

MAREK GAJEWSKI, DARIA ARASIMOWICZ, MAGDALENA GAJEWSKA

**Wpływ stadium dojrzałości oraz przechowywania
na zawartość antocyjanów i parametry barwy skórki
w owocach oberżyny (*Solanum melongena* L.)**

The Influence of Maturity Stage and Storage on Anthocyanins Content and Skin
Colour Parameters in Eggplant Fruits (*Solanum melongena* L.)

Synopsis: Celem badań było określenie zmian w zawartości antocyjanów w skórcie owoców oberżyny podczas ich dojrzewania oraz w wyniku przechowywania po zbiorze, w relacji do zmian barwy skórki. Owoce odmian 'Impulse' F₁ i 'Epic' F₁ zbierano w czterech stadiach dojrzałości i przechowywano w chłodni, w perforowanych woreczkach z folii HDPE, w temperaturze 12°C i wilgotności względnej 95%. W czasie dojrzewania owoców, jak również w czasie przechowywania, ogólna zawartość antocyjanów zmniejszała się. Zmianom tym towarzyszyły zmiany parametrów barwy mierzonej w systemie CIE L*a*b*. Wartość L* zwiększała się w czasie dojrzewania i przechowywania, natomiast wartości a* i b* zwiększały się w czasie dojrzewania i zmniejszały się podczas przechowywania. Analiza regresji wykazała, że parametry barwy są istotnie skorelowane z zawartością antocyjanów.

Słowa kluczowe – key words: antocyjany – anthocyanins, barwa – colour, oberżyna – eggplant, przechowywanie – storage

WSTĘP

Owocem oberżyny jest mięsista jagoda o barwie od ciemnofioletowej do zielonoszarej lub białej. W warunkach klimatycznych Polski uprawa oberżyny w polu jest zawodna, gdyż optymalna temperatura wzrostu wynosi 18-30°C. Uprawa w cieplarni nieogrzewanej pozwala jednak na uzyskanie dużych i dobrych jakościowo plonów (Gajewski i Gajc-Wolska, 1998; Buczkowska, 2005). Okres przechowywania oberżyny w temperaturze 12°C wynosi, w zależności od

odmiany, od 14 do 22 dni (Aubert i Pochard 1981; Mencarelli i in., 1989; Temkin-Gorodeiski i in., 1993). Według Kopecy (1987) optymalna temperatura przechowywania przez okres 8-15 dni wynosi 10°C. Adamicki i Czerko (2002) zalecają natomiast temperaturę 7-10°C przy wilgotności względnej 85-90%. Według innych autorów (Esteban i in., 1989, 1992) temperatura krytyczna dla oberżyny wynosi od 1 do 5°C. Z tego powodu zalecają oni przechowywanie oberżyny w temperaturze 5-9°C przez okres tygodnia, a w temperaturze 10-12°C przez ponad 15 dni. Nothmann (1986) zaleca temperaturę 6-7°C do przechowywania oberżyny przez tydzień, a do dłuższego przechowywania (do trzech tygodni) – temperaturę 12°C.

Owoce oberżyny są wartościowym składnikiem diety człowieka. Stwierdzono, że obniżają poziom cholesterolu we krwi z uwagi na hipolipidemiczny efekt wywoływany przez niektóre flawonoidy (Sudheesh i in., 1997). Owoce oberżyny zawierają również antocyjany. Związki z tej grupy mają ważne znaczenie, zarówno ze względu na ich dużą aktywność biologiczną, jak i nadawanie owocom odpowiedniej barwy. Antocyjany należą do silnych antyoksydantów. Są w roślinie związkami nietrwałymi i łatwo ulegają przemianom (Bridle i Timberlake, 1997). W oberżynie antocyjany są zgromadzone głównie w skórce i występują w wakuolach w postaci granulek. Są to przeważnie pochodne delfinidyny (Wilksa-Jeszka, 2000). Według Igarashi (1993), głównymi barwnikami skórki oberżyny jest nasunina i jej pochodne. Istnieją odmiany oberżyny, u których komórki epidermy są zdolne do wyprodukowania antocyjanów w ciemności (Matsuzoe, 1999). Wykazano, że dojrzewanie oraz przechowywanie oberżyny powoduje zmiany jakości owoców. Podczas dojrzewania zwiększa się kwasowość czynna soku komórkowego oraz zawartość cukrów, kwasu askorbinowego, białka i związków fenolowych (Esteban i in., 1989, 1992). Natomiast w czasie przechowywania zmniejsza się zawartość cukrów, kwasu askorbinowego i związków fenolowych, zwłaszcza gdy temperatura przechowywania jest wyższa niż zalecana (Selwaraj i in., 1974; Esteban i in. 1992; Gajewski, 1997, 2002a, 2002b). Opakowanie z folii polietylenowej (HDPE) hamuje tempo tych zmian i pozwala na przedłużenie okresu przechowywania do 5-15 dni w temperaturze pokojowej, natomiast w temperaturze 3-8°C i wilgotności względnej 85-90 % - do 35-50 dni (Mohammed i Sealy, 1986; Mencarelli i in., 1989).

Celem niniejszych badań było określenie, w jakim stopniu dojrzewanie owoców oberżyny na roślinie, a także ich przechowywanie po zbiorze w warunkach chłodniczych wpływa na zawartość antocyjanów w skórce oraz na zmiany parametrów barwy, mierzonej w systemie CIE L*a*b*. Próbowano również znaleźć korelacje między parametrami barwy owoców a zawartością antocyjanów.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w dwóch cyklach uprawy, w latach 2003-2004. Uwzględniono następujące odmiany oierzyny: 'Impulse' F₁ – o owocach wydłużonych, barwy czarnofioletowej oraz 'Epic' F₁ – o owocach owalnych, również czarnofioletowych. Uprawę oierzyny przeprowadzono w tunelu foliowym nieogrzewanym, o wymiarach 7x30 m. Podłożem była mada średnia, wzbogacona substratem torfowym. Rozsadę sadzono na początku czerwca w rozstawie 80x50 m. Podłoże nawieziono przed sadzeniem według wyników analizy glebowej. Następnie rośliny nawożono co dwa tygodnie saletrą amonową w ilości 10 g na roślinę. Rośliny prowadzono na trzy pędy przy sznurkach. Zbiory do doświadczeń przeprowadzono w drugiej połowie sierpnia. Owoce zbierano w czterech stadiach dojrzałości. Do przechowywania brano owoce zdrowe, jędrne, nieuszkodzone, zgodne z wymaganiami Polskiej Normy (1996). Zaraz po zbiorze umieszczano je w komorach chłodniczych o temperaturze 12°C i wilgotności względnej 95%. Owoce przechowywane były w perforowanych woreczkach z folii LDPE, po 12 owoców w każdym. Okres przechowywania wynosił dwa tygodnie. Doświadczenie założono w czterech powtórzeniach, po 12 owoców w powtórzeniu. Czynnikiem doświadczenia były odmiana, stadium dojrzałości i termin wykonywania oznaczeń.

Charakterystyka stadiów dojrzałości owoców. Stadium M-0 – owoce nie w pełni wyrośnięte, niedojrzałe fizjologicznie, o błyszczącej fioletowoczarnej skórce; stadium M-1 – owoce fizjologicznie niedojrzałe, o błyszczącej fioletowoczarnej skórce; stadium M-2 – owoce o kilka dni starsze niż M-1, ale wciąż fizjologicznie niedojrzałe, o lekko matowej fioletowoczarnej skórce i niedojrzałych jeszcze nasionach; stadium M-3 – owoce o kilka dni starsze niż M-2, o matowej skórce, której kolor zaczynał się zmieniać z fioletowoczarnego na jasnofioletowo-brązowy, z nasionami zaczynającymi dojrzewać.

Oznaczenia zawartości antocyjanów i parametrów barwy wykonywano bezpośrednio po zbiorze oraz po dwóch tygodniach przechowywania. W doświadczeniu oznaczano:

– Barwę skórki owoców, spektrofotometrem Miniscan firmy Hunter Lab, w systemie CIE L*a*b*, gdzie L* oznacza jasność (od 0 do 100), a* – nasilenie barwy czerwonej (+) i zielonej (–) oraz b* – żółtej (+) i niebieskiej (–). Pomiar wykonywano po dwóch przeciwległych stronach owocu, w połowie jego wysokości, na pięciu owocach z każdego powtórzenia. Pole powierzchni pomiaru wynosiło 8 mm.

– Zawartość antocyjanów w skórce owoców. Do analiz brano po pięć losowo wybranych owoców z każdej kombinacji doświadczalnej. Do kolbki pobierano naważkę 5 g skórki (po uprzednim rozraniu w móżdżerzu), którą zalewano 50 cm³ 1n kwasu solnego, a następnie zanurzano w łaźni wodnej i ogrzewano pod chłodnicą zwrotną przez 1 godzinę (od momentu wrzenia), po czym odstawiono na 15 minut. Zawartość kolbki przesączono do rozdzielacza i kilkakrotnie ekstrahowano n-butanolem (20 cm³, 10 cm³), za każdym razem wytrząsając i oddzielając fazę barwną. Butanolowe wyciągi połączono i uzupełniono w kolbie do objętości 50 cm³ n-butanolem. Następnie mierzono ekstynkcję wyciągu w spektrofotometrze, wobec próby zerowej, przy długości fali 533 nm. Zawartość antocyjanów, w przeliczeniu na delfinidynę, obliczono wg wzoru:

$$S = \frac{E \times V \times F}{A}$$

gdzie: S – procentowa zawartość chlorków antocyjanidyn (%); E – wartość ekstynkcji; V – objętość fazy butanolowej (cm³); F – współczynnik dla chlorowodoru delfinidyny (2,5); A – naważka surowca (mg).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w układzie trójczynnikiem, wykorzystując program ANOVA. Badanymi czynnikami były: odmiana (A), stadium dojrzałości (B) i termin oznaczeń (C). Różnice między źródłami zmienności badano testem F-Fischera, przy poziomie istotności $P = 0,05$. Do porównywania wartości średnich użyto testu LSD przy poziomie istotności $P = 0,05$. Korelacje między parametrami barwy badanej próby owoców a zawartością antocyjanów w ich skórce określano stosując program Statgraphics Plus 4.1.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość antocyjanów w skórce owoców oherżyny była podobna w obu sezonach badań, dlatego w prezentacji wyników podano wartości średnie z lat. Wartości te wahały się w granicach $1,18\text{--}4,12\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ świeżej masy bezpośrednio po zbiorze i $0,91\text{--}3,40\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ świeżej masy po przechowaniu. Zawartość antocyjanów zależała istotnie od stadium dojrzałości owoców (tab. 1). Najwięcej tych związków

Tab. 1. Zawartość antocyjanów w skórce owoców oherżyny bezpośrednio po zbiorze i po dwóch tygodniach przechowywania w temperaturze 12°C (średnie z dwóch lat)
Anthocyanins content in eggplant skin immediately after harvest and after 2-week storage at temperature 12°C (means of two years)

Odmiana Cultivar	Stadium dojrzałości Maturity stage	Zawartość antocyjanów ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ św. m.) Anthocyanins content ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ f.w.)	
		Po zbiorze After harvest	Po przechowaniu After storage
Impulse	M-0	3,92	3,18
	M-1	4,12	3,40
	M-2	3,76	2,98
	M-3	1,41	0,91
Epic	M-0	2,78	2,16
	M-1	3,56	2,89
	M-2	3,42	3,18
	M-3	1,18	0,98
Średnio dla terminu Means for date	po zbiorze, after harvest po przechowaniu, after storage		3,02b 2,46a
Średnio dla odmiany Mean for cultivar	Impulse Epic		2,96a 2,52a
Średnio dla stadium dojrzałości Mean for maturity stage	M-0 M-1 M-2 M-3		3,01b 3,49c 3,34c 1,12a

Objaśnienie: średnie nie różniące się między sobą według testu LSD przy $P = 0,05$ oznaczono takimi samymi literami

Note: means which do not differ according to LSD test at $P=0.05$ are marked with the same letters

zawierały owoce zebrane w stadiach M-1 i M-2, natomiast najmniej owoce najstarsze, tj. zebrane w stadium M-3. Różnice w zawartości antocyjanów między świeżo zebranymi owocami, znajdującymi się w stadium najmłodszym (M-0), i najstarszym (M-3) były bardzo duże (prawie trzykrotna różnica). Natomiast różnice w zawartości antocyjanów w owocach obu odmian były nieistotne. Przechowywanie owoców przez okres dwóch tygodni powodowało istotny spadek zawartości antocyjanów, średnio o około 20% w stosunku do wartości początkowej. Należy zwrócić uwagę na fakt, że oierzynę przechowywano w warunkach optymalnych, zalecanych przez wielu autorów (Aubert i Pochard, 1981; Mencarelli i in., 1989; Temkin-Gorodeiski i in., 1993). Można sądzić, że przechowywanie oierzyny w warunkach wyższej temperatury mogłoby spowodować większe zmiany w zawartości tych związków. Na mało stabilny charakter związków antocyjanowych i związaną z tym możliwość spadku ich zawartości w czasie przechowywania materiału roślinnego wskazują też Bridle i Timberlake (1997). Uzyskane wyniki wskazują, że zmniejszenie zawartości antocyjanów w skórce oierzyny jest istotnym elementem zmian jakości owoców zachodzących

Tab. 2. Wartości parametru L* dla skórki oierzyny bezpośrednio po zbiorze i po dwóch tygodniach przechowywania w temperaturze 12°C (średnie z dwóch lat)
L* values for eggplant skin, immediately after harvest and after 2-week storage at temperature 12°C (means of two years)

Odmiana Cultivar	Stadium dojrzałości Maturity stage	Wartość L*, L* value	
		Po zbiorze After harvest	Po przechowaniu After storage
Impulse	M-0	24,1	25,5
	M-1	25,0	26,6
	M-2	28,3	29,4
	M-3	30,1	31,3
Epic	M-0	25,2	25,9
	M-1	25,0	25,8
	M-2	27,2	28,7
	M-3	29,6	30,4
Średnio dla terminu po zbiorze, after harvest		26,8a	
Means for date po przechowaniu, after storage		27,9b	
Średnio dla odmiany Impulse		27,5a	
Mean for cultivar Epic		27,2a	
Średnio dla stadium dojrzałości Mean for maturity stage	M-0	25,2a	
	M-1	25,6a	
	M-2	28,4b	
	M-3	30,4c	

Objaśnienie: patrz tab. 1. Note: see tab. 1.

w czasie przechowywania, oprócz zmian innych cech jakościowych, chemicznych i fizycznych, opisanych przez wielu autorów (Selwaraj i in., 1974; Esteban i in., 1992; Gajewski, 1997, 2002a, 2002b).

Zmniejszeniu zawartości antocyjanów w skórce owoców w czasie ich dojrzewania na roślinie oraz podczas przechowywania towarzyszyły zmiany barwy skórki odnośnie do parametrów L*, a* i b*. Wartość parametru L* wzrastała w czasie dojrzewania u owoców obu odmian, przy czym szczególnie duże różnice obserwowano między owocami znajdującymi się w stadium M-3 i stadiami wcześniejszej dojrzałości (tab. 2). Przechowywanie powodowało również wzrost wartości tego parametru. Wizualnym objawem tych zmian było rozjaśnienie skórki. Wartość parametru a* wzrastała w czasie dojrzewania, natomiast przechowywanie owoców powodowało niewielkie zmniejszenie się wartości tego parametru (tab. 3). W czasie dojrzewania owoców wzrastała istotnie wartość parametru b*, zwłaszcza w owocach znajdujących się w stadium M-3. W wyniku przechowywania następował istotny spadek wartości b* (tab. 4). U obu odmian zmiany wszystkich parametrów barwy w czasie przechowywania przebiegały w tym samym kierunku.

Tab. 3. Wartości parametru a* dla skórki oierzyny bezpośrednio po zbiorze i po dwóch tygodniach przechowywania w temperaturze 12°C (średnie z dwóch lat)
a* values for eggplant skin, immediately after harvest and after 2-week storage at temperature 12°C (means of two years)

Odmiana Cultivar	Stadium dojrzałości Maturity stage	Wartość a*, a* value	
		Po zbiorze After harvest	Po przechowaniu After storage
Impulse	M-0	1,7	1,4
	M-1	2,2	2,0
	M-2	3,6	3,1
	M-3	5,7	5,2
Epic	M-0	2,3	1,8
	M-1	2,7	2,3
	M-2	3,8	3,5
	M-3	5,6	5,2
Średnio dla terminu po zbiorze, after harvest		3,5b	
Means for date po przechowaniu, after storage		3,1a	
Średnio dla odmiany Impulse		3,1a	
Mean for cultivar Epic		3,4b	
Średnio dla stadium M-0		1,8a	
dojrzałości M-1		2,3b	
Mean for maturity stage M-2		3,5c	
M-3		5,4d	

Objaśnienie: patrz tab. 1. Note: see tab. 1.

Tab. 4. Wartości parametru b* dla skórki oierzyny bezpośrednio po zbiorze i po dwóch tygodniach przechowywania w temperaturze 12°C (średnie z dwóch lat)
b* values for eggplant skin, immediately after harvest and after 2-week storage at temperature 12°C (means of two years)

Odmiana Cultivar	Stadium dojrzałości Maturity stage	Wartość b*, b* value	
		Po zbiorze After harvest	Po przechowaniu After storage
Impulse	M-0	0,6	0,2
	M-1	0,9	0,6
	M-2	1,4	0,8
	M-3	4,5	4,2
Epic	M-0	0,7	0,3
	M-1	0,6	0,4
	M-2	1,4	1,1
	M-3	4,7	4,2
Średnio dla terminu po zbiorze, after harvest			1,9b
Means for date po przechowaniu, after storage			1,5a
Średnio dla odmiany Impulse		1,7a	
Mean for cultivar Epic		1,7a	
Średnio dla stadium dojrzałości M-0		0,5a	
Mean for maturity stage M-1		0,6a	
M-2		1,2b	
M-3		4,4c	

Objaśnienia patrz tab. 1. Note: see tab. 1.

Podjęto próbę określenia matematycznej zależności wartości parametrów charakteryzujących barwę od zawartości antocyjanów w skórce oierzyny. Obliczono w tym celu równania regresji prostej i wielokrotnej dla parametrów L*, a* i b*. Najwyższą wartość współczynnika regresji, charakteryzującego stopień zależności między zmiennymi, uzyskano dla równania regresji wielokrotnej, w którym uwzględniono wszystkie trzy badane parametry barwy. Wartość współczynnika R² dla tego równania wynosi 78,5%. Równanie przedstawia się następująco:

$$S = 8,36754 - 0,23645 L^* + 0,694643 a^* - 0,851616 b^*$$

gdzie: S – zawartość antocyjanów w skórce (mg·g⁻¹ św.m.); L*, a*, b* – wartości w systemie CIE L*a*b*.

Wysoka wartość współczynnika regresji wskazuje, że zawartość antocyjanów w skórce owoców oierzyny jest silnie skorelowana z barwą owoców.

WNIOSKI

1. Zawartość antocyjanów w skórce owoców oberżyny zmniejsza się w czasie dojrzewania owoców.
2. Przechowywanie oberżyny powoduje pewien spadek zawartości antocyjanów w skórce u owoców zebranych we wszystkich stadiach dojrzałości zbiorczej.
3. Zmiany zawartości antocyjanów są silnie skorelowane ze zmianami barwy skórki, mierzonej w systemie CIE $L^*a^*b^*$.

PIŚMIENNICTWO

- Adamicki F., Czerko Z., 2002. Przechowalnictwo warzyw i ziemniaka. PWRiL, Poznań.
- Aubert S., Pochard E., 1981. Problemes de conservation en frais de l'aubergine (*Solanum melongena* L.). Rev. Hort. 216: 35-41.
- Bridle P., Timberlake C.F., 1997. Anthocyanins as natural food colours - selected aspects. Food Chem. 58: 103-109.
- Buczowska H., 2005. Plonowanie pięciu odmian oberżyny w nieogrzewanym tunelu foliowym. Zesz. Nauk. Akad. Roln. we Wrocławiu, Roln. LXXXVI, 515: 61-67.
- Esteban R.M., Molla E.M., Villaroya M.B., Lopez-Anreu F., 1989. Changes in the chemical composition of eggplant during storage. Scientia Hort. 41: 19-25.
- Esteban R., Molla E., Robredo L., Lopez-Anreu F., 1992. Changes in the chemical composition of eggplant fruits during development and ripening. J. Agric. Food Chem. 40(6): 998-1000.
- Gajewski M., 1997. Wpływ niektórych czynników na jakość oberżyny i cukinii w czasie przechowywania. Mat. Konf. „Doskonalenie Technologii Produkcji Roślin Warzywnych”, ART Olsztyn, 24-25.06.1997: 83-86.
- Gajewski M., Gajc-Wolska M., 1998. Plonowanie odmian oberżyny w uprawie w tunelu foliowym i w szklarni nieogrzewanej. Zesz. Nauk. Akad. Techn.-Roln. w Bydgoszczy, Roln. 42: 65-72.
- Gajewski M., 2002a. Quality changes in stored aubergine fruits (*Solanum melongena* L.) from a plastic tunnel and a glasshouse in relation to the maturity stage and packing method. I. Physical changes. Folia Hort. 14/1: 119-125.
- Gajewski M., 2002b. Quality changes in stored aubergine fruits (*Solanum melongena* L.) from a plastic tunnel and a glasshouse in relation to the maturity stage and packing method. II. Chemical changes. Folia Hort. 14/2: 77-83.
- Igarashi K., 1993. Antioxidative activity of nasunin in chouja-nasu (little eggplant, *Solanum melongena* L. 'Chouja'). J. Jap. Soc. Food Sci. Technol. 40(2): 138-143.
- Kopec K., 1987. The vegetables sensitivity to low temperature stress and storage. Zahradnictvo, 10, 450-459.
- Matsuzoe N., 1999. Effect of dark treatment of the eggplant on fruit skin colour and its anthocyanins content. J. Jap. Soc. Food Sci. Technol. 68(1): 138-145.

- Mencarelli F., Botondi R., Moraglia D., 1989. Postharvest quality maintenance of new varieties of tomato, pepper and eggplant with small size fruits: preliminary results. *Acta Hort.* 224: 235-241.
- Mohammed M., Sealy L., 1986. Extending the shelf life of melongene (*Solanum melongena* L.) using polymeric films. *Tropical Agric.* 63(1): 36-40.
- Nothmann J., 1986. Eggplant. In: Fruit set and development. S.P. Monselise (Editor), CRC Boca Raton, FL: 145-152.
- Polska Norma, 1996. Bakłażany. PN-R-75505: (UN/ECEFFV-05).
- Selveraj Y., Suresh E., Divakar N., 1974. Studies on the effects of storage temperature on biochemical constituents in brinjal varieties. *Indian Food Packer* 28(1): 28-31.
- Sudheesh S., Presannakumar G., Vijayakumar S., Vijyalakshmi N., 1997. Hypolipidemic effect of flavonoids from *Solanum melongena*. *Plant Foods Hum. Nutr.* 51(4) :321-330.
- Temkin-Gorodeiski N, Shapiro B., Grinberg S., Rosenberger I., Fallik E., 1993. Postharvest treatments to control eggplant deterioration during storage. *J. Hort. Sci.* 68: 689-693.
- Wilska-Jeszka J., 2000. Barwniki. [w:] *Chemia żywności*. Pod red. Z. Sikorskiego. WNT, Warszawa: 431-459.

SUMMARY

The aim of this study was to determine changes in anthocyan content in the skin of eggplant fruits during development and postharvest storage in relation to changes of skin colour. Fruits of cvs 'Impulse' and 'Epic' were harvested at four maturity stages and stored in a cold store in perforated HDPE bags at the temperature of 12°C and 95% RH for two weeks. During fruit maturation, as well as during storage, anthocyan content decreased. Changes in anthocyan content were accompanied by changes in colour CIE L*a*b* parameters. L* value increased during fruit maturation and storage, and a* and b* values increased during maturation but decreased during storage. Regression analysis showed that colour parameters were strongly correlated with anthocyan content.