażalniczego przechowywania istotnie więcej witaminy C, chlorofilu ogółem i więcej polifenoli ogółem, natomiast istotnie mniej azotanów(V). Zawartość badanych składników w mrożonkach ze szpinaku pokrojonego na ogół nie różniła się istotnie od ich zawartości w mrożonkach z całych liści. Wyjątek stanowiła zawartość witaminy C istotnie najmniejsza w mrożonce ze szpinaku nieblanszowanego, pokrojonego. Z kolei zawartość polifenoli była istotnie mniejsza w mrożonce ze szpinaku blanszowanego, krojonego niż w mrożonce z blanszowanych, całych liści, a suchej masy – istotnie mniejsza w mrożonce z blanszowanego, pokrojonego szpinaku w porównaniu z mrożonkami z całych, nieblanszowanych liści. We wszystkich wariantach mrożonek ocenianych po zamrażalniczym przechowywaniu zawartości błonnika surowego oraz karotenoidów ogółem nie różniły się istotnie.

Porównanie danych przedstawionych w tab. 1. i 2. wskazuje, że w szpinaku podczas zamrażalniczego przechowywania nastąpiło zmniejszenie zawartości niemal wszystkich analizowanych składników. W mrożonkach ze szpinaku blanszowanego zawartość zwłaszcza polifenoli, karotenoidów i chlorofilu była niewiele mniejsza od ich zawartości w szpinaku po blanszowaniu. W przypadku suchej masy, w porównaniu do stanu przed zamrożeniem, stwierdzono wzrost jej zawartości we wszystkich badanych wariantach mrożonek. Wzrost zawartości suchej masy wynikający z częściowej

utruty wody obserwowano podczas przechowywania zamrożonej brukselki i pietruszki korzeniowej [9, 30].

Tabela 2. Zawartość wybranych składników w szpinaku po jego sześciomiesięcznym zamrażalniczym przechowywaniu

Table 2. Content of selected constituents in spinach after six months of refrigerated storage

Składnik Component	Szpinak nieblanszowany cały Whole non-blanchéd spinach	Szpinak nieblanszowany krojony Cut non-blanchéd spinach	Szpinak blanszowany cały Whole blanchéd spinach	Szpinak blanszowany krojony Cut blanchéd spinach
Sucha masa [%] Dry matter [%]	7,42 <sup>a</sup> ± 0,15	7,27 <sup>a</sup> ± 0,16	7,27 <sup>a</sup> ± 0,11	7,18 <sup>ab</sup> ± 0,12
Błonnik surowy [% ś.m.] Raw fibre [% f.m.]	2,45 <sup>a</sup> ± 0,09	2,40 <sup>a</sup> ± 0,08	2,40 <sup>a</sup> ± 0,09	2,38 <sup>a</sup> ± 0,10
Witamina C [mg·100g <sup>-1</sup> ś.m.] Vitamin C [mg·100g <sup>-1</sup> f.m.]	13,92 <sup>b</sup> ± 2,50	8,40 <sup>c</sup> ± 1,84	22,80 <sup>a</sup> ± 2,12	20,41 <sup>a</sup> ± 1,93
Polifenole ogółem [mg·100g <sup>-1</sup> ś.m.] Total polyphenols [mg·100g <sup>-1</sup> f.m.]	94,30 <sup>b</sup> ± 10,05	87,08 <sup>bc</sup> ± 9,42	132,28 <sup>a</sup> ± 11,54	107,87 <sup>b</sup> ± 10,21
Chlorofil ogółem [mg·kg <sup>-1</sup> ś.m.] Total chlorophyll [mg·kg <sup>-1</sup> f.m.]	862,14 <sup>b</sup> ± 72,15	835,22 <sup>b</sup> ± 70,32	990,38 <sup>a</sup> ± 75,82	972,33 <sup>a</sup> ± 68,35
Karotenoidy [mg·kg <sup>-1</sup> ś.m.] Carotenoids [mg·kg <sup>-1</sup> ś.m.]	159,63 <sup>a</sup> ± 11,43	155,62 <sup>a</sup> ± 10,64	175,79 <sup>a</sup> ± 9,82	167,78 <sup>a</sup> ± 10,15
Azotany(V) [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ·kg <sup>-1</sup> ś.m.] Nitrates [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ·kg <sup>-1</sup> f.m.]	734,46 <sup>a</sup> ± 33,15	712,87 <sup>a</sup> ± 30,22	376,46 <sup>b</sup> ± 20,95	367,79 <sup>b</sup> ± 21,64

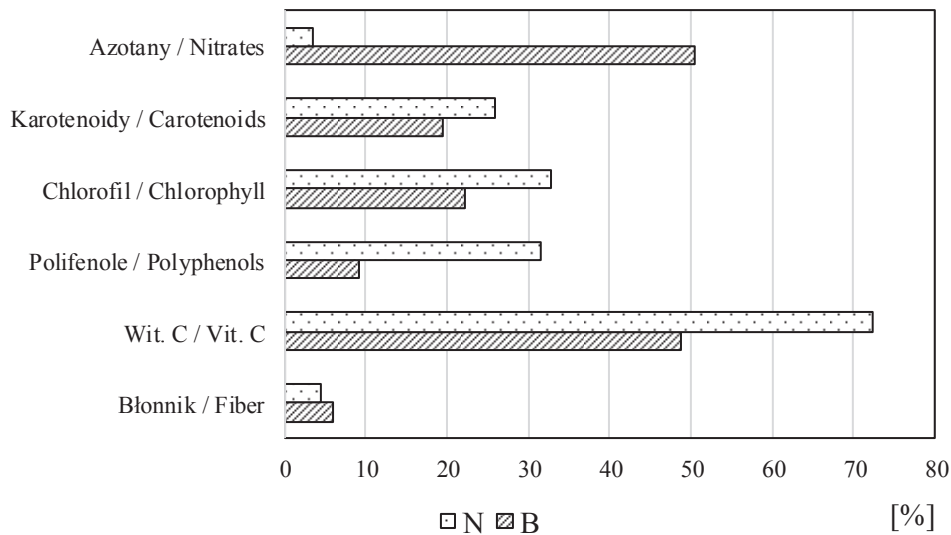
Objaśnienia / Explanatory notes:

a, b, c – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values in rows denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ . Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 1. / Other explanatory notes as in Tab. 1.

Średnie straty składników prozdrowotnych odnotowane po zakończeniu doświadczenia, obliczone w stosunku do stanu w szpinaku surowym (rys. 1), były najmniejsze w przypadku błonnika, zarówno w mrożonkach ze szpinaku blanszowanego, jak i nieblanszowanego (wynosiły odpowiednio: 5,9 oraz 4,5 %). Ubytki pozostałych bioaktywnych składników były mniejsze w mrożonkach ze szpinaku blanszowanego i wyno-

siły od 9,3 % (polifenole ogółem) do 48,8 % (witamina C). W mrożonkach ze szpinaku nieblanszowanego straty tych składników wynosiły od 26,0 % (karotenoidy) do 72,3 % (witamina C). Odwrotna sytuacja wystąpiła w odniesieniu do azotanów(V), których średni ubytek w mrożonkach ze szpinaku blanszowanego wynosił 50,4 %, natomiast z nieblanszowanego – jedynie 3,5 %. Zbliżone różnice dotyczące finalnego ubytku azotanów(V) w zamrażalniczo przechowywanym (9 miesięcy) blanszowanym i nieblanszowanym selerze naciowym stwierdziła Rutkowska [24], przy czym podobnie jak w badaniach własnych, zmniejszenie zawartości tych związków nastąpiło głównie w wyniku blanszowania, a wpływ zamrażalniczego przechowywania był mniejszy.

W zamrożonych warzywach znaczące są na ogół ubytki witaminy C [15, 30]. W przemysłowo zamrożonym i przechowywanym szpinaku straty witaminy C wzrosły z poziomu 23,6 % po blanszowaniu do 57,9 % po sześciomiesięcznym zamrażalniczym przechowywaniu [29]. Na ogół mniejszym stratom niż witamina C ulegają podczas zamrażalniczego przechowywania warzyw blanszowanych chlorofile, karotenoidy i polifenole [12, 15, 24, 30]. W wielu zamrażalniczo przechowywanych warzywach rejestrowano straty polifenoli ogółem wynoszące 20 ÷ 30 % [22]. Ubytki polifenoli nie są jednak regułą, gdyż w zamrożonych liściach chrzanu i lubczyku Tomsone i Kruma [28] stwierdzili więcej polifenoli niż w liściach świeżych, a w zamrażalniczo przechowywanych owocach obserwowano zarówno wzrost, zmniejszenie, jak i brak zmian zawartości polifenoli [5].



Rys. 1. Średnie końcowe straty badanych składników w zamrożonym szpinaku blanszowanym (B) i nieblanszowanym (N) w stosunku do ich zawartości w szpinaku surowym

Fig. 1. Average final losses of studied compounds in frozen blanched (B) and non-blanching (N) spinach in relation to their contents in raw spinach



Porównując wyniki badań własnych z przytoczonymi wynikami badań innych autorów można stwierdzić, że jako surowiec przeznaczony do zamrożenia szpinak 'Geant d'hiver' charakteryzował się stosunkowo małą zawartością suchej masy oraz składników bioaktywnych. Pozytywnym zjawiskiem były natomiast tylko niewielkie zmiany zawartości polifenoli, karotenoidów i chlorofilu zachodzące w mrożonkach sporządzonych ze szpinaku blanszowanego, ocenianych po sześciu miesiącach zamrażalniczego przechowywania. Zastosowane w pracy rozdrobnienie szpinaku 'Geant d'hiver' przed zamrożeniem nie spowodowało istotnego zmniejszenia zawartości składników prozdrowotnych, chociaż ogólnie więcej tych związków występowało w mrożonkach z całych liści.

### **Wnioski**

1. Blanszowanie szpinaku 'Geant d'hiver' spowodowało istotne zmniejszenie zawartości wszystkich badanych składników za wyjątkiem błonnika surowego i polifenoli ogółem.
2. W mrożonkach z liści nieblanszowanych i blanszowanych, całych i krojonych ocenianych po sześciu miesiącach przechowywania zawartość większości ocenianych składników była istotnie uzależniona od procesu blanszowania, natomiast zastosowany sposób rozdrobnienia na ogół nie wpłynął znacząco na ich koncentrację.
3. Mrożonki sporządzone z liści blanszowanych (całych i krojonych) zachowały istotnie więcej witaminy C, chlorofilu ogółem i karotenoidów oraz więcej polifenoli niż mrożonki ze szpinaku nieblanszowanego, które z kolei odznaczały się istotnie większą zawartością azotanów(V).
4. W stosunku do składu szpinaku surowego średnie straty składników w mrożonkach ze szpinaku blanszowanego wynosiły od 5,9 % – błonnik surowy do 50,4 % – azotany(V), a w mrożonkach ze szpinaku nieblanszowanego od 3,5 % – azotany (V) do 72,3 % – witamina C.

### **Literatura**

- [1] Adebayo E.: The titrimetric and spectrophotometric determination of ascorbic acid levels in selected Nigerian fruits. *J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol.*, 2015, 9, 44-46.
- [2] Al-Sanabani A.S., Youssef K.M., Shatta A.A., El-Samahy S.K.: Influence of freezing steps on color attributes, phytochemical contents and antioxidant capacity of green beans. *J. Food Sci.*, 2016, 3 (1), 19-25.
- [3] Brkić D., Bošnjir J., Bevardi M., Bošković A., Miloš S., Lasić D., Krivohlavek A., Racz A., Mojsović Ćuić A., Trstenjak N.: Nitrate in leafy green vegetables and estimated intake. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.*, 2017, 14 (3), 31-41.
- [4] Biehler E., Mayer F., Hoffmann L., Krause E., Bohn T.: Comparison of 3 spectrophotometric methods for carotenoid determination in frequently consumed fruits and vegetables. *J. Food Sci.*, 2010, 75 (1), C55-61.

- [5] Celli G.B., Ghanem A., Brooks M.S.: Influence of freezing process and frozen storage on the quality of fruits and fruit products. *Food Rev. Int.*, 2016, 32 (3), 280-304.
- [6] Cho M.J., Howard L.R., Prior R.L., Morelock T.: Flavonoid content and antioxidant capacity of spinach genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *J. Sci. Food Agric.*, 2008, 88, 1099-1106.
- [7] Citak S., Sonmez S.: Effect of conventional and organic fertilization on spinach (*Spinacia oleracea* L.) growth, yield, vitamin C and nitrate concentration during two successive seasons. *Sci. Hort.*, 2010, 126 (4), 415-420.
- [8] Galani J.H.Y., Patel J.S., Patel N.S., Talati J.G.: Storage of fruits and vegetables in refrigerator increases their phenolic acids but decreases the total phenolics, anthocyanins and vitamin C with subsequent loss of their antioxidant capacity. *Antioxidants*, 2017, 6, #59, DOI: 10.3390/antiox6030059
- [9] Gębczyński P.: Zawartość wybranych składników azotowych w świeżej i mrożonej kapuście brukselskiej. *Acta Sci. Pol. Technol. Alimentaria*, 2002, 1 (1), 27-35.
- [10] Gutierrez-Rodriguez E., Lieth H.J., Jernstedt J.A., Labavitch J.M., Suslow T., Cantwell M.I.: Texture, composition and anatomy of spinach leaves in relation to nitrogen fertilization. *J. Sci. Food Agric.*, 2013, 93 (2), 227-237.
- [11] Howard L.R., Pandjaitan N., Morelock T., Gil M.I.: Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and growing season. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, 50, 5891-5896.
- [12] Iosin A., Raba D., Moldovan C., Popa V., Dumbrava D.G.: The influence of freezing on the content of vitamin C, chlorophylls and carotenoids in chives (*Allium schoenoprasum* L.). *Scien. Tech. Bull-Chem. Food Sci. Eng.*, 2017, 14 (XV), 49-52.
- [13] Isleroglu H., Sakin-Yilmazer M., Kemerli-Kalbaran T., Uren A., Kaymak-Ertekin F.: Kinetics of colour, chlorophyll and ascorbic acid content in spinach baked in different types of oven. *Int. J. Food Prop.*, 2017, 20 (11), 2456-2465.
- [14] Jaworska G.: Nitrates, nitrites and oxalates in products of spinach and New Zealand spinach. Effect of technological measures and storage time on the level of nitrates, nitrites, and oxalates in frozen and canned products of spinach and New Zealand spinach. *Food Chem.*, 2005, 93, 395-401.
- [15] Jaworska G., Słupski J.: Badanie przydatności szpinaku nowozelandzkiego do mrożenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, 2 (27), 92-102.
- [16] Kidmose U., Edelenbos M., Christensen L.P., Hegelund E.: Chromatographic determination of changes in pigments in spinach (*Spinacia oleracea* L.) during processing. *J. Chromat. Sci.*, 2005, 43, 466-472.
- [17] Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: Tabele wartości odżywczej produktów spożywczych. Wyd. IŻŻ. Warszawa 1998.
- [18] Kunicki E., Grabowska A., Sękara A., Wojciechowska R.: The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.) *Folia Horticulturae Ann.* 2010, 22 (2), 9-13.
- [19] Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R.: Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.*, 1983, 603, 591-592.
- [20] Ninfali P., Bacchiocca M.: Polyphenols and antioxidant capacity of vegetables under fresh and frozen conditions. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, 51 (8), 2222-2226.
- [21] Petzold G., Caro M., Moreno J.: Influence of blanching, freezing and frozen storage on physicochemical properties of broad beans (*Vicia faba* L.). *Int. J. Refrig.*, 2014, 40, 429-434.
- [22] Puupponen-Pimiä R., Häkkinen S.T., Aarni M., Suorti T., Lampi A.-M., Euroola M., Oksman-Caldentey K.M.: Blanching and long-term freezing affects various bioactive compounds of vegetables in different ways. *J. Sci. Food Agric.*, 2003, 83, 1389-1402.
- [23] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1258/2011 z dnia 2 grudnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów azotanów w środkach spożywczych. *Dz. U. L* 320, ss. 15-17, z 03.12.2011.
- [24] Rutkowska G.: Wpływ czynników technologicznych na jakość mrożonek z selera naciowego. *Chłodnictwo*, 2007, 5, 64-66.

- [25] Saetan P., Usawakesmanee W., Siripongvutikorn S.: Influence of hot water blanching process on nutritional content, microstructure, antioxidant activity and phenolic profile of *Cinnamomum porrectum* herbal tea. *Functional Foods in Health and Disease*, 2016, 6 (12), 836-854.
- [26] Santamaria P.: Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation. *J. Sci. Food Agric.*, 2006, 86, 10-17.
- [27] Singleton L., Orthofer R., Lamuela-Raventions R.M.: Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.*, 1999, 299, 152-178.
- [28] Tomson L., Kruma Z.: Influence of freezing and drying on the phenol content and antioxidant activity of horseradish and lovage. 9<sup>th</sup> Baltic Conference on Food Science and Technology "Food for Consumer Well-Being" FoodBalt Conference Proceedings. Jelgava, LLU, 2014, pp. 192-197.
- [29] Tosun B.N., Yücecan S.: Influence of commercial freezing and storage on vitamin C content of some vegetables. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2008, 43, 316-321.
- [30] Wójcik-Stopczyńska B., Czajka J., Kiedos P.: Wpływ obróbki wstępnej i zamrażania na zmiany zawartości związków odżywczych i azotanów(V) w korzeniach pietruszki. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2016, 4, 748-755.

#### EFFECT OF PRE-TREATMENTS ON CONTENT OF SOME SELECTED CONSTITUENTS IN FROZEN 'GEANT D'HIVER' (*SPINACIA OLERACEA* L.) SPINACH CULTIVAR

##### S u m m a r y

In the paper, the content was assessed of some selected components in the spinach stored under refrigerated conditions depending on blanching and cutting processes prior to freezing. In the research study, a 'Geant d'hiver' spinach cultivar was utilized; it was derived from the autumn harvest and purchased at a vegetable producer. Four variants of spinach were frozen and then stored under the refrigerated conditions (six months, at -25 °C): whole and cut (slices 3 cm of width) raw leaves and whole and cut blanched leaves (95 - 96 °C; 120 s). The raw and blanched spinach and the spinach stored 6 months under the refrigerated conditions were analyzed for the content of dry matter, crude fibre, vitamin C, total polyphenols, total chlorophyll, carotenoids and nitrates. It was proved that, compared to the raw spinach, the blanching process significantly decreased the content of dry matter (8.4 %), carotenoids (11.2 %), chlorophyll (17.0 %), vitamin C (29.2 %) and nitrates(V) (46.0 %). The content of the components in the spinach assessed 6 months after the refrigerated storage depended mostly on the blanching process whereas the way of cutting the spinach generally did not significantly impact their concentration. Compared to the non-blanched frozen spinach, in the frozen spinach made from the blanched spinach (whole and cut) significantly more bioactive components were reported: vitamin C, carotenoids, chlorophyll and more polyphenols. On the other hand, the frozen non-blanched spinach was characterized by a significantly higher content of potentially harmful nitrates(V). In relation to the composition of the raw spinach, the average losses of components in the frozen blanched spinach ranged from 5.9 % (raw fibre) to 50.4 % (nitrates(V)) and in the frozen non-blanched spinach those losses ranged from 3.5 % (nitrates(V)) to 72.3 % (vitamin C).

**Key words:** spinach, processing, bioactive components, nitrates(V) ☒