

APARATURA BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Zmiany zawartości antocyjanów oraz barwy śliwek (*Prunus domestica*) w zależności od stopnia dojrzałości oraz czasu przechowywania

DOROTA WALKOWIAK-TOMCZAK¹, GRZEGORZ ŁYSIAK²

UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU, ¹INSTYTUT TECHNOLOGII ŻYWNOSCI POCHODZENIA ROŚLINNEGO, ²KATEDRA SADOWNICTWA

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wpływ stopnia dojrzałości oraz czasu przechowywania śliwek (*Prunus domestica*) odmian 'Elena', 'Oneida' i 'Stanley' na zmiany zawartości antocyjanów oraz wartości parametrów barwy. Owoce po zbiorze posortowano wg stopnia dojrzałości na dojrzałość zbiorczą i konsumpcyjną, a następnie umieszczono w chłodni, gdzie przechowywano je przez 4 tygodnie. Zawartość antocyjanów oznaczano metodą spektrofotometryczną różnicową wg Fuleki i Francisa. Parametry barwy mierzono w systemie CIE L*a*b*. Zawartość antocyjanów zwiększała się wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości i czasu przechowywania. W większości przypadków, w czasie przechowywania, wartości parametru L* malały, wartości C* wzrastały, wartości a* i b* zmieniały się dwukierunkowo, zaś wartości h* nieznacznie malały lub były stałe.

The changes of anthocyanins content and fruit colour of plums (*Prunus domestica*) dependent on maturation phase and storage time

ABSTRACT

The paper presents the effect of maturation phase and storage time of plums (*Prunus domestica*) of cultivares 'Elena', 'Oneida' and 'Stanley' on changes of anthocyanins contents and values of colour parameters. The fruits after harvest were sorted depending on their maturation stage to harvesting maturity and consumption maturity, and then were placed in a refrigerator and stored for 4 weeks. The total contents of anthocyanins was determined by spectrophotometric difference method according to Fuleki and Francis. Colour parameters were measured in the CIE L*a*b* system. The concentration of anthocyanins increased with growth of maturity stage and storage time. In the greater part of cases, during storage, values of L* parameter decreased, values C* increased, values a* and b* changed in two directions, values h* decreased or were constant.

1. WSTĘP

Antocyjany są barwnikami występującymi w owocach i niektórych warzywach, nadającymi pomarańczowe, czerwone lub niebiesko-fioletowe zabarwienie surowcom oraz ich przetworom. Są także stosowane jako barwiące dodatki do żywności. Zastosowanie barwników antocyjanowych w ostatnich latach wzrosło, dzięki ich właściwościom prozdrowotnym [1, 2, 3].

Pod względem chemicznym antocyjany należą do związków polifenolowych z grupy flawonoidów. Występują w postaci mono-, di- lub tri-glikozydów jednej z kilku form antocyjanidyn (aglikonów) i różnią się miejscem przyłączenia grup hydroksylowych i metoksyloowych w pierścieniu kationu flawyliowego. Zarówno glikozylacja, jak i acylacja antocyjanidyn wpływa na stabilność tych barwników [2].

Podstawowymi aglikonami śliwek są cyjanidyna i peonidyna [4, 5].

Barwa surowców roślinnych oraz ich przetworów jest zwykle najważniejszą z cech w wizualnej ocenie, wskazującej jednocześnie na oczekiwany smak i zapach, decydującej o akceptacji produktu przez konsumenta. Ocena sensoryczna jest jednak subiektywna, nie daje jednoznacznego opisu barwy, dlatego stosuje się aparaturę kolorymetryczną, która pozwala zmierzyć barwę, wyrażać ją liczbowo i porównywać do wzorca.

Jednym z kilku stosowanych modeli oceny barwy, jest system CIE $L^*a^*b^*$, który określa iluminat (rodzaj źródła światła), rodzaj przedmiotu i standardowego obserwatora 2° (pole widzenia o średnicy 1,7 cm z odległości 50 cm) i 10° (pole widzenia 6,6 cm z odległości 50 cm). Wartości $L^*a^*b^*$ są obliczane ze współrzędnych X, Y, Z. L^* określa jasność barwy wyrażaną wielkością strumienia świetlnego wpadającego do oka i przyjmuje wartości od 0 dla idealnej czerni do 100% dla absolutnej bieli. Chromatyczność barwy określają parametry a^* i b^* . Dodatnie wartości a^* oznaczają barwę czerwoną, zaś ujemne wartości barwę zieloną. Parametr b^* oznacza barwę żółtą dla dodatnich wartości, zaś dla ujemnych barwę niebieską [6]. Model CIE $L^*a^*b^*$ opiera się na teorii barw przeciwstawnych, wg której oko ludzkie odbiera jasność barwy, stosunek czerwieni do zieleni oraz żółci do błękitu. Oznacza to, że człowiek nie postrzega równocześnie barwy czerwonej i zielonej, ani żółtej i niebieskiej [7]. W systemie CIE $L^*a^*b^*$ można wyznaczyć dodatkowo wartości C^* (nasycenie barwy) oraz h^* (odcień barwy wyrażany jako kąt tonu barwy).

W ocenie jakości owoców, barwa jest wyznacznikiem świeżości, stopnia dojrzałości, smaku i tekstury. Na podstawie opracowanych wzorców barwnych, możli-

we jest określanie stopnia dojrzałości i terminu zbioru owoców, co pozwala na dostarczenie do dystrybucji, przetwórstwa i przechowalnictwa surowców dobrej jakości [8, 9].

Celem pracy było określenie zmian zawartości barwników antocyjanowych oraz wartości parametrów barwy śliwek w zależności od stopnia dojrzałości podczas zbioru oraz czasu przechowywania.

2. MATERIAŁY I METODY

2.1. Surowiec

W badaniach stosowano śliwki pochodzące z sadów doświadczalnych w Przybrodzie, należących do Katedry Sadownictwa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Ocenie poddano śliwki (*Prunus domestica*) odmian 'Elena', 'Oneida' i 'Stanley', pochodzące z drzew w pełni owocowania, rosnące na podkładce Węgierka Wangenheima, na glebach płowych, w rozstawie 5x3 m. Owoce po zbiorze posortowano wg stopnia dojrzałości na dojrzałość zbiorczą i konsumpcyjną, a następnie umieszczono w chłodni w temperaturze 0°C , gdzie przechowywano je przez 4 tygodnie. Próby owoców do analiz pobierano po zbiorze oraz po 2 i 4 tygodniach przechowywania.

2.2. Pomiar zawartości antocyjanów

Zawartość barwników antocyjanowych oznaczano spektrofotometrycznie metodą różnicową wg Fuleki i Francis [10]. Zasada metody opiera się na obliczeniu różnicy wartości absorbancji barwników w roztworach o pH 1,0 oraz 4,5. Śliwki poddano homogenizacji i prowadzono ekstrakcję barwników w roztworze 95% EtOH : 1,5N HCl w stosunku objętościowym 85:15, przez 24 h. Następnie mieszaninę poddano wirowaniu, a uzyskany supernatant służył do oznaczania zawartości antocyjanów. Absorbancję mierzono przy długości fali 515 nm. Do obliczeń przyjęto wartość 775 jako absorbancję 1% roztworu barwnika w kuwecie o grubości warstwy optycznej 1 cm.

2.2. Pomiar parametrów barwy

Barwę skórki owoców mierzono za pomocą kolorymetru Konica Minolta CR-10 w świetle odbitym, przy źródle światła (iluminacie) D65, średnicy pola pomiaru 8 cm i obserwatorze 10° . Kolorymetr CR-10 jest urządzeniem niewielkich rozmiarów, zasilanym bateryjnie, służącym do szybkiej kontroli barwy w różnych warunkach, również w terenie, np. do owoców bezpośrednio na drzewie.

Pomiar barwy wykonywano w systemie CIE $L^*a^*b^*$. Z uzyskanych parametrów barwy $L^*a^*b^*$ obliczano

dodatkowo nasycenie barwy ($C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$) oraz kąt tonu barwy ($h^*=tg(b^*/a^*)$).

Barwę mierzono w próbie 20 owoców z każdego wariantu doświadczenia (w zależności od odmiany, stopnia dojrzałości i czasu przechowywania). Ze względu na duże zróżnicowanie materiału biologicznego oraz rozbieżności w wartościach parametrów barwy, pomiaru barwy dokonywano na skórce po usunięciu z niej warstwy naturalnego nalotu woskowego.

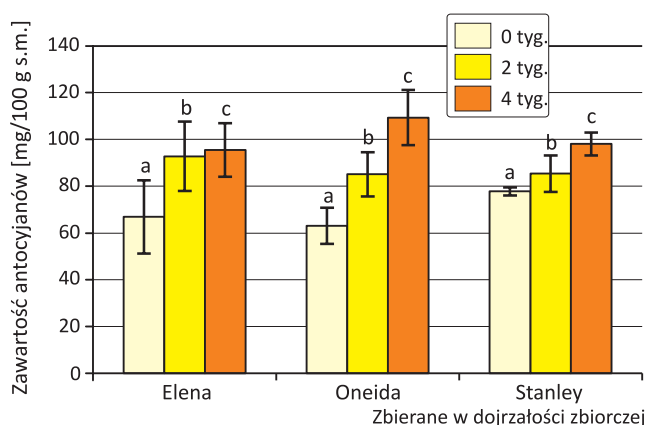
3. WYNIKI I Dyskusja

Zawartość barwników antocyjanowych w badanych śliwkach różniła się w zależności od odmiany, stopnia dojrzałości oraz czasu przechowywania. Analizując zawartość antocyjanów w owocach po zbiorze, najwyższe ich stężenie stwierdzono w śliwkach odmiany 'Stanley' dla dojrzałości zbiorczej, na poziomie 77,8 mg/100 g s.m. (Rys. 1), zaś w przypadku dojrzałości konsumpcyjnej w odmianie 'Elena', na poziomie 116,7 mg/100 g s.m. (Rys. 2). Na podstawie jednoczynnikowej, jednowymiarowej analizy wariancji, wpływ odmiany na zawartość antocyjanów był statystycznie nieistotny ($p=0,5129$), podobnie jak nieistotne były różnice między wartościami średnimi w teście NIR. Natomiast wieloczynnikowa jednowymiarowa analiza wariancji wykazała istotny wpływ odmiany na zawartość antocyjanów w przeliczeniu na 100 g s.m. śliwek ($p<0,05$). Test NIR w analizie wieloczynnikowej wykazał istotne różnice w zawartości barwników pomiędzy odmianami 'Elena' a 'Oneida' i 'Stanley', zaś brak istotnych różnic pomiędzy odmianą 'Oneida' i 'Stanley'. Poziom zawartości antocyjanów w śliwkach badanych w niniejszej pracy jest zbliżony do wyników przedstawionych przez Łoś i in. [11], w zakresie 18-29 mg/100 g s.m. W niniejszej pracy zawartość

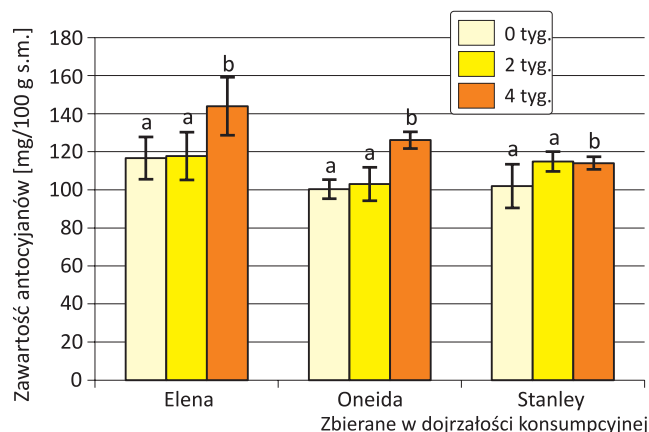
antocyjanów w świeżej masie owoców (wyniki nie zamieszczone na rys.) kształtowała się na poziomie 8-22 mg/100 g s.m. dla odmiany 'Elena', 9-21 mg/100 g s.m. dla odmiany 'Oneida' oraz 8-14 mg/100 g s.m. dla odmiany 'Stanley'. Wg innych autorów, w odmianach śliwek pochodzących z innych rejonów geograficznych, zawartość antocyjanów jest wyższa i wynosi 76-125 mg/100 g s.m. [12, 13].

W przypadku każdej odmiany zawartość antocyjanów w śliwkach zebranych w stadium dojrzałości zbiorczej była niższa niż w stadium dojrzałości konsumpcyjnej, mimo że podział zebranych owoców na dwie grupy wg stadium dojrzałości opierał się w niniejszych badaniach na jędrności i twardości owoców, nie na ich wybarwieniu. W grupie dojrzałości zbiorczej znalazły się owoce jędrne i twarde, przeznaczone do przechowywania lub dłuższego transportu. Natomiast do grupy dojrzałości konsumpcyjnej zaklasyfikowano owoce jędrne, ale nie twarde, które przeznaczone są bezpośrednio do sprzedaży i spożycia. Stopień dojrzałości miał wpływ na zawartość antocyjanów, co potwierdziła jedno i wieloczynnikowa analiza wariancji anova oraz test istotności różnic NIR ($p<0,05$). Wzrost zawartości antocyjanów podczas dojrzewania owoców zaobserwowano również w przypadku czereśni [14].

Podczas przechowywania śliwek, zawartość antocyjanów zwiększała się, zwłaszcza w przypadku owoców zebranych w stadium dojrzałości zbiorczej (Rys. 1). Jest to związane z ich dojrzewaniem podczas przechowywania. W wyniku dojrzewania zwiększa się zawartość ekstraktu, w tym cukrów, związków aromatycznych i barwników, a zmniejsza się poziom kwasów i garbników, owoce stają się bardziej miękkie i soczyste czyli osiągają najlepsze cechy sensoryczne. W literaturze znane są doniesienia o wzroście



Rysunek 1. Wpływ czasu przechowywania śliwek zebranych w stadium dojrzałości zbiorczej na zawartość antocyjanów; wartości średnie oznaczone taką literą w danej odmianie nie różnią się między sobą statystycznie istotnie przy $p=0,05$



Rysunek 2. Wpływ czasu przechowywania śliwek zebranych w stadium dojrzałości konsumpcyjnej na zawartość antocyjanów; wartości średnie oznaczone taką literą w danej odmianie nie różnią się między sobą statystycznie istotnie przy $p=0,05$

zawartości polifenoli, w tym antocyjanów, podczas dojrzewania i przechowywania owoców, takich jak czereśnie, śliwki, truskawki, borówki [5, 14, 15, 16, 17]. Wzrost zawartości barwników antocyjanowych podczas 4-tygodniowego przechowywania, w śliwkach zbieranych w stopniu dojrzałości zbiorczej wynosił od 26% dla odmiany 'Stanley' do 73% dla odmiany 'Oneida'. W przypadku śliwek zebranych w stadium dojrzałości konsumpcyjnej, wzrost zawartości antocyjanów podczas przechowywania był mniejszy i wynosił od 12% dla odmiany 'Stanley' do 23-25% dla pozostałych odmian. Na podstawie jedno- i wieloczynnikowej analizy wariancji stwierdzono istotny statystycznie wpływ czasu przechowywania na zawartość antocyjanów ($p < 0,05$), a wyniki testu NIR wskazują, że istotne różnice pomiędzy wartościami średnich dotyczyły okresu pomiędzy 0 i 2 a 4 tygodniem przechowywania (Rys. 1, 2).

Barwa śliwek jest ich cechą odmianową i może być wykorzystywana, obok innych parametrów, do określania stopnia dojrzałości i wyznaczania terminu zbioru [18]. Śliwki poddano ocenie barwy w systemie CIE $L^*a^*b^*$, usuwając uprzednio woskowy nalot ze skórki, którego obecność w zasadniczy sposób wpływa na

wartości parametrów barwy [19]. W wyniku przeprowadzonej oceny barwy stwierdzono, że parametry barwy zmieniały się w zależności od stopnia dojrzałości i czasu przechowywania (Tab. 1). Na podstawie jedno- i wieloczynnikowej analizy wariancji anova stwierdzono, że odmiana, stopień dojrzałości i czas przechowywania miały statystycznie istotny wpływ na wartości parametrów L^* , a^* , b^* , C^* i h^* ($p < 0,05$). Jedynie testy NIR dotyczące jednoczynnikowej analizy wariancji dla wpływu czasu przechowywania na parametry barwy, wykazały brak istotnych różnic między średnimi wartościami a^* i C^* .

Generalnie wartości parametrów barwy w czasie przechowywania, w przypadku odmiany 'Oneida' zwiększały się, natomiast w przypadku odmian 'Elena' i 'Stanley' zmieniały się w zależności od stopnia dojrzałości. W większości przypadków, dla dojrzałości zbiorczej wartości parametrów barwy zmniejszały się, a dla dojrzałości konsumpcyjnej zwiększały się (Tab. 1). Niższe wartości parametru L^* dla dojrzałości konsumpcyjnej w porównaniu z dojrzałością zbiorczą są odzwierciedleniem ciemnienia barwy skórki, co związane jest również ze zwiększającą się zawartością antocyjanów podczas dojrzewania.

Tabela 1. Zmiany wartości parametrów barwy śliwek w zależności od stopnia dojrzałości podczas zbioru oraz czasu przechowywania

Odmiana	Stopień dojrzałości	Czas przechowywania [tyg.]	Parametry barwy				
			L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
Elena	Dojrzałość zbiorcza	0	25,7±2,0	7,5±1,6	5,5±1,9	9,4±1,9	0,60±0,3
		2	24,7±0,8	6,5±1,8	2,5±1,0	7,0±1,9	0,40±0,2
		4	24,1±0,8	5,5±1,5	2,0±1,0	6,5±1,4	0,35±0,2
	Dojrzałość konsumpcyjna	0	23,9±1,6	5,8±1,8	1,9±1,5	6,2±2,1	0,30±0,1
		2	24,6±0,8	6,0±1,4	1,9±0,8	6,3±1,6	0,30±0,0
		4	25,2±0,8	6,2±1,2	1,9±0,7	6,4±1,4	0,30±0,1
Oneida	Dojrzałość zbiorcza	0	21,7±0,6	4,1±0,5	0,6±0,4	4,2±0,5	0,10±0,5
		2	23,1±0,8	7,9±1,3	1,8±0,3	8,2±2,4	0,20±0,2
		4	24,6±2,2	6,5±2,3	2,0±2,6	7,0±2,8	0,20±0,5
	Dojrzałość konsumpcyjna	0	22,5±1,7	4,0±1,8	0,9±0,6	4,2±1,8	0,20±0,1
		2	22,5±1,8	1,8±1,5	0,5±0,4	2,2±0,5	0,30±0,3
		4	23,5±1,9	4,8±2,2	1,2±1,5	5,0±2,6	0,20±0,1
Stanley	Dojrzałość zbiorcza	0	23,0±1,0	7,5±3,0	1,7±1,1	7,7±3,0	0,20±0,3
		2	23,8±1,0	4,9±1,6	-0,7±0,8	5,0±1,6	-0,1±0,4
		4	20,9±1,3	5,3±3,1	0,8±0,6	5,4±3,1	0,20±0,2
	Dojrzałość konsumpcyjna	0	22,5±0,6	1,1±2,2	0,2±0,8	2,0±1,6	0,20±0,4
		2	25,0±2,5	3,3±1,3	0,2±0,9	3,4±1,2	0,10±0,4
		4	20,7±0,7	2,2±0,9	-0,3±0,4	2,2±0,9	-0,2±0,2

Wartości średnie z 20 pomiarów ± odchylenie standardowe

Zmiany parametrów a^* i b^* , określających chromaticzność barwy, są dwukierunkowe i zależne od odmiany. W przypadku odmiany 'Oneida' podczas przechowywania, wartości a^* i b^* we wszystkich próbach zwiększały się, co oznacza zwiększający się udział barwy czerwonej i żółtej. W przypadku pozostałych odmian, dla dojrzałości zbiorczej wartości a^* i b^* malały, a dla dojrzałości konsumpcyjnej wartości a^* zwiększały się, zaś wartości b^* malały. Spadek wartości b^* oznacza zmniejszanie się udziału barwy żółtej, a jednocześnie wzrost udziału barwy niebieskiej (wartości ujemne), co może być związane ze zmianą barwy na ciemnogrnatową. Różnice w kierunku zmian wartości parametrów barwy L^* , a^* , b^* między śliwkami odmiany 'Oneida' a pozostałymi odmianami, wynikają m.in. z odmiennego zabarwienia skórki tych owoców. Mianowicie odmiana 'Oneida' cechuje się skórką barwy fioletowo-niebieskiej, zaś skórka odmian „Elena' i 'Stanley” jest ciemnogrnatowa. Wg danych literaturowych, w przypadku prób o dużym stężeniu antocyjanów, spadek wartości a^* i b^* może być również spowodowany obniżaniem się sprawności fotokomórek w kolorymetrach, w wyniku zbyt słabego oświetlenia [6]. Zwiększanie się wartości C^* oznacza wzrost nasycenia barwy, co stwierdzono w większości prób podczas przechowywania. Zmiany wartości kąta tonu barwy h^* podczas przechowywania śliwek były niewielkie (Tab. 1). W większości prób odnotowano spadek wartości h^* , co świadczy o zmianie tonu barwy w kierunku fioletowo-niebieskiej. W wielu przypadkach wartość h^* nie zmieniała się podczas przechowywania, co oznacza, że odcień barwy nie ulegał zmianie, choć zmieniało się jej nasycenie.

Podsumowując przedstawione wyniki, można stwierdzić, że śliwki w stadium dojrzałości konsumpcyjnej cechowały się większą zawartością antocyjanów i nasyceniem barwy niż w stadium dojrzałości zbiorczej. Odnotowano również dalszy wzrost zawartości barwników antocyjanowych podczas przechowywania śliwek, co wpływa nie tylko na atrakcyjność wizualną tych owoców, ale również na ich „prozdrowotną”

wartość żywieniową. Liczne doniesienia literaturowe potwierdzają korzystne oddziaływanie antocyjanów na wiele funkcji naszego organizmu oraz ich wysoki potencjał przeciwutleniający [1, 2, 20, 21]. Wzrost zawartości polifenoli, w tym antocyjanów, podczas dojrzewania i przechowywania śliwek, co potwierdzają liczne dane literaturowe, wskazuje na celowość precyzyjnego ustalania terminu zbioru tych owoców, kiedy cechują się one najkorzystniejszymi cechami sensorycznymi, odpowiednimi do konsumpcji lub przetwarzania. Z praktycznego punktu widzenia, wyznaczenie terminu zbioru śliwek nie jest łatwe, gdyż w niektórych odmianach charakterystyczne wybarwienie skórki znacznie wyprzedza pojawienie się pozostałych wskaźników dojrzałości, takich jak smak, zapach i odpowiednia tekstura. Dystrybutorzy i handlowcy preferują śliwki mniej dojrzałe, które można dłużej eksponować w sklepach (market life potential), zaś konsumenci wybierają owoce odpowiednio wybarwione, miękkie i aromatyczne [5].

4. WNIOSKI

- 1) Zawartość antocyjanów w śliwkach poszczególnych odmian, w stadium dojrzałości konsumpcyjnej była wyższa niż w stadium dojrzałości zbiorczej.
- 2) Podczas przechowywania śliwek zwiększała się w nich zawartość barwników antocyjanowych.
- 3) Wartości parametrów barwy śliwek zmieniały się w zależności od odmiany, stopnia dojrzałości i czasu przechowywania.
- 4) W większości przypadków wartość parametru L^* (jasność barwy) zmniejszała się, a wartość C^* (nasycenie barwy) zwiększała się. Chromaticzność barwy (parametry a^* i b^*) zmieniała się w obu kierunkach. Wartość parametru h^* (kąt tonu barwy) nie zmieniała się lub zmniejszała się w niewielkim zakresie.

Praca naukowa częściowo finansowana ze środków na naukę MNiSzW w latach 2007-2010 jako projekt badawczy nr N312 1497 33.

LITERATURA

- [1] Youdim KA., Martin A., Joseph JA.: Incorporation of the elderberry anthocyanins by endothelial cells increases protection against oxidative stress. *Free Radic. Biol. Med.*, 2000, 29 (1), 51-60.
- [2] Giusti MM., Wrolstad RE.: Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 2003, 14, 217-225.
- [3] Konczak I., Wei Zhang: Anthocyanins – more than nature's colours. *J. Biomed Biotechnol.*, 2004, 5, 239-240.
- [4] Tomas-Barberan F.A., Gil M.I., Cremin P., Waterhouse A.L., Hess-Pierce B., Kader A.A.: HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, 49, 4748-4760.
- [5] Usenik V., Kastelec D., Veberic R., Stampar F.: Quality changes during ripening of plums (*Prunus domestica* L.). *Food Chem.*, 2008, 111, 830-836.
- [6] Oszmiański J.: *Technologia i analiza produktów z owoców i warzyw. Wybrane zagadnienia.* Wyd. A.R. we Wrocławiu, Wrocław 2002,.
- [7] Pastuszek W.: *Barwa w grafice komputerowej.* PWN, Warszawa 2000.
- [8] Crisosto CH., Mitchell FG., Johnson S.: Factors in fresh market stone fruit quality. *Postharvest News Inf.*, 1995, 6, 17-21.
- [9] Taylor MA., Rabe E., Dodd MC., Jacobs G.: Influence of sampling date and position in the tree on mineral nutrients, maturity and gel breakdown in cold stored 'Songold' plums. *Sci. Hortic.*, 1993, 54, 131-141.
- [10] Fuleki T., Francis FJ.: Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanins and degradation index for cranberry juice. *J. Food Sci.*, 1968, 63, 78-83.
- [11] Łoś J., Wilska-Jeszka J., Pawlak M.: Polyphenolic compounds of plums (*Prunus domestica*). *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2000, 9/50, 1, 35-38.
- [12] Donovan JL., Meyer AS., Waterhouse AL.: Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (*Prunus domestica*). *J. Agric. Food Chem.*, 1998, 46, 1247-1252.
- [13] Cevallos-Casals B., Byrne D., Okie W., Cisneros-Zevallos L.: Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties. *Food Chem.*, 2006, 96, 273-280.
- [14] Serrano M., Diaz-Mula HM., Zapata PJ., Castillo S., Guillen F., Martinez-Romero D., Valverde JM., Valero D.: Maturity stage at harvest determines the fruit quality and antioxidant potential after storage of sweet cherry cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, 2009, 57, 3240-3246.
- [15] Serrano M., Guillen F., Martinez-Romero D., Castillo S., Valero D.: Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *J. Agric. Chem.*, 2005, 53, 2741-2745.
- [16] Zheng Y., Yang Z., Chen X.: Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality in Chinese bayberries, strawberries and blueberries. *Food Control*, 2003, 19, 470-474.
- [17] Diaz-Mula HM., Zapata PJ., Guillen F., Castillo S., Martinez-Romero D., Valero D., Serrano M.: Changes in physico-chemical and nutritive parameters and bioactive compounds during development and on-tree ripening of eight plum cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, 2008, 88, 2499-2507.
- [18] Crisosto CH., Kader A.: *Plum and fresh prune postharvest quality. Maintenance Guidelines* Pomology Department University of California, Davis, CA, 2000.
- [19] Walkowiak-Tomczak D., Łysiak G.: Wpływ stopnia dojrzałości na zmiany parametrów barwy owoców wybranych odmian śliwek. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna*, 2009, 1: 71-74.
- [20] Di Carlo G., Mascolo N., Izzo AA., Capasso F.: Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sci.*, 1999, 65, 337-353.
- [21] Kim DO., Jeong SW., Lee CY.: Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem.*, 2003, 81, 321-326.