

Ewelina HALLMANN¹, Ewa REMBIAŁKOWSKA¹, Adriana DEREJKO²

¹ SGGW, Wydział Nauk o Żywności Człowieka i Konsumpcji,

Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa.

ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

e-mail: ewelina_hallmann@sggw.pl

² SGGW, Wydział Rolnictwa i Biologii, Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki

THE INFLUENCE OF PACKAGE AND FREEZING SYSTEM ON BIOACTIVE COMPOUNDS CONTENT IN TOMATO FRUITS FROM ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION

Summary

The freezing of tomato could be a good method for tomato processing as well as using it as fresh fruit in time when tomato lacks on the market. In the present literature there is no information about freezing process of organic tomato. The aim of the work was to measure the influence of the farm management, kind of package and tomato cultivar on bioactive compounds content in frozen tomato fruits. For experiment three standard tomatoes (Mercury, Akord and Rumba) and two cherry tomatoes (Conchita and Picolino) were used. The fruits were obtained from two organic (certificated) and two neighboring production farms. After harvest tomato fruits were selected, washed and frozen. Two different kinds of package were used: plastic bags and vacuum bags. After six month of freezing tomato fruits were freeze-dried and chemical analysis was made. The content of dry matter (before freeze-drying), total and reducing sugars, acidity, vitamin C, carotenoids and polyphenols were measured. The obtained results showed that organic tomato contained significantly more dry matter, organic acids, vitamin C, gallic, chlorogenic acids, total flavonoids, myricetin, kaempferol, and apigenin compared to conventional frozen tomato. The conventional frozen tomato contained significantly more total and reducing sugars as well as quercetin compared to organic ones. The vacuum packed tomato contained significantly more organic acids, vitamin C and quercetin compared to tomato packed in plastic bags. The fruits packed in normal, plastic bags (not-vacuum) contained significantly more dry matter, total and reducing sugars, lycopene, phenolic acids and flavonoids (without quercetin). Among the examined cultivars cherry fruit Conchita cv. had the best nutritive value after freezing and among standard tomato - Rumba cv

Key words: tomatoes, organic production, conventional production, package, freezing

WPLYW SPOSOBU PAKOWANIA ORAZ MROŻENIA NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE CZYNNYCH W OWOCACH POMIDORA Z PRODUKCJI EKOLOGICZNEJ I KONWENCJONALNEJ

Streszczenie

Mrożenie pomidorów może być bardzo dobrą metodą na wzbogacenie diety w okresie, gdy na rynku brakuje świeżych owoców. Ponieważ istnieje niewiele badań na temat jakości pomidorów ekologicznych poddanych procesowi mrożenia, dlatego uznano za celowe podjęcie prezentowanych badań. Do doświadczenia wybrano trzy odmiany pomidorów standardowych Merkur, Akord, Rumba oraz dwie odmiany drobnoowocowe Conchita i Picolino. Dodatkowo zastosowano dwa systemy pakowania pomidorów: pakowanie zwykłe (torebki polietylenowe z suwakiem) oraz pakowanie próżniowe. Owoce pochodzące z dwóch par gospodarstw ekologicznych (certyfikowanych) oraz odpowiadających im gospodarstw konwencjonalnych poddano mrożeniu. Po sześciu miesiącach owoce zostały zliofilizowane i oznaczono w nich zawartość suchej masy, cukrów ogółem, bezpośrednio redukujących, kwasów organicznych oraz zawartość związków biologicznie czynnych: witaminy C, karotenoidów z rozdziałem na frakcje betakarotenu i likopenu, flawonoidów, jak też kwasów fenolowych. Otrzymane wyniki wskazały, że po procesie mrożenia pomidory ekologiczne zawierały istotnie więcej suchej masy, kwasów organicznych, witaminy C, a z grupy związków polifenolowych kwasu galusowego, chlorogenowego, flawonoidów ogółem, myricetyny, kempferolu oraz apigeniny w porównaniu z mrożonymi pomidorami konwencjonalnymi. Mrożone pomidory konwencjonalne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością cukrów ogółem i redukujących oraz kwercetyny w porównaniu z mrożonymi pomidorami ekologicznymi. Mrożone pomidory pakowane próżniowo zawierały istotnie więcej kwasów organicznych, witaminy C oraz kwercetyny w porównaniu z mrożonymi pomidorami pakowanymi zwyczajnie w woreczki z suwakiem. Mrożone pomidory pakowane zwyczajnie w woreczki z suwakiem charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy, cukrów ogółem i redukujących, likopenu, wszystkich kwasów fenolowych oraz flawonoidów z wyjątkiem kwercetyny niż pomidory pakowane próżniowo. Odmianą drobnoowocową (typu cherry) o najkorzystniejszych parametrach wartości odżywczej po procesie mrożenia okazała się odmiana Conchita, a wśród odmian standardowych odmiana Rumba.

Słowa kluczowe: pomidory, produkcja ekologiczna, produkcja konwencjonalna, pakowanie, mrożenie

1. Wstęp

Żywność ekologiczna cieszy się coraz większym zainteresowaniem wśród konsumentów. Jest to związane z prze-

konaniem, że jest to żywność bardziej bezpieczna oraz charakteryzuje się wyższą wartością odżywczą w porównaniu z żywnością konwencjonalną. Bezpieczeństwo żywności ekologicznej polega na przestrzeganiu surowych reguł stosowania,

wanych w produkcji ekologicznej określonej w Rozporządzeniu Komisji WE nr. 889/2008 [21]. Pomidor jest warzywem bogatym w liczne związki biologicznie aktywne z grupy karotenoidów (likopen) oraz polifenoli (kwas galusowy, chlorogenowy, rutynę, kwercetynę czy kempferol) [1, 4, 11]. W Polsce pomidor jest warzywem sezonowym i mrożenie może być bardzo dobrą metodą na wzbogacenie diety w okresie, gdy na rynku brakuje świeżych owoców. Jednocześnie trzeba zapewnić odpowiednie warunki zapakowania owoców, aby po procesie rozmrożenia jakość owoców była możliwie najwyższa. Metoda pakowania próżniowego jest stosowana w dystrybucji i krótkoterminowym przechowywaniu warzyw i owoców minimalnie przetworzonych. Taki sposób pakowania w połączeniu z modyfikowaną atmosferą ogranicza straty związane z procesami oddychania i utraty wilgotności, jakie zachodzą w owocach i warzywach w czasie ich dojrzewania po zbiorze [10, 20]. Pomidor jest również warzywem nadającym się do mrożenia w całości lub we fragmentach (kostka lub ćwiartki). Mrożenie warzyw jest jedną z bardziej łagodnych metod przetwarzania żywności, chociaż też obciążone ryzykiem strat związków bioaktywnych, szczególnie podczas rozmrażania surowca lub produktu [14]. Ponieważ brakuje badań na temat jakości pomidorów ekologicznych poddanych procesowi mrożenia, dlatego uznano za celowe ich podjęcie.

2.2. Materiał i metody

Do doświadczenia wybrano trzy odmiany pomidorów standardowych Merkury, Akord, Rumba oraz dwie odmiany drobnoowocowe Conchita i Picolino. Dodatkowo zastosowano dwa systemy pakowania pomidorów: pakowanie zwykłe (torebki polietylenowe z suwakiem) oraz pakowanie próżniowe (torebki strunowe). Owoce przywiezione z dwóch par gospodarstw ekologicznych (certyfikowanych) oraz odpowiadających im gospodarstw konwencjonalnych zostały umyte, zamrożone w temp. -80°C (12 h), zapakowane i przechowane w temp. -20°C . Po sześciu miesiącach owoce zostały zliofilizowane i oznaczono w nich zawartość suchej masy [19], cukrów ogółem i bezpośrednio redukujących [9], kwasów organicznych [18] oraz zawartość związków biologicznie czynnych: witaminy C [17], karotenoidów z rozdziałem na frakcje betakarotenu i likopenu (metoda HPLC), flawonoidów, jak też kwasów fenolowych (metoda HPLC). Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej z zastosowaniem testu Tukey'a na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Wybrano trójczynnиковą analizę wariancji ANOVA.

3. Wyniki

3.1. Wpływ systemu uprawy: pomidory ekologiczne vs. konwencjonalne

Przeprowadzone badania wykazały, że pomidory ekologiczne poddane procesowi mrożenia charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy, kwasów organicznych oraz witaminy C, jak też zawierały nieznacznie więcej luteiny w porównaniu z pomidorami konwencjonalnymi (tab. 1). Zawartość kwasów fenolowych ogółem była nieznacznie wyższa w owocach ekologicznych w porówna-

niu z pomidorami konwencjonalnymi. Owoce pomidorów ekologicznych charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością dwóch z trzech oznaczonych kwasów fenolowych: galusowego i chlorogenowego. Zawartość trzeciego kwasu fenolowego p-kumarynowego była identyczna w owocach pomidorów ekologicznych i konwencjonalnych (tab. 2). Zawartość flawonoidów ogółem była istotnie wyższa w pomidorach ekologicznych. Jednocześnie zaobserwowano, że owoce pomidorów ekologicznych charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością trzech z pięciu oznaczonych flawonoidów: myricetyny, kempferolu oraz apigeniny, jak też nieznacznie więcej rutyny w porównaniu z pomidorami konwencjonalnymi (tab. 2).

3.2. Wpływ sposobu pakowania pomidorów: pakowanie próżniowe vs. pakowanie w torebki strunowe

Sposób pakowania miał istotny wpływ tylko na zawartość kwasów organicznych oraz witaminy C w pomidorach. Owoce zapakowane w woreczki próżniowe charakteryzowały się istotnie wyższą kwasowością i zawierały więcej witaminy C w porównaniu z owocami pakowanymi w torebki strunowe (tab. 1). Jednocześnie zaobserwowano, że pomidory pakowane i przechowywane w próżniowych systemie charakteryzowały się nieznacznie wyższą zawartością luteiny oraz beta-karotenu w porównaniu z owocami pakowanymi w woreczki strunowe (tab. 1). Pakowanie w torebki strunowe wpłynęło pozytywnie na zawartość kwasów fenolowych ogółem oraz wszystkich oznaczonych w owocach kwasów fenolowych. Owoce pomidorów mrożonych w torebkach strunowych charakteryzowały się istotnie większą zawartością kwasów fenolowych ogółem i poszczególnych kwasów fenolowych w porównaniu z owocami pomidorów mrożonych pakowanych próżniowo (tab. 2). Równocześnie zaobserwowano, że pakowanie owoców w torebki strunowe przyczyniło się do zachowania w owocach pomidorów większej ilości flawonoidów ogółem i czterech z pięciu oznaczonych związków flawonoidowych: rutyny, myricetyny, kempferolu i apigeniny w porównaniu z pomidorami pakowanymi próżniowo i były to różnice istotne statystycznie (tab. 2).

3.3. Wpływ odmiany pomidorów

Wśród badanych odmian na szczególną uwagę zasługuje drobnoowocowa odmiana Conchita. W owocach tej odmiany po procesie mrożenia zaobserwowano istotnie więcej suchej masy, cukrów ogółem i redukujących, kwasów organicznych, witaminy C oraz beta-karotenu (tab. 1). W przypadku zawartości kwasów fenolowych owoce mrożonych pomidorów odmiany Conchita charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością kwasu chlorogenowego, jak też flawonoidów ogółem, kwercetyny, myricetyny, kempferolu oraz apigeniny. Natomiast owoce odmiany Rumba charakteryzowały się nieznacznie większą zawartością luteiny i likopenu w porównaniu z pozostałymi badanymi odmianami pomidorów. Owoce drugiej odmiany drobnoowocowej, Picolino charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością kwasu galusowego w porównaniu z pozostałymi badanymi odmianami pomidorów (tab. 2).

Tab. 1. Zawartość badanych parametrów w pomidorach mrożonych ze względu na pochodzenie, sposób pakowania i odmianę
 Table 1. The content of measured parameters in tomato fruits focused by cultivation, kind of package and cultivar

| Wyszczególnienie /Item | Pomidory / Tomatoes | | | | Odmiana / Cultivar | | | | | | p-value | | |
|------------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------|-------|----------|----------|---------------------|-----------------------------------|-------------------|--|
| | ekologiczne /organic | konwencjonalne /conventional | pakowane próżniowo /with vacuum | pakowane bez próżni /without vacuum | Merkury | Akord | Rumba | Conchita | Picolino | uprawa /cultivation | sposób pakowania /kind of package | odmiana /cultivar | |
| sucha masa /dry matter/ | 6,89 | 6,67 | 6,47 | 7,09 | 6,26 | 5,68 | 5,27 | 8,87 | 7,81 | 0,049 | <0,0001 | <0,0001 | |
| cukry ogółem total sugars/ | 4,80 | 5,18 | 4,13 | 5,85 | 4,50 | 4,63 | 3,67 | 6,38 | 5,77 | 0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | |
| cukry redukujące /reducing sugars/ | 2,55 | 2,67 | 2,29 | 2,94 | 2,11 | 2,15 | 1,83 | 3,91 | 3,07 | 0,030 | <0,0001 | <0,0001 | |
| kwasy organiczne /acidity | 0,38 | 0,34 | 0,39 | 0,33 | 0,39 | 0,30 | 0,29 | 0,42 | 0,39 | 0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | |
| witamina C /vitamin C | 18,90 | 16,32 | 18,68 | 16,55 | 14,35 | 12,06 | 15,99 | 25,67 | 19,99 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | |
| luteina /lutein | 0,78 | 0,75 | 0,77 | 0,76 | 0,62 | 0,70 | 0,97 | 0,83 | 0,70 | n.s.* | n.s. | <0,0001 | |
| likopen /lycopene | 5,83 | 6,64 | 4,35 | 8,11 | 4,90 | 5,03 | 9,47 | 5,28 | 6,47 | n.s. | 0,0001 | <0,0001 | |
| betakaroten /beta-carotene | 0,59 | 0,59 | 0,60 | 0,58 | 0,42 | 0,47 | 0,35 | 1,00 | 0,72 | <0,0001 | n.s. | <0,0001 | |

* nie istotne statystycznie / statistically not significant

Tab. 2. Zawartość badanych parametrów w pomidorach mrożonych ze względu na pochodzenie, sposób pakowania i odmianę
 Table 2. The content of measured parameters in tomato fruits focused by cultivation, kind of package and cultivar

| Wyszczególnienie /Item | Pomidory / Tomatoes | | | | Odmiana / Cultivar | | | | | | p-value | | |
|---|----------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------|-------|----------|----------|---------------------|-----------------------------------|-------------------|--|
| | ekologiczne /organic | konwencjonalne /conventional | pakowane próżniowo /with vacuum | pakowane bez próżni /without vacuum | Merkury | Akord | Rumba | Conchita | Picolino | uprawa /cultivation | sposób pakowania /kind of package | odmiana /cultivar | |
| kwasy fenolowe (suma) /total phenolic acids | 21,83 | 20,62 | 18,66 | 18,66 | 20,19 | 18,79 | 14,86 | 26,15 | 26,15 | n.s. | n.s. | <0,0001 | |
| galusowy /gallic | 21,54 | 20,42 | 18,45 | 18,45 | 19,95 | 18,57 | 14,67 | 25,83 | 25,88 | 0,04 | <0,0001 | <0,0001 | |
| chlorogenowy /chlorogenic | 0,17 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,14 | 0,12 | 0,10 | 0,17 | 0,13 | 0,04 | <0,0001 | <0,0001 | |
| p-kumarynowy /p-coumaric | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,15 | 0,13 | n.s. | <0,0001 | <0,0001 | |
| flawonoidy (suma) /total flavonoids | 1,68 | 1,62 | 1,54 | 1,54 | 1,50 | 1,41 | 1,28 | 2,08 | 1,98 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | |
| rutyna /rutin | 0,090 | 0,083 | 0,080 | 0,080 | 0,081 | 0,073 | 0,073 | 0,11 | 0,098 | n.s. | <0,0001 | <0,0001 | |
| kwercetyna /quercetin | 0,025 | 0,030 | 0,029 | 0,029 | 0,027 | 0,023 | 0,023 | 0,032 | 0,032 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | |
| myricetyna /myricetin | 0,65 | 0,63 | 0,61 | 0,61 | 0,59 | 0,53 | 0,50 | 0,84 | 0,74 | <0,0001 | 0,001 | <0,0001 | |
| kempferol /kempferol | 0,21 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,27 | 0,23 | 0,02 | <0,0001 | <0,0001 | |
| apigenina /apigenin | 0,70 | 0,68 | 0,63 | 0,63 | 0,61 | 0,60 | 0,53 | 0,83 | 0,88 | 0,001 | <0,0001 | <0,0001 | |

* nie istotne statystycznie / statistically not significant

4. Dyskusja

Porównanie wpływu systemu gospodarowania ekologicznego i konwencjonalnego na jakość owoców pomidora jest obiektem badań już od kilku lat. Wyniki tych badań często różnią się między sobą, co nie pozwala na wysnucie jednoznacznie brzmiących wniosków. Ze względu na brak danych literaturowych, w prezentowanej pracy przedyskutowano jedynie niektóre wyniki, uzyskane podczas wykonania niniejszych badań, dotyczące wybranych składników

pomidorów, sposobu pakowania i mrożenia owoców pomidorów.

Uzyskane wyniki podczas przeprowadzonego badania świadczą, że system uprawy wpływał na zawartość suchej masy w pomidorach, w tym przypadku pomidorów mrożonych. Owoce pomidorów ekologicznych zawierały 6,89 g/100 g śm, zaś owoce pomidorów konwencjonalnych 6,67 g/100 g śm. Mimo uzyskania zbliżonych wyników, różnica między nimi była istotna statystycznie. Również Dangour i in. [6] stwierdzili na podstawie przeglądu literatury, że rodzaj produkcji determinuje zawartość suchej masy i rośliny ekologiczne zawierają jej więcej. Podobne wyniki badań uzyskały Hallmann i Rembiałkowska [12, 13], w których świeże owoce pomidorów ekologicznych zawierały również więcej suchej masy, jednak w tym przypadku stwierdzono, że uprawa nie wpłynęła istotnie na ten wyróżnik. W niniejszych badaniach stwierdzono, że zawartość suchej masy zależała od odmiany pomidora i pomidory typu cherry zawierały jej więcej niż odmiany standardowe. Takie same wyniki uzyskały Hallmann i Rembiałkowska [13]. Być może jest to efektem pochodzenia owoców typu cherry, które bardziej przypominają dzikiego przodka pomidora w porównaniu z odmianami wielkoowocowymi, które wytwarzają większe owoce o większej zawartości wody [11].

Pomidory uprawiane w sposób ekologiczny charakteryzują się wyższą zawartością witaminy C [8]. Teorię tę potwierdzają wyniki uzyskane podczas przeprowadzonego badania, w którym pomidory ekologiczne zawierały istotnie więcej kwasu L-askorbinowego w swoim składzie w przeliczeniu na suchą masę. Takie same wyniki uzyskały Hallmann i Rembiałkowska [13]. Zjawisko to może być spowodowane stosowaniem nawożenia azotowego w przypadku uprawy konwencjonalnej. Nawożenie azotem prowadzi do rozrastania się zielonych części roślin, w tym liści, które powodują zacienienie owoców. Istnieje dodatnia korelacja pomiędzy zawartością witaminy C a intensywnością nasłonecznienia [7], więc ograniczony dostęp światła do owoców pomidora powoduje zmniejszenie ilości zawartości kwasu L-askorbinowego. Odmienne informacje podaje Lumpkin [15] oraz Dangour i in. [6], którzy na podstawie przeglądu literatury nie zauważyli istotnej zależności między zawartością witaminy C a sposobem produkcji.

Otrzymane wyniki wskazują, że system produkcji nie miał znaczącego wpływu na zawartość β -karotenu w pomidorach w przeliczeniu na świeżą masę, owoce ekologiczne zawierały tyle samo tego barwnika, co owoce konwencjonalne. Wyniki te są odmienne od tych podawanych przez Hallmann i Rembiałkowską [13], gdzie większą zawartością karotenu charakteryzowały się pomidory ekologiczne. Warto jednak zauważyć, że w prezentowanych badaniach obiektem zainteresowania były pomidory po mrożeniu, zaś w porównywanej literaturze owoce świeże. Również Dorais i in. [7] powołując się na wyniki kilku badań podają, że ekologiczne pomidory zawierały większą ilość tego barwnika. Odmienne wnioski podają inni autorzy, którzy nie zauważyli wpływu metody uprawy na zawartość β -karotenu [6, 15]. Dane związane z wpływem systemu produkcji na zawartość likopenu również bywają sprzeczne. Według uzyskanych wyników uprawa wpłynęła istotnie na zawartość likopenu w owocach pomidorów, takie same informacje podaje Lumpkin [15], jednak zauważono, że pomidory konwencjonalne zawierały więcej tego związku. Podobne informacje podają Hallmann i Rembiałkowska [13]. Zjawisko to może być związane z odmiennym systemem nawo-

żenia azotowego stosowanego w uprawach ekologicznych. Obecność łatwo przyswajalnego azotu mineralnego warunkuje najprawdopodobniej zwiększoną syntezę likopenu w owocach pomidora [11].

Wyniki prezentowanego badania wskazują, że odmiana istotnie determinuje zawartość karotenoidów w owocach pomidorów, co jest zgodne z wynikami uzyskanymi przez Hallmann i Rembiałkowską [13]. Podobne wyniki uzyskali Dorais i in. [7], którzy podali, że pomidory typu cherry zawierały większą ilość karotenoidów ogółem oraz betakarotenu. W przypadku zawartości drugiego barwnika – likopenu, to owoce standardowe były zasobniejsze w ten związek (tab. 1).

W przeprowadzonym badaniu nie stwierdzono zależności pomiędzy zawartością kwasów fenolowych a systemem produkcji, jednak zawartość tych kwasów była wyższa w mrożonych owocach pochodzących z uprawy ekologicznej. Podobne wnioski otrzymał Lumpkin [15]. Według otrzymanych wyników pomidory ekologiczne charakteryzowały się znacząco wyższą zawartością flawonoidów (tab. 2). Wyższa zawartość związków polifenolowych w roślinach z gospodarstw ekologicznych tłumaczona jest tym, że ze względu na małą zawartość łatwo dostępnego azotu w glebie, rośliny te wytwarzają więcej związków bioaktywnych (teoria C/N) [3, 5]. Równoległą interpretacją mówi, że rośliny produkowane w systemie ekologicznym nie są „wspierane” przez syntetyczne pestycydy, zatem muszą samodzielnie zwalczać choroby i szkodniki i dlatego produkują więcej związków polifenolowych określanych jako naturalne pestycydy [22]. Brandt i in. [2] po przeanalizowaniu wyników kilkunastu badań porównujących wartość odżywczą roślin ekologicznych i konwencjonalnych stwierdzili istotnie wyższą zawartość polifenoli w ekologicznie uprawianych roślinach w porównaniu z roślinami uprawianymi konwencjonalnie. Prezentowane badania wskazują, że także odmiana znacząco determinuje zarówno ogólną zawartość kwasów fenolowych i flawonoidów, jak i ilości poszczególnych związków. Owoce odmian cherry wyróżniały się wyższymi zawartościami tych związków. Dorais i in. [7] podają, że pomidory cherry ze względu na większy stosunek skórki do miąższu mogą zawierać większą ilość flawonoidów, które przez wszystkim znajdują się w skórce owoców. Teorię tę potwierdzają otrzymane wyniki. Również Piesiewicz [16] podaje, że pomidory typu cherry mogą zawierać od 22 do 922 mg kwercetyny, zaliczanej do grupy flawonoidów, podczas gdy jej ilość w pomidorach standardowych wynosi od 0,8 do 2,1 mg w 100 g produktu.

Pakowanie próżniowe ma zarówno pozytywne, jak i negatywne strony. Jak wykazały zaprezentowane badania, pomidory pakowane w torebki z suwakiem, czyli pakowane i mrożone bez użycia próżni, były zasobniejsze w wiele badanych składników odżywczych i związków bioaktywnych (tab. 1 i 2). Wynika z tego, że z punktu widzenia wartości odżywczej korzystniejsze jest pakowanie zwykłe. Natomiast, jeżeli zastosowane zostanie pakowanie próżniowe, to owoce odmrażane w powolnym systemie wzrostu temperatury będą traciły mniej soku owocowego, a więc straty składników odżywczych w takich owocach będą mniejsze w porównaniu z owocami odmrażanymi w luźnych torebkach polietylenowych. Wobec tego pakowanie próżniowe pomidorów poddanych procesowi mrożenia może mieć uzasadnienie w przypadkach ich powolnego odmrażania w celu wykorzystania kulinarnego.

Nie znaleziono w literaturze fachowej żadnych prac badawczych na powyższy temat, dlatego badania własne należy uznać za pilotowe. Kwestia przydatności próżniowego pakowania mrożonych surowców wymaga dalszych badań.

5. Wnioski

1. Mrożone pomidory ekologiczne zawierały istotnie więcej suchej masy, kwasów organicznych, witaminy C, a z grupy związków polifenolowych kwasu galusowego, chlorogenowego, flawonoidów ogółem, myrcetyny, kempferolu oraz apigeniny w porównaniu z mrożonymi pomidorami konwencjonalnymi.
2. Mrożone pomidory konwencjonalne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością cukrów ogółem i redukujących oraz kwercetyny w porównaniu z mrożonymi pomidorami ekologicznymi.
3. Mrożone pomidory pakowane próżniowo zawierały istotnie więcej kwasów organicznych, witaminy C oraz kwercetyny w porównaniu z mrożonymi pomidorami pakowanymi zwyczajnie w woreczki z suwakiem.
4. Mrożone pomidory pakowane zwyczajnie w woreczki z suwakiem charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy, cukrów ogółem i redukujących, likopenu, wszystkich kwasów fenolowych oraz flawonoidów z wyjątkiem kwercetyny niż pomidory pakowane próżniowo.
5. Odmianą drobnoowocową (typu cherry) o najkorzystniejszych parametrach wartości odżywczej po procesie mrożenia okazała się odmiana Conchita, a wśród odmian standardowych odmiana Rumba.

6. Bibliografia

- [1] Barrett D.M., Weakley C., Diaz J.V., Watnik M.: Qualitative and nutritional differences in processing tomatoes grown under commercial organic and conventional production system. *J. Food Chem. and Toxic.*, 2007, 12, 441-452.
- [2] Brandt K, Leifert C, Sanderson R, Seal C.J.: Agroecosystem management and nutritional quality of plant foods: The case of organic fruits and vegetables *Crit Rev Plant Sci.*, 2011, 30, 177-197.
- [3] Bryant J.P., Chapin III F.S., Klein D.R.: Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos A. J. Ecol.*, 1983, 40, 357-368.
- [4] Caris-Veyrat C., Amiot M.J., Tyssandier V., Grasselly D., Buret M., Mikolajczak M., Guillard J.-C., Bouteloup-Demange C., Borel P.: Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. *J. Agric. Food Chem.*, 2004, 52, 6503-6509.
- [5] Coley P.D., Bryant J.P., Chapin III F.S.: Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science*, 1985, 230, 895-899.
- [6] Dangour A.D., Dohria S.K., Hayter A., Aikenhead A., Allen E., Lock K., Uauy R.: Comparison of composition (nutrients and other substances) of organically and conventionally produced foodstuff. Report for the Food Standards Agency, 2009:
<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/organicreviewappenices.pdf>
- [7] Dorais M., Ehret D.L., Papadopoulos A.P.: Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to consumer. *Phytochem. Rev.*, 2008, 7, 2, 231-250.
- [8] Fernández-Ruiz V., Olives A.I., Cámara M., Sánchez-Mata M., Torija M.E.: Mineral and trace elements content in 30 accessions of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.) and wild relatives. *Biol. Trace Elem. Res.*, 2011, 141, 1-3, 329-339.
- [9] Fortuna T., Juszcak L., Sobolewska-Zielińska J.: Podstawy analizy żywności. Skrypt do ćwiczeń AR w Krakowie, 2003.
- [10] Gunes G., Lee Ch. Y.: Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and anti-browning agents. *J. Food Sci.*, 1997, 62, 3, 572-575.
- [11] Hallmann E.: The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types, *J. Sci. Food Agric.*, 2012, 92, 14, 2840-2848.
- [12] Hallmann E., Rembiałkowska E.: Badanie i ocena jakości owoców wybranych odmian pomidorów (*Lycopersicon esculentum* Mill) z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2007, 52(3), 55-60.
- [13] Hallmann E., Rembiałkowska E.: Ocena wartości odżywczej i sensorycznej pomidorów oraz soku pomidorowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2008, 53(3), 88-95.
- [14] Lisiewska Z., Kmiecik W.: Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. *Food Chem.*, 2000, 70, 2, 167-173.
- [15] Lumpkin H.M.: A comparison of lycopene and other phytochemicals in tomatoes grown under conventional and organic management systems. *Technical Bulletin*, 2005, 34, <http://www.encognitive.com/files/Antioxidants%20in%20Tomatos-Lycopene.pdf>
- [16] Piesiewicz H.: Pomidor - frapujący owoc z frapującą historią. *Przegl. Piek. Cuk.*, 2010, 59, 8, 14-16.
- [17] Polska Norma, PN-A-04019:1998, Przetwory owocowe i warzywne - Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych - Oznaczanie zawartości witaminy C.
- [18] Polska Norma, PN-A-75101-04:1990/Az1:2002, Przetwory owocowe i warzywne Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych Oznaczanie kwasowości ogólnej (Zmiana Az1).
- [19] Polska Norma, PN-R-04013:1988, Analiza chemiczno-roślinna. Oznaczanie powietrznie suchej i suchej masy.
- [20] Rocha A.M.C.N., Coulon E.C., Morais A.M.M.B.: Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technol.*, 2003, 3, 81-88.
- [21] Rozporządzenie Komisji (WE) nr. 889/2008 (Dziennik Ustaw L. 250 z 18 września 2008, s. 94).
- [22] Young J.E., Zhao X., Carey E.E., Welti R., Yang S.-S., Wang W.: Phytochemical phenolics in organically grown vegetables. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2005, 49, 1136-1142.