

RÓŻA BIEGAŃSKA-MARECIK, DOROTA WALKOWIAK-TOMCZAK,
ELŻBIETA RADZIEJEWSKA-KUBZDELA

ZMIANY ZAWARTOŚCI AZOTANÓW(V) I (III) W SZPINAKU MAŁO PRZETWORZONYM, PAKOWANYM I PRZECHOWYWANYM W ATMOSFERZE MODYFIKOWANEJ

Streszczenie

W pracy określono wpływ pakowania w atmosferze modyfikowanej przy zastosowaniu folii opakowaniowej o przepuszczalności tlenu 1900 i 3000 $\text{cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h} \cdot \text{bar}$ na zmiany zawartości azotanów(V) i (III) w szpinaku, w ciągu 12 dni przechowywania, w temperaturze 4 °C. Zawartość azotanów(V) zarówno w surowcu, jak i we wszystkich analizowanych próbach pakowanych w atmosferze modyfikowanej była wysoka i wynosiła od 937 do 1212 mg/kg ś.m., nie przekraczała jednak dopuszczalnych poziomów. Po 12 dniach przechowywania prób pakowanych w powietrzu i w atmosferze o składzie: 10 % O₂, 10 % CO₂, 80 % N₂ odnotowano dużą zawartość azotanów(III), przy czym większą zawartością tych związków charakteryzowały się próby zapakowane w folię o przepuszczalności 3000 $\text{cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h} \cdot \text{bar}$ (odpowiednio 105 i 221 mg/kg), mniejszą natomiast próby zapakowane w folię o przepuszczalności 1900 $\text{cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h} \cdot \text{bar}$ (odpowiednio 77 i 124 mg/kg). Próby pakowane w powietrzu i w atmosferze modyfikowanej o składzie: 10 % O₂, 10 % CO₂, 80 % N₂ charakteryzowały się także najniższą jakością sensoryczną, niezależnie od zastosowanego materiału opakowaniowego. Najwyższą jakością sensoryczną, a także najmniejszym wzrostem zawartości azotanów(III) w czasie przechowywania charakteryzowały się próby zapakowane w atmosferze o składzie: 20 % O₂, 5 % CO₂, 75 % N₂ i 20 % O₂, 25 % CO₂, 55 % N₂.

Słowa kluczowe: azotany(V) i (III), szpinak, pakowanie w atmosferze modyfikowanej

Wprowadzenie

Warzywa są głównym źródłem azotanów(V) i (III) w diecie człowieka. Azotany(V) gromadzą się głównie w warzywach korzeniowych (burak ćwikłowy, marchew) oraz w warzywach liściowych o krótkim okresie wegetacji, do których należy m.in. szpinak [5]. Na poziom azotanów(V) w warzywach wpływa typ gleby, dawka i forma nawożenia, termin zbioru, warunki pogodowe i inne [1, 4, 7]. Szkodliwość azota-

Dr inż. R. Biegańska-Marecik, dr inż. D. Walkowiak-Tomczak, dr inż. E. Radziejewska-Kubzdela, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań

nów(V) wynika z możliwości ich redukcji do azotanów(III). Związki te przyczyniają się do powstania methemoglobinemii oraz biorą udział w tworzeniu kancerogennych nitrozoamin [1]. Z drugiej strony, zaskakujące są najnowsze hipotezy o korzystnym oddziaływaniu azotanów(III) i tlenków azotu na organizm człowieka. Lundberg i wsp. [9] wysunęli hipotezę, że azotany(V), po biokonwersji do azotanów(III) lub jako nitrozozwiązki, są głównym czynnikiem odpowiedzialnym za pozytywną rolę warzyw w zapobieganiu chorobom kardiologicznym.

Azotany(III) w warzywach mogą się tworzyć podczas składowania i przechowywania w opakowaniach zamkniętych, najczęściej foliowych, w pomieszczeniach niechłodzonych bądź na skutek uszkodzenia tkanki lub zachodzących procesów gnilnych [4, 6, 10].

Pakowanie w atmosferze modyfikowanej jest coraz częściej stosowaną metodą przedłużania trwałości, a tym samym czasu przechowywania warzyw o małym stopniu przetworzenia. Zastosowanie do pakowania materiału opakowaniowego odpowiednio dobranego do surowca jest istotnym elementem decydującym o jakości przechowywanego produktu, w tym również o zmianach zawartości azotanów(V) i (III) [2, 3]. W przypadku produktów o małym stopniu przetworzenia, w których w trakcie przechowywania zachodzą procesy oddechowe, przepuszczalność opakowania jest kluczowym elementem zabezpieczającym przed wytworzeniem warunków beztlenowych, mogących powodować nagromadzenie azotanów(III).

Celem pracy było określenie wpływu pakowania w atmosferze modyfikowanej, przy zastosowaniu folii opakowaniowej o różnej przepuszczalności tlenu, na zmiany zawartości azotanów(V) i (III) w czasie przechowywania szpinaku.

Materiał i metody badań

Surowiec do badań: szpinak odmiany Sporter, pochodzący ze zbioru wiosennego, zakupiono w sprzedaży detalicznej. Warzywa po umyciu, osuszeniu i częściowym rozdrobnieniu (wielkość cząstek liści po rozdrobnieniu ok. 2 cm) płukano w roztworze kwasu askorbinowego i cytrynowego (stężenie obu kwasów w roztworze wynosiło 0,5%), po czym ponownie osuszano.

Do pakowania zastosowano dwa rodzaje folii o różnej przepuszczalności tlenu: My Films Standard (Cryovac) o przepuszczalności tlenu $3000 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$ oraz Intact SP 100 (Cryovac) o przepuszczalności tlenu $1900 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$. Umyty, rozdrobniony i osuszony surowiec umieszczano na tackach styropianowych w opakowaniach z ww. folii i zamykano przy użyciu zamykarki próżniowej AG 900 (Multivac). Do pakowania prób zastosowano trzy składy atmosfery modyfikowanej: 10 % O_2 , 10 % CO_2 , 80 % N_2 ; 20 % O_2 , 5 % CO_2 , 75 % N_2 i 20 % O_2 , 25 % CO_2 , 55 % N_2 oraz atmosferę powietrza. Otrzymany produkt przechowywano w temp. 4°C przez 12 dni.

Oznaczanie azotanów(V) i (III), ocenę sensoryczną oraz pozostałe analizy fizykochemiczne produktu przeprowadzano po 1, 6 i 12 dniach przechowywania.

Zawartość azotanów(V) i (III) oznaczano metodą kolorymetryczną z odczynnikami Griessa (długość fali $\lambda = 538$ nm), z wykorzystaniem bezpośredniej redukcji azotanów(V) do azotanów(III) za pomocą metalicznego kadmu, zgodnie z normą PN-92/A-75112, odpowiadającą normie ISO 6635:1984 [11]. We wstępnym etapie oznaczania próby wytrząsano z węglem aktywnym, w celu usunięcia zabarwienia pochodzącego z chlorofilu.

Oznaczenie pH wykonywano przy użyciu pH-metru, w zhomogenizowanej miazdze szpinaku. Oznaczenie ekstraktu ogólnego wykonywano metodą refraktometryczną. Ocenę sensoryczną przeprowadzano metodą 5-punktową, bezpośrednio po otwarciu opakowań z produktem. Oceniano zapach (typ), barwę (rodzaj i wyrównanie) oraz obecność wycieku w opakowaniu.

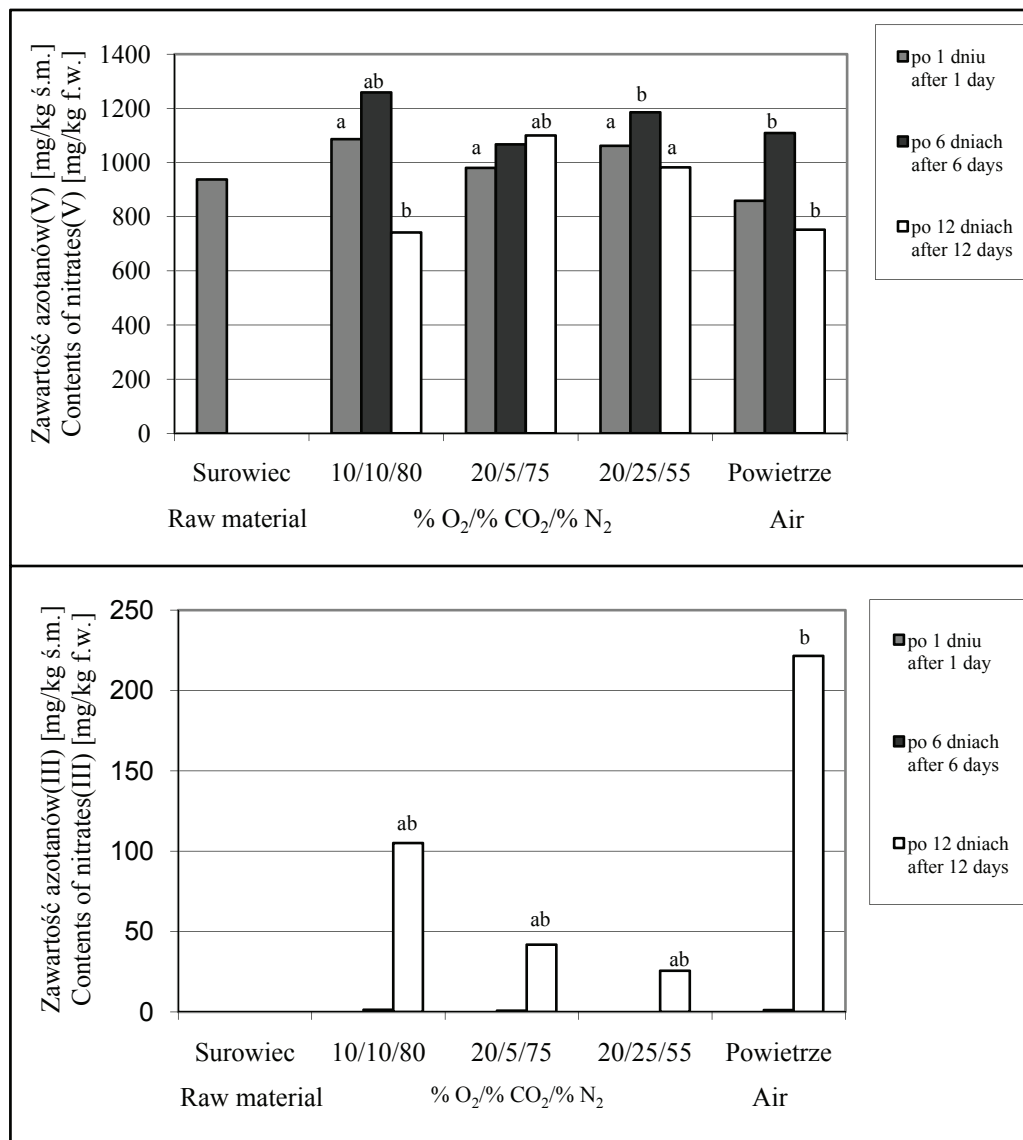
Statystyczną analizę wyników przeprowadzono stosując analizę wariancji i test NIR Fishera (przy poziomie istotności $p \leq 0,05$). Obliczenia wykonywano za pomocą programu komputerowego Statistica wersja 7.1.

Wyniki i dyskusja

Zawartość azotanów(V) zarówno w surowcu, jak i we wszystkich analizowanych próbach szpinaku pakowanego w atmosferze modyfikowanej nie przekraczała dopuszczalnych poziomów [12]. Zawartość azotanów(V) w surowcu wynosiła od 937 do 968 mg/kg, natomiast w próbach pakowanych w atmosferze modyfikowanej i w powietrzu, po jednym dniu przechowywania, mieściła się w zakresie od 858 do 1212 mg/kg (rys. 1 i 2). Zgodnie z dyrektywą WHO/FAO [8] dopuszczalne dzienne pobranie (ADI) azotanów(V) wynosi 5,00 mg NaNO_3/kg masy ciała, czyli ADI wynosi przeciętnie (masa ciała 70 kg) 350 mg NaNO_3 . Zatem w przypadku badanego surowca, przyjmując średnią zawartość azotanów(V) 952 mg/kg, przekroczenie ADI następuje już przy spożyciu 368 g szpinaku. Jednak zgodnie z rozporządzeniem Komisji (WE) nr 1822/2005 [12] dopuszczalna zawartość azotanów(V) w szpinaku świeżym zbieranym od 1 października do 31 marca może wynosić do 3000 mg NO_3^-/kg ś.m, zaś w zbieranym od 1 kwietnia do 30 września, do 2500 mg NO_3^-/kg ś.m. Wg danych literaturowych zawartość azotanów(V) w szpinaku waha się w zakresie od 200 do 5500 mg/kg [1, 6, 7, 9].

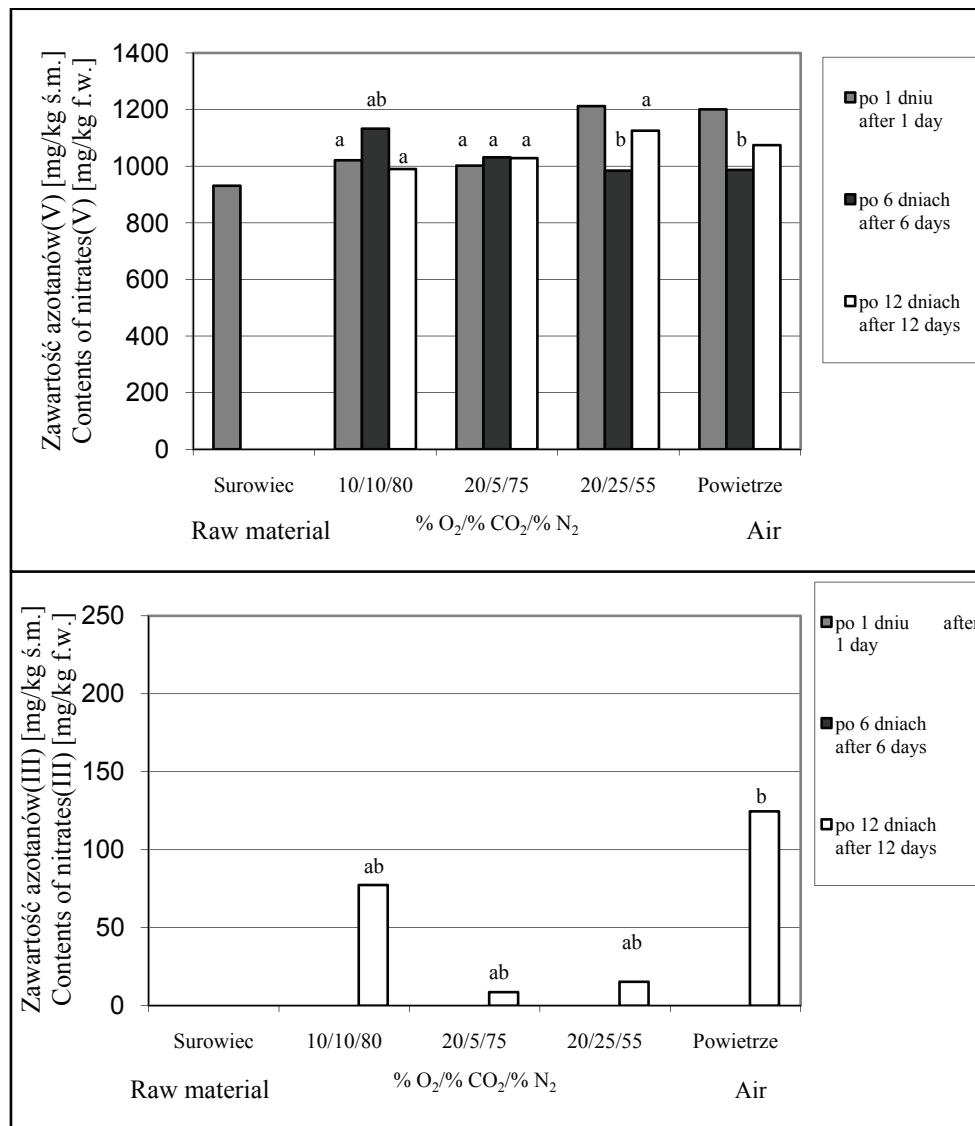
W czasie przechowywania prób pakowanych w opakowania z folii o przepuszczalności tlenu $3000 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$ istotne zmniejszenie zawartości azotanów(V) stwierdzono po 12 dniach przechowywania prób pakowanych w powietrzu i w atmosferze o składzie 10 % O_2 , 10 % CO_2 , 80 % N_2 (rys. 2). W próbach tych po 12 dniach przechowywania zaobserwowano jednocześnie istotny wzrost zawartości azotanów(III), a także znaczne obniżenie jakości sensorycznej. W pozostałych próbach pakowanych w tę folię, a także we wszystkich próbach pakowanych w opakowania z folii o przepuszczalności tlenu $1900 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$, po 12 dniach przechowywania wykazano jedy-

nie niewielkie, statystycznie istotne zmiany zawartości azotanów(V) w porównaniu z próbkami przechowywanymi przez 1 dzień (rys. 1 i 2).



Rys. 1. Zawartość azotanów(V) i (III) w szpinaku świeżym oraz pakowanym w atmosferze modyfikowanej przy zastosowaniu do pakowania folii MY FILMS Standard o przepuszczalności tlenu $3000 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h-bar}$, w ciągu 12 dni przechowywania w temperaturze $4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Fig. 1. Contents of nitrates (V) and (III) in fresh spinach and in spinach packed the in modified atmosphere using a MY FILMS Standard film of an oxygen permeability of $3000 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h-bar}$, during the 12-day storage at $4 \text{ }^\circ\text{C}$.



Rys. 2. Zawartość azotanów (V) i (III) w szpinaku świeżym oraz pakowanym w atmosferze modyfikowanej przy zastosowaniu do pakowania folii INTACT SP 100 o przepuszczalności tlenu 1900 w $\text{cm}^3/\text{m}^2/24$ h·bar, w ciągu 12 dni przechowywania w temperaturze 4 °C.

Fig. 2. Contents of nitrates (V) and (III) in fresh spinach and in spinach packed in the modified atmosphere using an INTACT SP 100 film of an oxygen permeability of 1900 $\text{cm}^3/\text{m}^2/24$ h·bar, during the 12-day storage at 4 °C.

Zarówno w surowcu, jak i we wszystkich analizowanych próbach po 1 dniu przechowywania nie stwierdzono obecności azotanów(III). W próbach pakowanych w folię

o przepuszczalności $3000 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$, po 6 dniach przechowywania zawartość azotanów(III) była na poziomie od 0 do $1,31 \text{ mg/kg}$, natomiast po 12 dniach mieściła się w zakresie od $25,6$ do $221,5 \text{ mg/kg}$. Przy czym dużą zawartością charakteryzowała się próba zapakowana w atmosferze o składzie $10 \% \text{ O}_2$, $10 \% \text{ CO}_2$, $80 \% \text{ N}_2$ ($105,1 \text{ mg/kg}$), największą natomiast próba pakowana w powietrzu ($212,5 \text{ mg/kg}$) (rys. 1 i 2). Podobną zależność zaobserwowano w próbach pakowanych w folię Intact SP 100 o przepuszczalności tlenu $1900 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$, w których po 6 dniach przechowywania nie stwierdzono obecności azotanów(III), natomiast po 12 dniach największą zawartością tych związków charakteryzowały się próby pakowane w atmosferze o składzie $10 \% \text{ O}_2$, $10 \% \text{ CO}_2$, $80 \% \text{ N}_2$ ($77,4 \text{ mg/kg}$) oraz w powietrzu ($124,6 \text{ mg/kg}$) (rys. 1 i 2). Zgodnie z dyrektywą WHO/FAO [8] dopuszczalne dzienne pobranie (ADI) azotanów(III) wynosi $0,20 \text{ mg NaNO}_2/\text{kg}$ masy ciała, zatem przeciętnie dla człowieka o masie ciała 70 kg dzienne ADI wynosi 14 mg NaNO_2 . Bąkowski i wsp. [2] określili nagromadzanie azotanów(III) na poziomie 100 mg/kg w szpinaku przechowywanym w litych woreczkach foliowych, natomiast w szpinaku przechowywanym w woreczkach perforowanych lub bez opakowania nie stwierdzano obecności azotanów(III). Wzrostowi zawartości azotanów(III), podobnie jak w niniejszej pracy, towarzyszył ubytek zawartości azotanów(V). Biegańska-Marecik i wsp. [3] wykazali wzrost zawartości azotanów(III) w szpinaku i jarmużu pakowanych w folię z orientowanego poliamidu/polietylenu o niskiej przepuszczalności tlenu i przechowywanych w modyfikowanej atmosferze, zwłaszcza w próbach zapakowanych w atmosferze o 20% i niższej początkowej zawartości tlenu w opakowaniu.

Próby pakowane w powietrzu i w atmosferze modyfikowanej o składzie $10 \% \text{ O}_2$, $10 \% \text{ CO}_2$, $80 \% \text{ N}_2$ charakteryzowały się najniższą jakością sensoryczną niezależnie od zastosowanego materiału opakowaniowego, przy czym największe obniżenie jakości nastąpiło pomiędzy 6 a 12 dniem przechowywania. Największe zmiany cech sensorycznych stwierdzono w ww. próbach przy zastosowaniu folii My Films Standard o przepuszczalności $3000 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$ (tab. 1). Po 12 dniach przechowywania zaobserwowano w tych próbach oznaki gnicia, co, jak należy przypuszczać, było powodem gwałtownego wzrostu zawartości azotanów(III). Wartość pH surowca oraz wszystkich zapakowanych prób mieściła się w zakresie od $6,4$ do $6,9$ (tab. 1). W ciągu 12 dni przechowywania produktu wykazano niewielki, jednak statystycznie istotny, wzrost wartości pH wszystkich analizowanych prób (tab. 1). Świeży szpinaku zawierał $6,0 \%$ ekstraktu, natomiast w próbach pakowanych w powietrzu i atmosferze modyfikowanej było go od $5,8$ do $6,3 \%$. Po 12 dniach przechowywania prób stwierdzono statystycznie istotny ubytek zawartości ekstraktu we wszystkich próbach, przy czym największy ubytek (do wartości ok. $4,0 \%$) wystąpił w próbach o najniższej jakości sensorycznej, tzn. zapakowanych w powietrzu oraz atmosferze o składzie: $10 \% \text{ O}_2$, $10 \% \text{ CO}_2$, $80 \% \text{ N}_2$ (tab. 1).

Tabela 1

Wyróżniki fizykochemiczne i jakość sensoryczna szpinaku pakowanego w atmosferze modyfikowanej, przechowywanego przez 12 dni w temperaturze 4 °C.

Physical & chemical characteristics and sensory quality of spinach packed in the modified atmosphere, and stored for 12 days 4 °C.

Skład atmosfery w opakowaniu szpinaku Composition of the atmosphere in the package with spinach	Czas przechowywania [dni] Storage time [days]	pH	Ekstrakt [%] Extract [%]	Ogólna ocena sensoryczna General sensory quality
Surowiec Raw material	0	6,54 ± 0,06	6,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0
Folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm ³ /m ² /24 h·atm. Film with oxygen permeability 3000 cm ³ /m ² /24 h·atm				
10 % O ₂ , 10 % CO ₂ , 80 % N ₂	1	6,71 ± 0,03 a	5,9 ± 0,3 b	4,7 ± 0,1 a
	6	6,60 ± 0,10	4,7 ± 0,6 ab	3,5 ± 0,0 ab
	12	6,98 ± 0,07 ab	4,3 ± 0,6 a	2,2 ± 0,0 ab
20 % O ₂ , 5 % CO ₂ , 75 % N ₂	1	6,67 ± 0,06 a	5,8 ± 0,0	5,0 ± 0,0
	6	6,92 ± 0,04 ab	5,3 ± 0,1 a	4,3 ± 0,1 ab
	12	7,34 ± 0,09 ab	4,5 ± 0,5 ab	3,7 ± 0,1 ab
20 % O ₂ , 25 % CO ₂ , 55 % N ₂	1	6,59 ± 0,01	5,5 ± 0,0	4,8 ± 0,1 a
	6	6,67 ± 0,04 a	5,0 ± 0,8 a	4,1 ± 0,1 ab
	12	6,83 ± 0,18 ab	4,6 ± 0,6 a	3,9 ± 0,1 ab
Powietrze Air	1	6,43 ± 0,03	6,3 ± 0,3	4,8 ± 0,1 a
	6	6,64 ± 0,02 b	5,5 ± 0,5 b	3,5 ± 0,2 ab
	12	6,97 ± 0,10 ab	4,0 ± 0,0 ab	1,2 ± 0,1 ab
Folia o przepuszczalności tlenu 1900 cm ³ /m ² /24 h·atm Film of an oxygen permeability of 1900 cm ³ /m ² /24 h·atm.				
10 % O ₂ , 10 % CO ₂ , 80 % N ₂	1	6,66 ± 0,03 a	5,7 ± 0,3	4,7 ± 0,1 a
	6	6,60 ± 0,03	4,9 ± 0,2 ab	3,4 ± 0,1 ab
	12	6,80 ± 0,07 ab	4,0 ± 0,3 ab	2,3 ± 0,0 ab
20 % O ₂ , 5 % CO ₂ , 75 % N ₂	1	6,49 ± 0,05	5,8 ± 0,0	5,0 ± 0,0
	6	6,84 ± 0,04 ab	4,6 ± 0,2 ab	4,4 ± 0,1 ab
	12	7,16 ± 0,04 ab	4,2 ± 0,2 ab	4,0 ± 0,0 ab
20 % O ₂ , 25 % CO ₂ , 55 % N ₂	1	6,41 ± 0,01 a	5,6 ± 0,0 a	4,9 ± 0,1
	6	6,47 ± 0,04	5,0 ± 0,3 ab	4,2 ± 0,0 ab
	12	6,88 ± 0,09 ab	4,5 ± 0,4 ab	3,9 ± 0,1 ab
Powietrze Air	1	6,53 ± 0,03	5,8 ± 0,3	4,7 ± 0,1 a
	6	6,50 ± 0,02	5,5 ± 0,3 a	3,5 ± 0,2 ab
	12	6,77 ± 0,03 ab	4,0 ± 0,1 ab	2,2 ± 0,2 ab

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a – statystycznie istotna różnica (p≤0,05) pomiędzy wybranym wyróżnikiem fizykochemicznym prób zapakowanych w powietrzu i atmosferze modyfikowanej o różnym składzie a próbą świeżą / statistically

significant difference ($p \leq 0.05$) between the selected physical & chemical characteristic of the fresh sample and of the samples packed in the air and in the modified atmosphere of varying composition;

b – statystycznie istotna różnica ($p \leq 0,05$) pomiędzy wybranym wyróżnikiem fizykochemicznym prób po 6 i 12 dniach przechowywania a wartością badanego wyróżnika po jednym dniu przechowywania w obrębie próby / statistically significant difference ($p \leq 0.05$) between one selected physical & chemical characteristic of the samples stored for 6 and 12 days and the value of the characteristic tested after the one day storage.

Duże nagromadzenie azotanów(III) w próbach zapakowanych w powietrzu i atmosferze o składzie: 10 % O₂, 10 % CO₂, 80 % N₂ oraz ich niska jakość sensoryczna po 12 dniach przechowywania wynika prawdopodobnie z szybkiego powstania w czasie przechowywania warunków beztlenowych (tab. 1). W przypadku próby zapakowanej w atmosferze o składzie: 10 % O₂, 10 % CO₂, 80 % N₂ nagromadzenie azotanów(III) było mniejsze, a ogólna jej jakość sensoryczna była nieznacznie wyższa, co może wynikać z korzystnego wpływu podwyższonego stężenia ditlenku węgla zastosowanego do pakowania. W próbach zapakowanych w atmosferze o składzie: 20 % O₂, 5 % CO₂, 75 % N₂ i 20 % O₂, 25 % CO₂, 55 % N₂ podwyższona zawartość ditlenku węgla, pomimo zbliżonej do powietrza zawartości tlenu, spowodowała spowolnienie procesów fizjologicznych rośliny i wolniejsze zużycie tlenu (dane niepublikowane). Próby te charakteryzowały się zarówno wyższą jakością sensoryczną, jak i niskim poziomem zawartości azotanów(III) w ciągu 12 dni przechowywania.

Wnioski

1. Zawartość azotanów(V) zarówno w surowcu, jak i we wszystkich analizowanych próbach pakowanych w atmosferze modyfikowanej była duża i wynosiła od 937 do 1212 mg/kg ś.m., nie przekraczała jednak dopuszczalnych poziomów.
2. Po 12 dniach przechowywania prób pakowanych w powietrzu i w atmosferze o składzie: 10 % O₂, 10 % CO₂, 80 % N₂ odnotowano wysoką zawartość azotanów(III), przy czym istotnie większą zawartością tych związków charakteryzowały się próby zapakowane w folię o przepuszczalności tlenu 3000 cm³/m²/24 h (odpowiednio 105 i 221 mg/kg), istotnie niższą natomiast próby zapakowane w folię o przepuszczalności 1900 cm³/m²/24 h (odpowiednio 77 i 124 mg/kg).
3. Próby pakowane w powietrzu i w atmosferze modyfikowanej o składzie: 10 % O₂, 10 % CO₂, 80 % N₂ charakteryzowały się także najniższą jakością sensoryczną niezależnie od zastosowanego materiału opakowaniowego, przy czym największe obniżenie jakości nastąpiło pomiędzy 6 a 12 dniem przechowywania przy zastosowaniu folii o przepuszczalności tlenu 3000 cm³/m²/24 h.
4. Najwyższą jakością sensoryczną, a także mniejszym wzrostem poziomu azotanów(III) w czasie przechowywania charakteryzowały się próby zapakowane w atmosferze o składzie: 20 % O₂, 5 % CO₂, 75 % N₂ i 20 % O₂, 25 % CO₂, 55 % N₂.

Praca była prezentowana podczas VI Konferencji Naukowej nt. „Nowoczesne metody analityczne w zapewnieniu jakości i bezpieczeństwa żywności”, Warszawa, 6 - 7 grudnia 2007 r.

Literatura

- [1] Amr A., Hadidi N.: Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO₃) and nitrite (NO₂) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. *J. Food Comp. Anal.*, 2001, 14, 59-67.
- [2] Bąkowski J., Michalik H., Horbowicz M.: Wpływ opakowania i warunków składowania na niektóre cechy jakościowe szpinaku. *Biul. Warzyw.*, 1996, 45, 91-103.
- [3] Biegańska-Marecik R., Walkowiak-Tomczak D., Czapski J.: Changes in contents of nitrates(III) and (V) in spinach (*Spinacia oleracea*) and kale (*Brassica oleracea var acephala*) under modified atmosphere storage conditions. *Pol. J. Envir. Stud.*, 2006, 15 (2b), 56-59.
- [4] Elia A., Santamaria P., Serio F.: Nitrogen nutrition, yield and quality of spinach. *J. Sci. Food Agric.* 1998, 76.
- [5] Grevsen K., Kaack K.: Quality attributes and morphological characteristics of spinach (*Spinacia oleracea* L) cultivars for industrial processing. *J. Veg. Crop., Production.*, 1996, 2, 15-19.
- [6] Jaworska G.: Content of nitrates, nitrites, and oxalates in New Zealand spinach. *Food Chem.*, 2005, 89 (7), 235-242.
- [7] Jaworska G., Kmiecik W.: Content of selected mineral compounds, nitrates III and V, and oxalates in spinach (*Spinacia oleracea* L.) and New Zealand spinach (*Tetragonia expansa murr.*) from spring and autumn growing seasons. *EJPAU, Food Sci. Technol.* 1999, 2 (2), 1-10.
- [8] JECFA: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives – Evaluation of certain food additives and contaminants. World Health Organization, 2002.
- [9] Lundberg J.O., Feelish M., Bjorne H., Jansson E.A., Weitzberg E.: Cardioprotective effects of vegetables: Is nitrite the answer? *Ni. Ox. Biol Chem.* 2006, 15, 359-362.
- [10] Michalik H., Bąkowski J.: Zawartość azotanów i azotynów w przetworach z marchwi i szpinaku w czasie składowania i przygotowania do spożycia. *Przem. Ferm. Owoc. Warzyw.*, 1996, 6, 32-34.
- [11] PN-92/A-75112. Owoce, warzywa i ich przetwory. Oznaczanie zawartości azotynów i azotanów.
- [12] [12] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1822/2005 z dnia 8 listopada 2005 zmieniające rozporządzenie (WE) nr 466/2001 w odniesieniu do azotanów w niektórych warzywach. *Dz. Urz. UE* z 9.11.2005, L 293/11.

CHANGES IN THE CONTENT OF NITRATES (III) AND (V) IN THE MINIMALLY PROCESSED SPINACH PACKED AND STORED IN MODIFIED ATMOSPHERE

Summary

Under the study presented, it was determined the effect of packing spinach in a modified atmosphere and using a packaging film of an oxygen permeability of 1900 and 3000 cm³/m²/24 h·bar on changes in nitrates(III) and (V) in the spinach packed during its 12-day storage at 4 °C. The content of nitrate(V) was high in both the raw material and all the analyzed samples packed in a modified atmosphere; it ranged from 937 to 1212 mg/kg f.w., though, it did not exceed the admissible limits. A high content of nitrates(III) was recorded in the samples stored for 12 days and packed in air and in the atmosphere with

10 % O₂, 10 % CO₂, and 80 % N₂. The samples wrapped with the film of a permeability of 3000 cm³/m²/24 h·bar (105 and 221 mg/kg, respectively) had a higher content of nitrates(III), whereas the samples wrapped with the film of a permeability of 1900 cm³/m²/24 h·bar (77 and 124 mg/kg, respectively) had lower contents of nitrates(III). The samples packed in the air and in the modified atmosphere with 10 % O₂, 10 % CO₂ and 80 % N₂ were characterized by the worst sensory quality, irrespective of the applied packing material. It was found that the samples packed in the atmosphere containing 20 % O₂, 5 % CO₂, 75 % N₂ and 20 % O₂, 25 % CO₂, 55 % N₂ had the best sensory quality and the lowest increase in the contents of nitrates(III) during their storage.

Key words: nitrates(V) and (III), spinach, packing in the modified atmosphere ☒