

*Magdalena Surma-Zadora, Ewa Cieślik, Elżbieta Grzych-Tuleja,
Angelika Bodzioch*

PRÓBA ZNALEZIENIA WSPÓLZALEŻNOŚCI POMIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ WITAMINY C A BARWĄ PAPRYKI

Małopolskie Centrum Monitoringu i Atestacji Żywności
Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
Kierownik: prof. dr hab. inż. E. Cieślik

W pracy oznaczono oraz wyznaczono współzależności pomiędzy zawartością witaminy C a barwą papryki o różnym zabarwieniu (czerwonym, zielonym, pomarańczowym oraz żółtym) z zastosowaniem metody wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC). Zawartość witaminy C w paprykach o różnym zabarwieniu obliczono jako średnią zawartość sumy kwasów L-askorbinowego i L-dehydroaskorbinowego w mg/100 g produktu. Największą zawartością witaminy C odznaczała się papryka czerwona (157,1 mg/100 g produktu), a najmniejszą żółta (135,8 mg/100 g).

Hasła kluczowe: witamina C, papryka, pomiar barwy.
Key words: vitamin C, pepper, color measurement.

Kwas L-askorbinowy pod względem chemicznym jest pochodną sacharydów: laktone kwasu 2,3-dehydro-L-gulonowego, w którym w pozycji 2 i 3 występuje ugrupowanie endiolowe (1). W warunkach fizjologicznego pH kwas L-askorbinowy występuje jako anion askorbinianowy, gdyż proton grupy hydroksylowej przy C₃ (pK = 4,3) dysocjuje łatwiej w porównaniu z protonem grupy hydroksylowej przy C₂ (pK = 11,57) (2, 3). W postaci krystalicznej jest odporny na utlenianie, natomiast po rozpuszczeniu ulega degradacji do produktów nieaktywnych biologicznie. W określonych warunkach witamina C może posiadać właściwości pro- lub antyoksydacyjne (4).

Należy ona do najmniej trwałych witamin. W roztworach wodnych jest wrażliwa na ogrzewanie, zwłaszcza w obecności tlenu oraz jonów metali takich, jak miedź, żelazo i srebro. Rozpad witaminy C przyspiesza także środowisko alkaliczne lub obojętne (5, 6). Rozkład kwasu L-askorbinowego powodują również procesy technologiczne takie, jak suszenie, solenie, parzenie, naświetlanie promieniami ultrafioletowymi oraz stosowanie środków konserwujących, a także niektóre leki (1).

Witamina C jest niezbędnym czynnikiem biologicznym, biorącym udział w licznych procesach metabolicznych przebiegających w organizmach zwierzęcych (7). Funkcje biologiczne kwasu L-askorbinowego wynikają z jego właściwości redukujących, a układ kwas L-askorbinowy/kwas L-dehydroaskorbinowy bierze udział w zachowaniu potencjału oksydacyjno-redukcyjnego w komórce, transportuje elektrony przenikając błony biologiczne, błony erytrocytów, lipidy i inne komórki

tkankowe (8, 9). Kwas L-askorbinowy jest również stymulatorem wielu enzymów poprzez dostarczenie elektronów w celu zachowania w formie zredukowanej metali jako grup prostetycznych enzymów (1). Witamina C jest także efektywnym „zmia-taczem” reaktywnych form tlenu i jest uważana za najistotniejszy przeciwutleniacz płynów pozakomórkowych, ważny również w aktywności antyoksydacyjnej we-wnątrz komórek (10).

Dla człowieka głównym źródłem witaminy C są świeże oraz właściwie prze-tworzone warzywa i owoce (1). Wśród warzyw dużą zawartością witaminy C od-znaczają się papryka, pietruszka oraz warzywa kapustne. Papryka jest niezwykle cennym źródłem witaminy C, gdyż występuje ona w formie wyjątkowo odpornej na działanie czynników utleniających (11). Zawartość witaminy C w papryce zależy od odmiany, pogody w okresie wegetacji (nasłonecznienia), od fazy dojrzałości owoców i terminu zbioru (12, 13). Barwa owoców papryki w fazie dojrzałości fizjologicznej jest cechą danej odmiany i może być: jasnożółta, żółta, żółto-po-marańczowa, pomarańczowa, pomarańczowo-czerwona, czerwona, karminowa, fioletowa lub czekoladowa (14).

Zawartość witaminy C oznaczana jest w żywności, tkankach i płynach ustrojowych za pomocą wielu różnych metod: chemicznych, elektrochemicznych, enzy-matycznych, fluorymetrycznych oraz chromatograficznych. Metoda chromatografii cieczowej jest techniką, która odznacza się wysoką specyficnością, czułością i ła-twością wykonywania analizy (15).

MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano reprezentatywne próbki czterech odmian papryki: czer-wonej, zielonej, pomarańczowej i żółtej. Papryki pochodziły z upraw rolnych w Va-lencii w Hiszpanii. Odmiany odznaczały się pierwszą kategorią handlową (kształt graniastosłupa o wysokości 90–100 mm). Zakupione zostały na placu targowym na Rybitwach w Krakowie. Badania przeprowadzono jesienią 2007 r. na świeżym materiale przechowywanym w warunkach chłodniczych (+4°C).

Analizę zawartości witaminy C prowadzono stosując modyfikację Polskiej Normy PN-EN 14130:2003 *Artykuły żywnościowe. Oznaczenie witaminy C metodą HPLC*. Oznaczono ją jako sumę kwasu L-askorbinowego i kwasu L-dehydroaskorbinowe-go. Modyfikacja procedury analitycznej dotyczyła zastosowania jako eluentu 0,01% roztworu kwasu octowego w metanolu (95/5 CH₃COOH:CH₃OH) zamiast buforu fosforanowego z dodatkiem bromku N-cetylo-N,N,N-trimetyloamoniowego, który powodował niszczenie fazy stacjonarnej kolumny (16).

Rozdział chromatograficzny prowadzono na chromatografii cieczowym (HPLC) firmy HITACHI LaChrom Elite, Merck, Niemcy.

Parametry analizy chromatograficznej:

- temp. pracy kolumny: 22°C,
- faza ruchoma: 0,01 % roztwór kwasu octowego w metanolu (95/5 CH₃COOH : CH₃OH),
- prędkość przepływu fazy ruchomej: 0,7 cm³/min.,
- dł. fali λ = 254 nm.

W tych samych warunkach chromatografowano roztwór wzorcowy kwasu L-askorbinowego oraz roztwory próbek badanych.

Identyfikacji kwasu L-askorbinowego dokonano przez porównanie jego czasu retencji w próbkach badanych z czasem retencji kwasu L-askorbinowego w roztworze wzorcowym.

Zawartość kwasu L-askorbinowego w 100 g produktu wyznaczono na podstawie wzoru:

$$w = \frac{A_s \times \rho \times V \times F \times 100}{A_{st} \times m \times 100}$$

gdzie:

w – ułamek masowy kwasu askorbinowego wyrażony w mg,

A_s – powierzchnia piklu dla kwasu L-askorbinowego badanej próbki,

A_{st} – powierzchnia piklu dla kwasu L-askorbinowego roztworu wzorcowego,

ρ – stężenie kwasu L-askorbinowego we wzorcowym roztworze ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$),

m – masa próbki (g),

V – całkowita objętość roztworu przed redukcją (cm^3),

F – współczynnik rozcieńczenia w etapie redukcji: 2,5,

1000 – współczynnik do przeliczenia μg na mg,

100 – współczynnik do przeliczenia zawartości na 100 g.

Sprawdzono także dokładność metody, to jest wykazano zgodność pomiędzy uzyskanym wynikiem pomiaru a wartością oczekiwaną. W tym celu wykonano 5 równoległych oznaczeń.

Pomiaru barwy w celu jej obiektywizacji dokonano z zastosowaniem aparatu „color i 5” firmy X-rite (d/8, obserwator dodatkowy CIE 1964, iluminat D65). Wykonując pomiary użyto przesłony o średnicy 10 mm (MAV). Pomiar prowadzono w dwóch wariantach z odbłyskiem (SPIN – specular component included) i bez odbłysku (SPEX – specular component excluded). Oprogramowanie: X-RiteColor® Master (wersja 8.1). Pomiaru barwy dokonano w paprykach o 4 kolorach zabarwienia, po dziesięć próbek dla każdej barwy.

W przypadku analizy barwy wszystkie obliczenia opierają się na wyznaczeniu współrzędnych trójbodźcowych (z ang. tristimulus values) X , Y i Z , które określają ilość trzech podstawowych barw w barwie analizowanego obiektu. Ponadto, barwę obiektu najczęściej wyraża się za pomocą jego jasności (Y) i współrzędnych chromatycznych określanych przez zmienne $x = \frac{X}{X+Y+Z}$, $y = \frac{Y}{X+Y+Z}$ i $z = 1-x-y$.

Barwa określona przez x , y , i Y jest zwana jako system CIE xyY . Parametry x , y , z oraz X , Y i Z są również używane w obliczeniach w celu opisanie barwy obiektu w systemie CIE L^*a^*b (CIELab), który jest uznawany za najbardziej pełny system opisywania barwy obiektów. W systemie CIELab jasność barwy wyrażana jest jako parametr L^* , który przyjmuje wartości 0 w przypadku barwy czarnej i wartość 100 dla bieli. Natomiast położenie danej barwy w przestrzeni barw w systemie CIELab wyrażane jest przez parametry a^* i b^* . Parametr a^* określa jej położenie między barwą czerwoną (magenta) i zieloną (wartości ujemne wskazują na większy udział w barwie obiektu koloru zielonego a wartości dodatnie na większy udział w barwie

koloru czerwonego (magenta). Parametr b^* z kolei określa jej położenie między barwą żółtą i niebieską (wartości ujemne wskazują na większy udział w barwie obiektu koloru niebieskiego a wartości dodatnie na większy udział w barwie koloru żółtego).

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Sprawdzono dokładność metody HPLC. W tab. I przedstawiono teoretycznie obliczoną zawartość witaminy C dodaną do próbek papryki oraz obliczono dla nich prawdopodobieństwo istotności.

Tab e l a I. Sprawdzenie dokładności metody HPLC (n = 5)

Tab l e I. Verifying the precision of the HPLC method (n = 5)

Nazwa próbki	Zawartość witaminy C* (mg/100 g)	Obliczona zawartość wit. C (mg/100 g)**	p
Próbka z dodatkiem wzorca 1 cm ³	20	19,4	0,77
Próbka z dodatkiem wzorca 2 cm ³	40	39,7	0,73

* – teoretycznie obliczona zawartość witaminy C dodanej do próbek, ** – obliczona zawartość witaminy C dodanej do próbek (różnica średniej zawartości witaminy C próbki blank i odpowiedniej próbki z dodatkiem wzorca), p – prawdopodobieństwo istotności.

Wartości obliczonych zawartości witaminy C w przypadku dodania do próbki 1 i 2 cm³ wzorca, tj. 19,4 mg/100 g oraz 39,7 mg/100 g, są bardzo bliskie wartościom 20 i 40 mg/100 g czyli wartościom założonym teoretycznie. Aby wykazać dokładność metody porównano obliczoną zawartość witaminy C (tab. I) z założonymi wartościami teoretycznymi (20 i 40 mg/100 g) za pomocą testu *t-Studenta*. Prawdopodobieństwo istotności w próbce z dodatkiem 1 cm³ roztworu wzorcowego wynosiła $p = 0,77$, w próbce z dodatkiem 2 cm³ $p = 0,73$. W obu przypadkach prawdopodobieństwa są większe od założonego poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Tym samym nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, dlatego też można stwierdzić, że zastosowana metoda jest dokładna.

Zawartość witaminy C w paprykach o różnym zabarwieniu to jest zielonym, żółtym, pomarańczowym i czerwonym obliczono jako średnią zawartość kwasu L-askorbinowego w mg/100 g produktu (tab. II).

Tab e l a II. Średnia zawartość witaminy C w papryce o różnym zabarwieniu (n = 5)

Tab l e II. Mean vitamin C content in peppers with different colors (n = 5)

Barwa papryki	Średnia zawartość witaminy C (mg/100 g)	SD	RSD (%)
Zielona	155,9	4,3	2,7
Żółta	135,8	11,2	8,3
Pomarańczowa	139,4	4,2	3,0
Czerwona	157,1	6,5	4,2

Największą zawartością witaminy C, bo aż 157,1 mg/100 g produktu odznaczała się papryka czerwona, później zielona, w której zawartość witaminy C wynosiła

155,9 mg/100 g produktu, dalej papryka pomarańczowa (139,4 mg/100 g) oraz żółta (135,8 mg/100 g produktu). Wartości względnego odchylenia standardowego nie przekraczały wartości 10%, z czego wynika, że zastosowana metoda oznaczania witaminy C jest precyzyjna.

Kunachowicz i współpr. (17) oznaczyli podobną ilość tej witaminy w czerwonej papryce wynoszącą 144 mg/100 g. *Davey* i współpr. (18) podają szerokie granice zawartości badanego składnika od 62 do 151 mg/100 g produktu. Badania *Kunachowicz* i współpr. (17) wykazały niższą zawartość witaminy C w zielonej papryce, bo 91 mg/100 g. Natomiast *Davey* i współpr. (18) podają zawartość tej witaminy w przedziale od 62 do 175 mg/100 g. Zawartość witaminy C w żółtej papryce wynosiła 135,3 mg/100 g. Badania *Davey* i współpr. (18) wykazały niższe ilości tej witaminy w badanym produkcie (od 90 do 110 mg/100 g).

Określając barwę poszczególnych papryk oznaczono wartości średnie parametrów L^* , a^* , b^* dla każdej z nich i zamieszczono w tab. III.

Tabela III. Wartości średnie parametrów L^* , a^* , b^* dla papryk o różnym zabarwieniu ($n = 10$)

Table III. Mean values of L^* , a^* , b^* for peppers with different colours ($n = 10$)

Parametr	Barwa papryki			
	zielona	żółta	pomarańczowa	czerona
L^*	34,33±2,91	42,51±2,06	43,86±1,82	37,15±1,46
a^*	-5,06±0,51	1,27±0,78	11,56±3,11	19,83±2,91
b^*	9,30±1,59	24,33±4,57	26,45±3,42	15,45±1,30

L^* – parametr wyrażający jasność barwy w systemie CIELab,

a^* – parametr określający położenie danej barwy w przestrzeni barw w systemie CIELab między czerwoną i zieloną,

b^* – parametr określający położenie danej barwy w przestrzeni barw w systemie CIELab między żółtą i niebieską.

Na podstawie tych wyników, można stwierdzić, że wykonane pomiary w sposób obiektywny potwierdziły, że widziany przez obserwatora kolor papryki związany jest z występowaniem w niej odpowiedniego barwnika, a nie jest związany z efektami fizycznymi (np. rozproszenie). W przypadku gdyby za barwę były odpowiedzialne tylko efekty fizyczne, to oznaczone wartości L^* , a^* , b^* lokowałyby próbkę w przestrzeni CIELab w obszarze dla barwy białej.

W celu sprawdzenia czy oznaczone wartości witaminy C w analizowanych paprykach różnią się istotnie poddano ocenie za pomocą testu F następującą hipotezę zerową:

$$H_0 = \bar{c}_g = \bar{c}_r = \bar{c}_y = \bar{c}_o$$

gdzie:

\bar{c}_g , \bar{c}_r , \bar{c}_y , \bar{c}_o - średnia zawartość witaminy C odpowiednio w papryce koloru zielonego (g), czerwonego (r), żółtego (y) oraz pomarańczowego (o).

W wyniku wykonanej analizy uzyskano wartość prawdopodobieństwa istotności (p) równą 0,0002. Wartość ta jest zdecydowanie mniejsza niż najczęściej stosowany poziom istotności (α), tj. 0,05. Tym samym oznaczone w tej pracy zawartości witaminy C w paprykach są dowodem na to, że zawartość witaminy C w paprykach różnej barwy jest statystycznie różna. Niemniej jednak przyczyną odrzucenia H_0 może być zarówno fakt, że tylko jedna ze średnich wyraźnie odstaje od pozostałych trzech średnich lub, że dwie,

trzy lub cztery średnie różnią się między sobą. W celu sprawdzenia, co było powodem odrzucenia H_0 dokonano analizy za pomocą tzw. testów post-hoc w wersji testu *Tukey'a*. W teście tym wykonuje się grupowanie średnich, w celu ustalenia, które średnie wykazują do siebie statystycznie istotne podobieństwo. W tym celu, średnie porządkuje się wg wzrastającej wielkości i dzieli się na grupy w tych miejscach, w których różnica między dwiema kolejnymi średnimi jest większa od obliczonej najmniejszej istotnej różnicy (a):

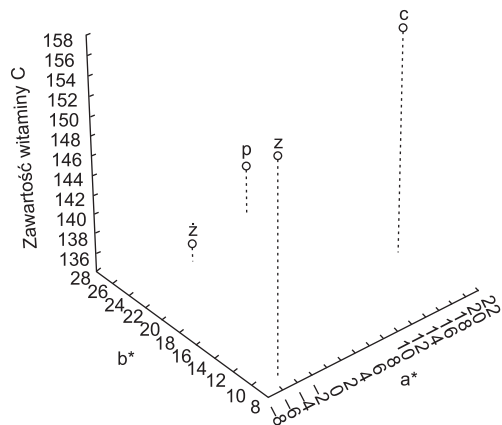
$$a = t_{r,\alpha} \cdot s_{x_k} \cdot \sqrt{2}$$

gdzie:

$t_{r,\alpha}$ – wartość współczynnika t-Studenta odczytana z tablic dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ oraz odpowiedniej liczby stopni swobody.

Jeżeli w wyniku takiego podziału żadna z grup nie zawiera więcej niż dwie średnie, to proces grupowania średnich uważa się za zakończony, a dwie średnie w obrębie grupy uważa się za nieistotnie różne, tzn. tworzące jednorodną grupę na założonym poziomie istotności α . W przypadku, gdy w jakiegokolwiek grupie znajdują się więcej niż dwie średnie, to wówczas należy dalej badać, czy takie grupy są jednorodne, za pomocą testu F. W przypadku przyjęcia hipotezy zerowej o równości wartości średnich stanowiących taką grupę, następuje zakończenie analizy testem post-hoc *Tukeya*. W przeciwnym przypadku, w obrębie takiej grupy średnich postępuje się wg procedury opisanej powyżej, tj. ponownie oblicza się najmniejszą istotną różnicę, tworzy nowe grupy i testuje ich jednorodność. Procedurę tę wykonuje się, aż wszystkie grupy średnich uznane zostaną za jednorodne, tj. tworzące je średnie są uznane za statystycznie równe. W toku wykonanej analizy statystycznej ustalono, że zawartość witaminy C w paprykach barwy żółtej i pomarańczowej są zbliżone między sobą podobnie, jak jej zawartość w paprykach barwy zielonej i czerwonej.

Ponadto, zawartość witaminy C w papryce o barwie żółtej i pomarańczowej są mniejsze niż w papryce zielonej i czerwonej (tab. II). Jednocześnie, biorąc pod uwagę kolejność barw występujących w widzialnej części promieniowania elektromagnetycznego, tj. barwa: zielona, żółta, pomarańczowa i czerwona, nie stwierdzono współzależności pomiędzy barwą papryki, a zawartością w niej witaminy C. Gdyby taka korelacja istniała, to można by się spodziewać, że np. zawartość witaminy C w papryce wzrastałaby (lub malała) w szeregu barw: zielona, żółta, pomarańczowa i czerwona. W celu ilustracji opisanych powyżej



Ryc. 1. Wykres ilustrujący położenie punktu określającego zawartość witaminy C w analizowanej papryce w przestrzeni opisującej barwę tej papryki oznaczonej w systemie CIELab (pod uwagę wzięto parametry definiujące barwę, tj. a^* i b^*).

Fig. 1. Graph illustrating the position of the point that determines vitamin C content in analysed pepper in the space describing that pepper's colour determined in the CIELab system (colour-defining parameters, i.e. a^* and b^* have been taken into consideration).

obserwacji uzyskane wyniki analizy zawartości witaminy C w paprykach różnej barwy oraz wyniki pomiaru barwy tych papryk w systemie CIELab przedstawiono graficznie w formie wykresu trójwymiarowego (ryc. 1).

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż największą zawartością witaminy C odznacza się czerwona papryka, następnie zielona i pomarańczowa. Najmniejszą zawartość witaminy C oznaczono w papryce koloru żółtego.
2. Ustalono, że optymalny czasem homogenizacji próbki papryki wynosi 5 min.
3. Ustalono, że zawartość witaminy C w paprykach barwy żółtej i pomarańczowej są zbliżona między sobą podobnie, jak jej zawartość w paprykach barwy zielonej i czerwonej.
4. Jednocześnie, biorąc pod uwagę kolejność barw występujących w widzialnej części promieniowania elektromagnetycznego nie stwierdzono współzależności pomiędzy barwą papryki a zawartością w niej witaminy C.

M. Surma-Zadora, E. Cieslik, E. Grzych-Tuleja, A. Bodzioch

AN ATTEMPT TO FIND A CORRELATION BETWEEN THE CONTENT OF VITAMIN C AND PEPPER COLOUR

Summary

The aim of this study was to determine the content of vitamin C in red, orange, green and yellow pepper grades by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) and find a possible correlation between the content and pepper colour. The content of vitamin C in peppers of different colours was calculated in terms of mean content of total L-ascorbic and L-dehydroascorbic acids in 100 g of the product. The determinations were performed in three replications and each sample was analysed by HPLC three times. The highest content of vitamin C was detected in red pepper (157.1 mg/100g product), and the lowest level of vitamin C was found in yellow pepper (135.8 mg/100g product). The results of the determinations were compared by the Student t test, and it has been found that the applied method is accurate. Pepper colours were determined and described in an objective way using the CIELab system.

PIŚMIENNICTWO

1. *Gertig H., Przysławski J.*: Bromatologia. Zarys nauki o żywności i żywieniu. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa, 2006; 164-170. – 2. *Grajek W.*: Praca zbiorowa. Przeciwtłeniacze w żywności. Aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne. Wyd. WNT, Warszawa, 2007; 163-171. – 3. *Takarada T., Hinoi E., Kambe Y., Sahara K., Kurokawa S., Takahata Y., Yoneda Y.*: Osteoblast protects osteoclast devoid of sodium-dependent vitamin C transporters from oxidative cytotoxicity of ascorbic acid. *Eur. J. Pharmacol.*, 2007; 575 (1-3): 1-11. – 4. *Deutsch J.C.*: Ascorbic acid possesses labile oxygen atoms in aqueous solution. *J. Chromatogr. A*, 1998; 802: 385-390. – 5. *Gawęcki J., Hryniewiecki L.*: Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 2007; 243-253. – 6. *Lee S.K., Kader A.A.*: Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Technol.*, 2000; 20(3): 207-220. – 7. *Padayatty S.J., Doppman J.L., Chang R., Wang Y., Gill J., Panipicolaou D.A., Levine M.*: Human adrenal glands secrete vitamin C in response to adrenocorticotrophic hormone. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2007; 86(1): 145-149. – 8. *Albuquerque B., Lidon F.C., Leitão A.E.*: Ascorbic

acid quantification in melon samples – the importance of the extraction medium for HPLC analysis. *Gen. Appl. Plant Physiology.*, 2005; 31(3-4): 247-251. – 9. *Sikorski Z.* (pod red.): *Chemia żywności*. Wyd. WNT, Warszawa, 2002; 370-372. – 10. *Burini G.*: Development of a quantitative method for the analysis of total L-ascorbic acid in foods by high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr. A*, 2007; 1154 (1-2): 97-102.

11. *Rumińska A.*: Papryka roczna. *Wiadomości Zielarskie*. 1993; 35(03): 16-17. – 12. *Buczkowska H.*: Uprawa papryki w polu. Wyd. Plantpress, Kraków, 2005. – 13. *Navarro J.M., Flores P., Garrido C., Martinez V.*: Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chem.*, 2006; 96: 66-73. – 14. *Simonne A.H., Simonne E.H., Eitenmiller R.R., Mills H.A., Green N.R.*: Ascorbic Acid and Provitamin A Contents in Unusually Colored Bell Peppers (*Capsicum annuum*L.). *J. Food Comp. Anal.*, 1997; 10: 299-311. – 15. *Czerniecki L., Wilczyńska G.*: Oznaczanie witaminy C w wybranych produktach owocowo-warzywnych. *Roczn. PZH*, 1999; 50(1): 77-87. – 16. PN-EN 14130: 2004. Artykuły żywnościowe. Oznaczanie witaminy C metodą HPLC. – 17. *Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B.*: Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa, 2006; 58-59. – 18. *Davey M.W., Van Montagu M., Inze D., Sanmartin M., Kanellis A., Smirnoff N., Benzie I.J.J., Strain J.J., Favell D., Fletcher J.*: Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J. Sci. Food Agric.*, 2000; 80: 825-860.

Adres: 30-149 Kraków, ul. Balicka 122.