

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 % O<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub>, 80 % N<sub>2</sub> 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 % O<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub>, 80 % N<sub>2</sub> 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 % O<sub>2</sub>, 5 % CO<sub>2</sub>, 75 % N<sub>2</sub> i 20 % O<sub>2</sub>, 25 % CO<sub>2</sub>, 55 % N<sub>2</sub>.

**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 %  $\text{O}_2$ , 10 %  $\text{CO}_2$ , 80 %  $\text{N}_2$ ; 20 %  $\text{O}_2$ , 5 %  $\text{CO}_2$ , 75 %  $\text{N}_2$  i 20 %  $\text{O}_2$ , 25 %  $\text{CO}_2$ , 55 %  $\text{N}_2$  oraz atmosferę powietrza. Otrzymany produkt przechowywano w temp.  $4^\circ\text{C}$  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.

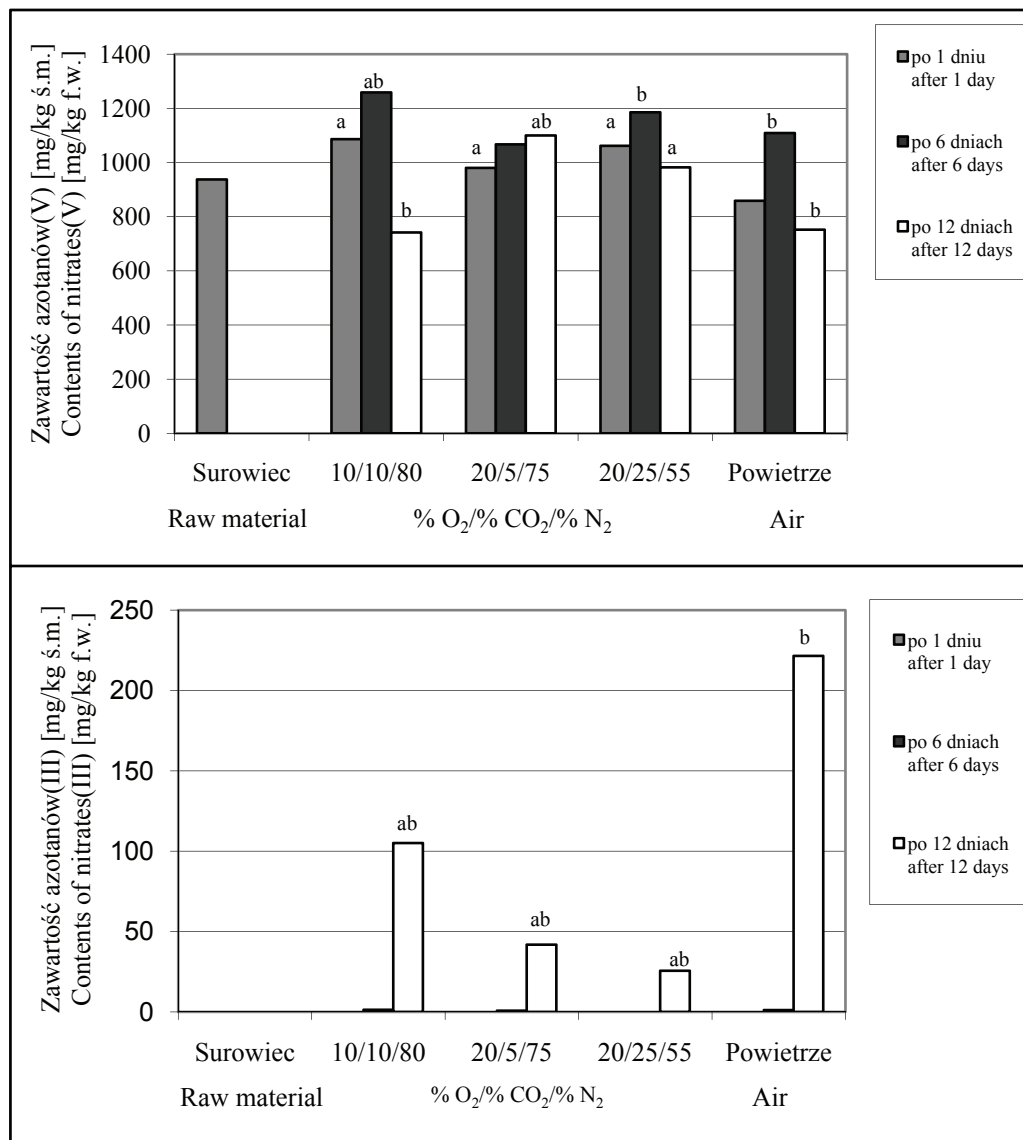
Statystyczną analizę wyników przeprowadzono stosując analizę wariancji i test NIR Fishera (przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$ ). Obliczenia wykonywano za pomocą programu komputerowego Statistica wersja 7.1.

## 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  $\text{NaNO}_3/\text{kg}$  masy ciała, czyli ADI wynosi przeciętnie (masa ciała 70 kg) 350 mg  $\text{NaNO}_3$ . 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  $\text{NO}_3^-/\text{kg}$  ś.m, zaś w zbieranym od 1 kwietnia do 30 września, do 2500 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg}$  ś.m. Wg danych literaturowych zawartość azotanów(V) w szpinaku waha się w zakresie od 200 do 5500 mg/kg [1, 6, 7, 9].

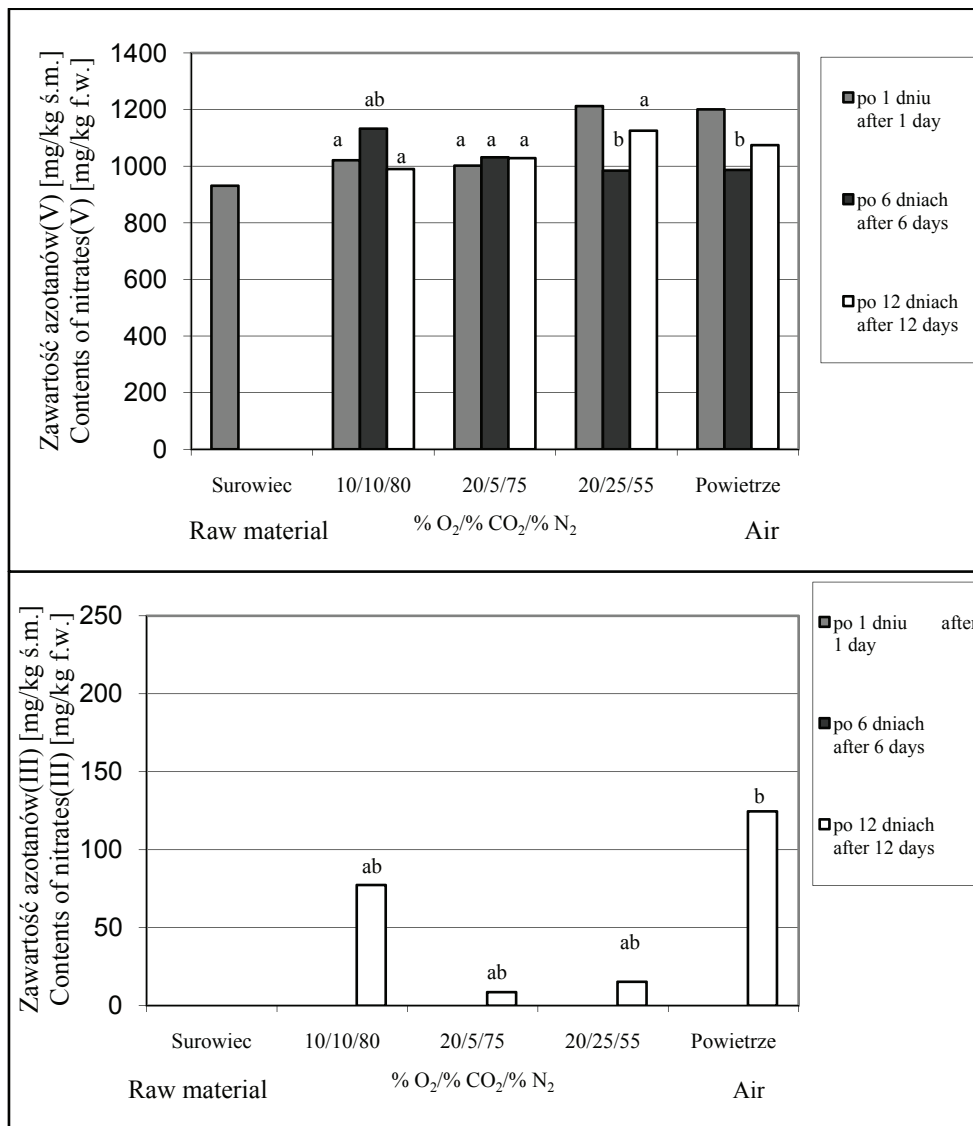
W czasie przechowywania prób pakowanych w opakowania z folii o przepuszczalności tlenu  $3000 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24 \text{ h}$  istotne zmniejszenie zawartości azotanów(V) stwierdzono po 12 dniach przechowywania prób pakowanych w powietrzu i w atmosferze o składzie 10 %  $\text{O}_2$ , 10 %  $\text{CO}_2$ , 80 %  $\text{N}_2$  (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  $70 \text{ kg}$  dzienne ADI wynosi  $14 \text{ mg NaNO}_2$ . Bąkowski i wsp. [2] określili nagromadzanie azotanów(III) na poziomie  $100 \text{ mg/kg}$  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 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h·atm. Film with oxygen permeability 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h·atm				
10 % O <sub>2</sub> , 10 % CO <sub>2</sub> , 80 % N <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub> , 5 % CO <sub>2</sub> , 75 % N <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub> , 25 % CO <sub>2</sub> , 55 % N <sub>2</sub>	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 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h·atm Film of an oxygen permeability of 1900 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h·atm.				
10 % O <sub>2</sub> , 10 % CO <sub>2</sub> , 80 % N <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub> , 5 % CO <sub>2</sub> , 75 % N <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub> , 25 % CO <sub>2</sub> , 55 % N <sub>2</sub>	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 % O<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub>, 80 % N<sub>2</sub> 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 % O<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub>, 80 % N<sub>2</sub> 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 % O<sub>2</sub>, 5 % CO<sub>2</sub>, 75 % N<sub>2</sub> i 20 % O<sub>2</sub>, 25 % CO<sub>2</sub>, 55 % N<sub>2</sub> 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 % O<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub>, 80 % N<sub>2</sub> odnotowano wysoką zawartość azotanów(III), przy czym istotnie większą zawartością tych związków charakteryzowały się próby zapakowane w folię o przepuszczalności tlenu 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h (odpowiednio 105 i 221 mg/kg), istotnie niższą natomiast próby zapakowane w folię o przepuszczalności 1900 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h (odpowiednio 77 i 124 mg/kg).
3. Próby pakowane w powietrzu i w atmosferze modyfikowanej o składzie: 10 % O<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub>, 80 % N<sub>2</sub> 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 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/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 % O<sub>2</sub>, 5 % CO<sub>2</sub>, 75 % N<sub>2</sub> i 20 % O<sub>2</sub>, 25 % CO<sub>2</sub>, 55 % N<sub>2</sub>.



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 (NO<sub>3</sub>) and nitrite (NO<sub>2</sub>) 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 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/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 % O<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub>, and 80 % N<sub>2</sub>. The samples wrapped with the film of a permeability of 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/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 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/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 % O<sub>2</sub>, 10 % CO<sub>2</sub> and 80 % N<sub>2</sub> 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 % O<sub>2</sub>, 5 % CO<sub>2</sub>, 75 % N<sub>2</sub> and 20 % O<sub>2</sub>, 25 % CO<sub>2</sub>, 55 % N<sub>2</sub> 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 ☒