

ZMIANY BARWY WODNYCH ROZTWORÓW BARWNIKÓW  
ANTOCYJANOWYCH SOKU Z MARCHWI PURPUROWEJ  
W RÓŻNYM pH ŚRODOWISKA \*

*Marcin Kidoń, Janusz Czapski*

Zakład Technologii Owoców i Warzyw, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu,  
Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego,  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań  
e-mail: marcin\_kidon@wp.pl

**Streszczenie.** W pracy określono zmiany parametrów barwy CIE  $L^*a^*b^*$ , absorpcji światła oraz zawartości barwników antocyjanowych w roztworach soków z marchwi purpurowej w pH od 1,0 do 8,0 przed i po ogrzewaniu w temperaturze 80°C przez 6 godzin. Początkowa zawartość antocyjanów w roztworze wynosiła  $10,8 \text{ mg} \cdot (100 \text{ cm}^3)^{-1}$  z czego 25% stanowiły antocyjany nieacylowane. Stwierdzono, że w silnie kwaśnym środowisku (pH 1,0 do 3,0) różnice w barwie pomiędzy roztworami były praktycznie niedostrzegalne. Znaczące różnice w barwie stwierdzono pomiędzy roztworem o pH 1,0, a roztworami o pH powyżej 4,0. Zwiększanie odczynu w zakresie od 1,0 do 6,0 prowadziło do obniżania ilości pochłanianego światła. Po przekroczeniu pH 6,0 następowało ponowne zwiększenie wartości absorbancji, przy jednoczesnym przesunięciu batochromowym w kierunku fal dłuższych. Po 6 godzinach ogrzewania w roztworze o pH 1,0 pozostało 65% początkowej zawartości barwników, podczas gdy w pH 4,5 46%, a w pH 6,0 jedynie 30%. Najszybciej rozkład antocyjanów zachodził w pH 6,0 ( $k = 0,256 \text{ h}^{-1}$ ), a najwolniej w pH 1,0 ( $k = 0,049 \text{ h}^{-1}$ ). Ogrzewanie przez 6 godzin przy pH od 1,0 do 3,0 wywoływało nieznaczne zmiany barwy. Przy wyższych pH zmiany były większe – malał udział barwy czerwonej ( $a^*$ ) oraz żółtej ( $b^*$ ), a zwiększała się jasność ( $L^*$ ) roztworów.

**Słowa kluczowe:** antocyjany, barwa, ogrzewanie, marchew purpurowa

---

\*Badania wykonane w ramach pracy naukowej w części finansowanej ze środków na naukę w latach 2009 -2010 jako projekt badawczy nr NN 312 303637.

## WSTĘP

Barwniki antocyjanowe są szeroko rozpowszechnione w świecie roślinnym. Często również stosuje się je jako dodatki barwiące w produkcji żywności. Nadają się one szczególnie do produktów kwaśnych, gdyż ich barwa zależy od pH środowiska, a charakterystyczny czerwony ton przyjmują przy wysokim stężeniu jonów wodorowych. W miarę wzrostu pH, w zależności od budowy chemicznej cząsteczki, następuje odbarwienie roztworu lub zmiana tonu barwy w kierunku fioletu. Antocyjany występują najczęściej w formie glikozydowej, która przy wzroście pH ulega odbarwieniu. W niektórych surowcach reszta cukrowa może posiadać dodatkową grupę acylującą w postaci kwasu organicznego lub fenolowego, co sprawia, że barwniki acylowane zachowują barwę czerwoną w szerszym zakresie pH niż nieacylowane, a podnoszenie odczynu prowadzi nie do odbarwienia, lecz zmiany tonu w kierunku fioletu (Giusti i Wrolstad 2003, Bąkowska-Barczak 2005). W korzeniach marchwi purpurowej występuje głównie pięć różnych antocyjanów. Są to pochodne cyjanidyny, trzy z nich są dodatkowo acylowane kwasami hydroksycynamonowymi i stanowią około 80% wszystkich barwników (Kammerer i in. 2004, Turker i in. 2007).

Dodatkowa acylacja cząsteczki antocyjanów pozytywnie wpływa również na ich trwałość podczas ogrzewania oraz przechowywania. Czas połowicznego rozkładu pod wpływem ogrzewania dla antocyjanów marchwi purpurowej w porównaniu z barwnikami nieacylowanymi jest nawet dwukrotnie dłuższy (Sadilova i in. 2007). Również w przechowywanych sokach z marchwi purpurowej, szczególnie w temperaturach chłodniczych, obserwowano nieznaczne straty ich zawartości. Jednocześnie zdolność antyoksydacyjna soków pozostawała niezmienną, mimo rozkładu barwników (Kidoń i Czapski 2009).

Barwa jest cechą fizyczną produktu, która w zdecydowany sposób wpływa na pozytywny bądź negatywny jego odbiór przez konsumenta. Instrumentalne metody pomiaru barwy pozwalają na precyzyjny i powtarzalny jej pomiar. Opis zmian jakości barwy wymaga wyspecyfikowania jej parametrów. Najczęściej stosowany w przemyśle, ze względu na dużą komunikatywność przestrzeni barw, jest układ CIE  $L^*a^*b^*$ . Jest to system opisu barwy opracowany przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową (Commission Internationale d'Eclairage) w 1976 r. Opiera się on na modelu barw Munsella, wykorzystującym do liczbowej oceny barwy jej trzy atrybuty: jasność, ton i nasycenie. Udziały barw zielonej i czerwonej reprezentuje parametr  $a^*$ , natomiast barw niebieskiej i żółtej parametr  $b^*$ . Wartość  $L^*$  odpowiada jasności barwy.

Wysoka temperatura często stosowana jest w procesie przetwarzania żywności. W takich warunkach antocyjany mogą ulegać rozkładowi, co może prowadzić do zmian barwy. W pracy oceniono zmiany barwy roztworów soków z marchwi purpurowej o różnym pH w czasie ogrzewania. Określono również zmiany zawartości i kinetykę rozkładu antocyjanów.

#### MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie przeprowadzono na soku z korzeni marchwi purpurowej odmiany Deep Purple F1 (Bejo Zaden Poland) otrzymanego na drodze tłoczenia. Roztwory przeznaczone do analizy otrzymano przez rozcieńczenie soków w stosunku 1:9 (v:v) buforami o różnych wartościach pH od 1 do 8 (co 1 stopień) oraz dodatkowo buforem pH 4,5.

Roztwory soków ogrzewano w łaźni wodnej w temperaturze 80°C w zatopionych ampułkach szklanych o objętości 10 cm<sup>3</sup> przez 6 godzin. Próby do analiz pobierano co 1 godzinę.

Widma absorbancji roztworów wyznaczono za pomocą spektrofotometru Helios-Alpha w kuwetach szklanych o grubości 1 cm w zakresie fal światła widzialnego od 400 do 700 nm.

Oznaczenia parametrów barwy, jasności  $L^*$  oraz chromatyczności  $a^*$  i  $b^*$ , dokonano za pomocą spektrofotometru Konica-Minolta 3600d w kuwecie ze szkła optycznego o długości drogi świetlnej 2 mm, przy źródle światła D65, kącie obserwacji 2°, świetle przepuszczonym. Różnicę barw  $\Delta E$  wyliczono ze wzoru:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

gdzie:  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  oraz  $\Delta b^*$  – różnice wartości poszczególnych parametrów barwy pomiędzy próbkami.

Zawartość barwników antocyjanowych oznaczono metodą wysokosprawną chromatografii cieczowej (high-performance liquid chromatography – HPLC) aparatem Thermo Separation Product wyposażonym w pompę gradientową P2000, autosampler AS1000 oraz detektor UV-Vis UV3000. Rozdziału dokonano na kolumnie Waters-Spherisorb C-18 (250 mm x 4,6 mm x 5 μm) stosując rozdział gradientowy. Jako rozpuszczalniki zastosowano 10% (v/v) roztwór kwasu mrówkowego w wodzie (faza A) oraz 10% (v/v) roztwór kwasu mrówkowego w metanolu (faza B) (Glassgen i in. 1992). Oznaczenia przeprowadzono dla próbek ogrzewanych w pH 1, 4,5 oraz 6. Zawartość barwników antocyjanowych wyrażono w mg cyjanidyno-3-glukozydu na 100 cm<sup>3</sup> roztworu. W celu określenia tempa degradacji barw-

ników antocyjanowych wyznaczono stałą szybkości reakcji I rzędu  $k$  metodą algebraiczną, wstawiając odpowiednie wartości stężeń i czasów do równania kinetycznego oraz czas połowicznego rozkładu  $\tau_{1/2}$ .

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Początkowa zawartość barwników antocyjanowych w roztworach poddawanych ogrzewaniu wynosiła  $10,8 \text{ mg} \cdot (100 \text{ cm}^3)^{-1}$ . Tempo rozkładu barwników zależało w dużej mierze od pH, w jakim znajdowały się antocyjany. Przy pH najbardziej kwaśnym barwniki rozkładały się najwolniej, a czas ich półtrwania w takich warunkach wynosił 14,2 h (tab. 1). Przy wyższym odczynie rozkład był znacznie szybszy. Po 6 godzinach ogrzewania w roztworze o pH 4,5 straty wynosiły 54% początkowej zawartości antocyjanów, a w pH 6,0 aż 70% (rys. 1). Stałe szybkości reakcji, w porównaniu z pH 1,0, również były w tych warunkach większe, odpowiednio około trzy i pięciokrotnie. Straty, jakim ulegają antocyjany z innych surowców (czarny bez czy truskawka) podczas ogrzewania przez taki sam czas mogą być nawet dwukrotnie wyższe (Sadilova i in. 2007, 2009).

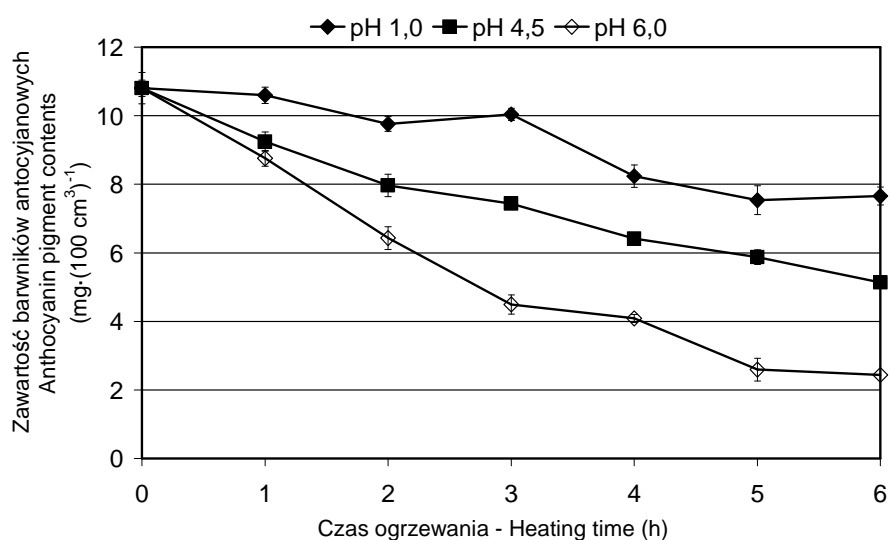
**Tabela 1.** Stała szybkości reakcji oraz czas połowicznego rozkładu barwników antocyjanowych soków podczas ogrzewania w różnych pH

**Table 1.** Constant rate of thermal degradation and half-life time decay for anthocyanin juice pigments during heating at different pH values

pH	$k \text{ (h}^{-1}\text{)}$	$\tau_{1/2} \text{ (h)}$
1,0	$0,049 \pm 0,022$	14,2
4,5	$0,135 \pm 0,015$	5,2
6,0	$0,256 \pm 0,030$	2,7

Ogrzewanie w najbardziej kwaśnym środowisku prowadziło do wolniejszej degradacji antocyjanów acylowanych niż w pH 4,5 oraz 6,0. Po 6 godzinach ogrzewania w roztworze o pH 1,0 pozostawało 71% początkowej ich zawartości, podczas gdy w pH 6,0 tylko 23% (tab. 2). Po ogrzewaniu roztworu soku w najwyższym pH zawartość barwników nieacylowanych zmniejszyła się do 54%, a w pH najniższym do 46%. Prawdopodobnie nie wynikało to jednak z większej termostabilności antocyjanów nieacylowanych w środowisku mniej kwaśnym, lecz zachodzącej hydrolizy barwników acylowanych. W warunkach wysokiej temperatury i pH zbliżonego do obojętnego mogło zachodzić odłączenie grupy acylującej i powstanie wolnego

kwasy hydroksycynamonowego oraz nieacylowanej glikozydowej pochodnej cyjanidyny (Sadilova 2006).



**Rys. 1.** Zmiany zawartości antocyjanów w czasie ogrzewania roztworów soku z marchwi purpurowej przy różnych pH

**Fig. 1.** Changes in anthocyanin pigment contents during heating purple carrot juice solutions at different pH values

**Tabela 2.** Względna zawartość barwników nieacylowanych (Non-Acy) oraz acylowanych (Acy) w roztworach podczas ogrzewania

**Table 2.** Relative content of nonacylated (Non-Acy) and acylated (Acy) anthocyanin pigment in juice solution during heating

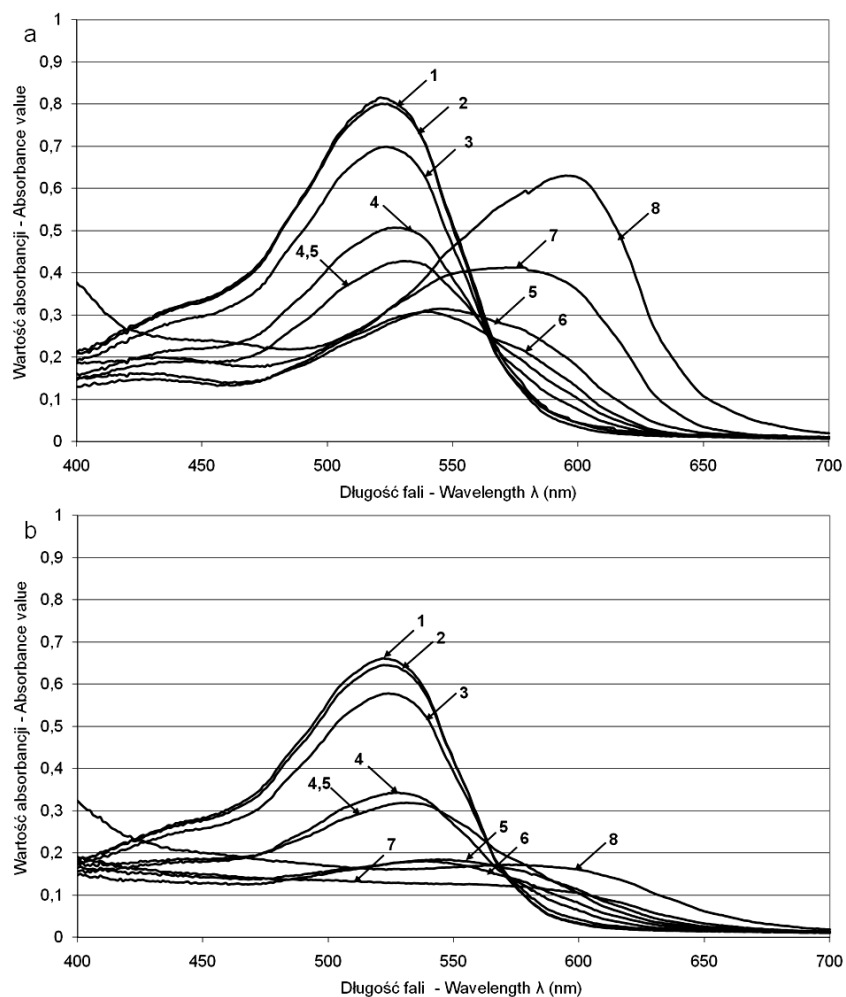
Czas ogrzewania Heating time (h)		0	1	2	3	4	5	6
pH 1,0	Non - Acy	100	100	83	88	60	53	46
	Acy	100	98	90	93	76	70	71
pH 4,5	Non - Acy	100	91	76	67	56	50	41
	Acy	100	86	74	69	59	54	48
pH 6,0	Non - Acy	100	93	81	69	69	57	54
	Acy	100	81	60	42	38	24	23

Na rysunku 2 przedstawiono widma absorbancji roztworów soku z marchwi purpurowej o takim samym stężeniu i pH od 1,0 do 8,0 przed ogrzewaniem. Najwyższe wartości absorbancji stwierdzono w pH 1,0 oraz 2,0 przy długości fali 520 nm. Dalsze podwyższanie pH roztworu powodowało spadek absorbancji, a najmniejszą ilość światła w badanym zakresie pochłaniał roztwór o pH 6,0. Przy zwiększaniu pH do 7,0 i 8,0 następował ponowny wzrost absorpcji światła widzialnego z jednoczesnym przesunięciem maksimum w kierunku fal dłuższych (efekt batochromowy). Przesunięcie batochromowe wywołane wzrostem pH z 1,0 do 4,5 wynosiło 10 nm, a 24 nm przy pH 6,0 (rys. 2a). Taką samą różnicę w długości fali, przy którym występowało maksimum absorbancji w pH 2,0 i 6,0, stwierdził Elham i in. (2006) dla badanych oczyszczonych preparatów barwników antocyjanowych wyizolowanych z korzeni marchwi purpurowej.

Pomiędzy roztworami o pH 1,0 i 8,0 przesunięcie batochromowe wyniosło aż 74 nm. Oznaczone przez Cabrita i in. (2000) maksimum absorbancji dla cyjanidyno-3-glukozydu w roztworze buforowym pH 1,0 wynosiło 510 nm, a w pH 8,0 około 570 nm. Acylowane pochodne cyjanidyny występujące w badanych roztworach soku z marchwi purpurowej posiadały w tych samych warunkach maksima przy fali o 11 nm i 25 nm dłuższej. Według Giusti i Wrolstad (2003) acylacja cząsteczki powoduje efekt batochromowy oraz jednocześnie zwiększa absorpcję światła (efekt hiperchromowy).

Po 6 godzinach ogrzewania część barwników antocyjanowych uległa rozkładowi, w wyniku czego, we wszystkich badanych roztworach wartości absorbancji uległy obniżeniu (rys. 2b). W pH 1 spadek absorbancji wyniósł 14%. Ogrzewanie przy pH 3,0 spowodowało straty w ilości około 17% początkowej wartości. Największe obniżenie absorbancji po ogrzewaniu stwierdzono w przypadku roztworów o pH 8,0, a więc najwyższym z badanych. W wyższej temperaturze ogrzewania, wynoszącej 98°C, jaką stosowali Reyes i Cisneros-Zevallos (2007), spadki były wyższe, mimo to, degradacja antocyjanów marchwi purpurowej była wolniejsza, niż w przypadku antocyjanów pochodzących z różowych ziemniaków czy grejpfrutów.

Pod wpływem ogrzewania w zakresie badanych pH od 1,0 do 6,0 maksimum absorbancji nie uległo zmianom. Jedynie przy odczynie obojętnym i najbardziej alkalicznym uległo ono nieznacznemu przesunięciu w kierunku fal krótszych. Jednocześnie w roztworach o pH 5,0 i powyżej sam kształt widma uległ wyraźnemu spłaszczeniu, bez tak wyraźnie zaznaczonego maksimum jak przed ogrzewaniem (rys. 2b).

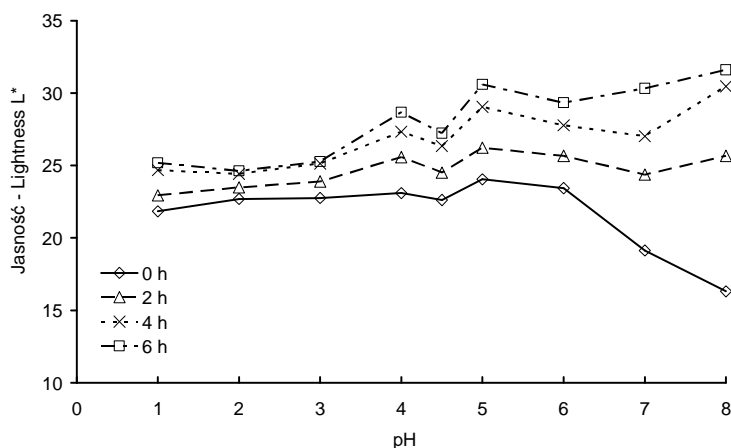


**Rys. 2.** Widma roztworów soku z marchwi purpurowej w różnych pH (1; 2; 3; 4; 4,5; 5; 6; 7; 8) przed ogrzewaniem (a) i po ogrzewaniu (b)

**Fig. 2.** Visible spectra of purple carrot juice solutions at different pH values (1; 2; 3; 4; 4.5; 5; 6; 7; 8) before (a) and after (b) heating

Dla nie ogrzewanych roztworów soków stwierdzono wyraźne różnice wartości parametrów barwy w zależności od pH. W środowisku silnie kwaśnym (pH od 1,0 do 3,0) roztwory miały barwę intensywnie czerwoną. Parametry barwy w tym zakresie pH były zbliżone i wynosiły – jasność  $L^*$  około 22, chromatyczność  $a^*$  około 29, a  $b^*$  około 0 (rys. 3 i 4). Parametry

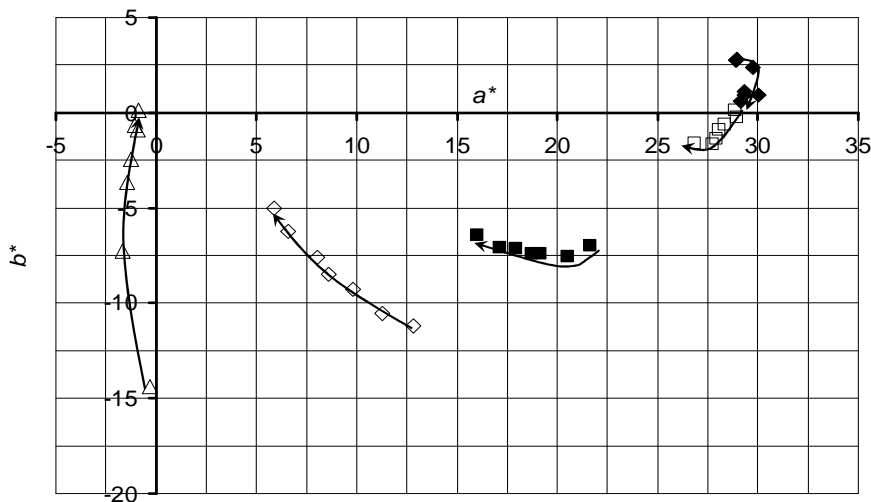
barwy wyznaczone dla ekstraktów antocyjanów z marchwi purpurowej pomiędzy buforami o pH 1,0 oraz 3,5 przez Sadiłową i in. (2006, 2007), również były zbliżone.



**Rys. 3.** Zmiany jasności  $L^*$  roztworów soku z marchwi purpurowej w zależności od pH w czasie ogrzewania

**Fig. 3.** Changes in lightness  $L^*$  of purple carrot juice solutions at different pH values during heating

◆ pH 1,0    □ pH 3,0    ■ pH 4,5    ◇ pH 6,0    △ pH 8,0



**Rys. 4.** Zmiany parametrów  $a^*$  i  $b^*$  roztworu soku z marchwi purpurowej w zależności od pH w czasie ogrzewania

**Fig. 4.** Changes of parameters  $a^*$  and  $b^*$  of purple carrot juice solution at different pH values during heating



W miarę wzrostu pH roztworu obserwowano spadek wartości  $a^*$  oraz  $b^*$ . Zmiana taka oznaczała zmniejszenie udziału barwy czerwonej (spadek  $a^*$ ) oraz wzrost udziału barwy niebieskiej (ujemne wartości  $b^*$ ). Wizualnie ton barwy przesuwał się z czerwonej w kierunku fioletu (rys. 4). Jasność początkowo nieznacznie wzrastała, lecz po przekroczeniu pH 6,0 następowało jej obniżenie (rys. 3). Podobną zależność stwierdził Torskangerpoll i Andersen (2005) dla barwników czerwonej kapusty, która podobnie jak marchew purpurowa zawiera antocyjany acylowane. Jak twierdzą Czapski i Walkowiak-Tomczak (2008), pH wpływa na parametry barwy roztworów barwników antocyjanowych nawet w większym stopniu, niż czas i temperatura ogrzewania.

Różnice w barwie pomiędzy roztworem o pH 1,0, a pozostałymi roztworami przedstawiono w tabeli 3. Różnice te zwiększały się wraz ze wzrostem pH. Ogrzewanie zmniejszało intensywność barwy wszystkich roztworów, przez co różnice w barwie po 6 godzinach ogrzewania były najmniejsze.

**Tabela 3.** Różnice barw  $\Delta E$  pomiędzy roztworem o pH 1,0 i pozostałymi  
**Table 3.** Colour differences  $\Delta E$  between solution with pH 1.0 and other solutions

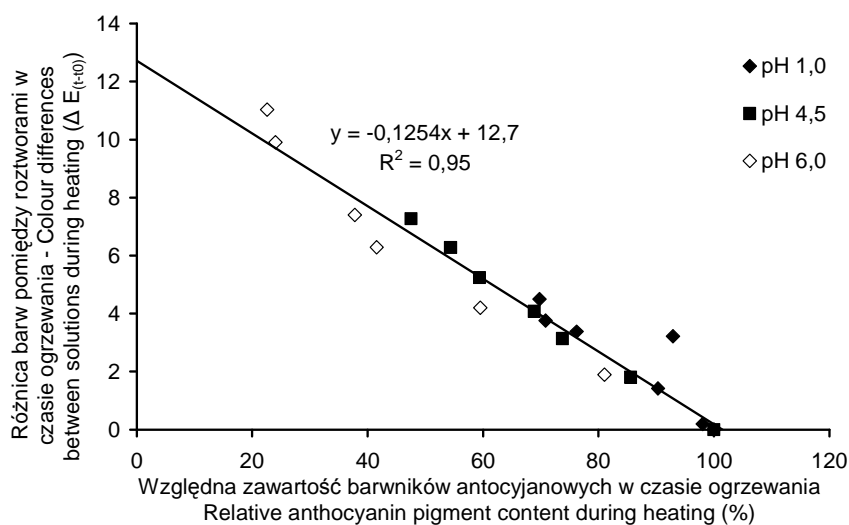
pH roztworu pH of solution	0 h	2 h	4 h	6 h
1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1,49	1,08	0,65	0,92
3	2,77	3,45	2,76	3,70
4	9,20	11,58	11,38	13,03
4,5	12,18	14,50	14,05	15,41
5	18,79	20,93	21,23	23,03
6	21,38	23,24	23,13	24,62
7	26,32	28,14	27,83	28,66
8	34,32	31,87	30,87	30,89

Przy niskich pH (od 1,0 do 3,0) wartości  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  uległy jedynie nieznacznym zmianom podczas ogrzewania i po 6 godzinach jasność zwiększyła się o około 5, wartości parametrów  $a^*$  i  $b^*$  zmalały o około 2. Większym zmianom barwy ulegały natomiast roztwory soku ogrzewane przy pH lekko kwaśnym, obojętnym i zasadowym. Przy pH 4,5 udział barwy czerwonej zmalał po 6 godzinach ogrzewania o 6. W roztworze o pH 6,0 ogrzewanie

spowodowało spadek wartości  $a^*$  z 13 do 6 oraz wzrost wartości  $b^*$  z  $-11$  do  $-5$ . W najwyższym badanym pH udział barwy niebieskiej w czasie ogrzewania zmalał do zera. Im wyższe pH roztworu tym większa była jasność roztworu po 6 godzinach ogrzewania.

Poszukując korelacji pomiędzy zmianą zawartości barwników antocyjanowych a zmianami barwy ogrzewanych roztworów soków, zaobserwowano liniową zależność pomiędzy różnicą barw dla roztworów po ogrzewaniu i przed ogrzewaniem ( $\Delta E_{t-t_0}$ ) a względną zawartością barwników w czasie ogrzewania. Na rysunku 5 przedstawiono prostą regresji, która występowała dla różnych wartości pH 1,0, 4,5 jak i 6,0.

Różnice barwy wyrażone wartością  $\Delta E$  zwiększały się w miarę wydłużania czasu ogrzewania i po 6 godzinach wyniosły około 4 w pH 1,0, a około 21 w pH 8,0 (tab. 4). Sadilova i in. (2006) również obserwowali zmiany barwy w czasie ogrzewania antocyjanów z marchwi purpurowej i stwierdzili, że są one mniejsze w porównaniu z antocyjanami truskawek czy czarnego bzu. Większe różnice w barwie mogą również wynikać z szybszego tempa rozkładu barwników antocyjanowych w warunkach wyższego pH.



**Rys. 5.** Zależność pomiędzy różnicą barw ( $\Delta E_{t-t_0}$ ) a względną zawartością barwników antocyjanowych

**Fig. 5.** Relationship between colour differences ( $\Delta E_{t-t_0}$ ) and relative anthocyanin pigment contents

**Tabela 4.** Różnice barw  $\Delta E$  pomiędzy roztworami przed i po ogrzewaniu w takim samym pH  
**Table 4.** Colour differences  $\Delta E$  between solutions before and after heating at the same pH values

Czas ogrzewania Heating time (h)	pH 1,0	pH 4,5	pH 6,0	pH 8,0
0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,19	1,80	1,89	9,19
2	1,42	3,13	4,21	14,26
3	3,22	4,08	6,28	16,66
4	3,38	5,24	7,41	19,53
5	4,49	6,28	9,90	19,67
6	3,76	7,28	11,03	21,09

#### WNIOSKI

1. Szybkość rozkładu barwników antocyjanowych soku z marchwi purpurowej zwiększała się wraz ze wzrostem pH. Czas półtrwania barwników w temperaturze 80°C wynosił przy pH 1,0, 4,5 oraz 6,0 odpowiednio 14,2, 5,2 oraz 2,7 h.

2. Roztwór soku w pH najbardziej kwaśnym posiadał maksimum absorpcji przy długości fali  $\lambda = 520$  nm. Wraz ze wzrostem pH następowało przesunięcie batochromowe, które dla roztworu o pH 8,0 wyniosło 74 nm.

3. Po ogrzewaniu roztworów kształty widm w pH zbliżonym do obojętnego (od 5,0 do 8,0) uległy znacznemu spłaszczeniu.

4. Barwa soków wyraźnie zależała od pH roztworu. Przy wyższym pH malała wartość parametru  $a^*$  (odpowiadająca udziałowi barwy czerwonej), a wzrastała wartość parametru  $b^*$  (odpowiadająca udziałowi barwy żółtej). Nieznacznie malała również jasność  $L^*$ .

5. Ogrzewanie i rozkład barwników powodowało zauważalne zmniejszenie nasycenia i zwiększanie jasności roztworów przy wartościach odczynu wyższych od 3,0. Przy pH silnie kwaśnych zmiany barwy były niezauważalne.

#### PIŚMIENNICTWO

- Bąkowska-Barczak A., 2005. Acylated anthocyanins as stable, natural food colorants – a review. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences., 14/55(2), 107-116.  
 Cabrita L., Fossen T., Andersen Ø. M., 2000. Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. Food Chem., 68, 101-107.

- Czapski J., Walkowiak-Tomczak D., 2008. Kinetyka zmian barwy antocyjanów w czasie ogrzewania roztworów barwnika z aronii, czerwonych winogron i czarnego bzu. *Acta Agrophysica*, 12(3), 625-636.
- Elham G., Reza H., Jabbar K., Parisa S., Rashid J., 2006. Isolation and structure characterisation of anthocyanin pigments in black carrot (*Daucus carota* L.). *Pakistan J. Biol. Sci.*, 9(15), 2905-2908.
- Giusti M. M., Wrolstad R. E., 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochem. Eng. J.*, 14, 217-225.
- Gleassgen W. E., Wray V., Strack D., Metzger J. W., Seitz H. U., 1992. Anthocyanins from cell suspension cultures of *Daucus carota*. *Phytochem.*, 31(5), 1593-1601.
- Kammerer D., Carle R., Schieber A., 2004. Quantification of anthocyanins in black carrot extracts (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) and evaluation of their color properties. *Eur. Food Res. Technol.*, 219, 479-489.
- Kidoń M., Czapski J., 2009. Ocena zmian zawartości składników bioaktywnych oraz zdolności antyoksydacyjnej soków z marchwi purpurowej podczas przechowywania. *Bromatol. Chem. Toksykol.*, XLII(3), 848-853.
- Reyes L. F., Cisneros-Zevallos L., 2007. Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extracts of purple- and red-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Food Chem.*, 100, 885-894.
- Sadilova E., Carle R., Stintzing F. C., 2006. Thermal Degradation of Acylated and Nonacylated Anthocyanins. *J. Food Sci.*, 71(8), C504-C512.
- Sadilova E., Carle R., Stintzing F. C., 2007. Thermal degradation of anthocyanins and its impact on color and in vitro antioxidant capacity. *Mol. Nutr. Food Res.*, 51, 1461-1471.
- Sadilova E., Stintzing F. C., Kammerer D. R., Carle R., 2009. Matrix dependent impact of sugar and ascorbic acid addition on color and anthocyanin stability of black carrot, elderberry and strawberry single strength and from concentrate juices upon thermal treatment. *Food Res. Int.*, 42, 1023-1033.
- Torskangerpoll K., Andersen Ø. M., 2005. Colour stability of anthocyanins in aqueous solution at various pH values. *Food Chem.*, 89, 427-440.
- Turker N., Aksay S., Istanbulu O., Artuvan E., 2007. A study on the relation between anthocyanin content and product quality: shalgam as model beverage. *J. Food Quality*, 30, 953-969.

## COLOUR CHANGES OF ANTHOCYANIN PIGMENTS FROM PURPLE CARROT JUICE IN AQUEOUS SOLUTIONS AT VARIOUS PH VALUES

*Marcin Kidoń, Janusz Czapski*

Department of Fruit and Vegetable Technology,  
Institute of Food Technology of Plant Origin  
Poznań University of Life Sciences  
ul. Wojska Polskiego 31, 60- 624 Poznań  
e-mail: marcin\_kidon@wp.pl

**Abstract.** In this study changes of colour parameters CIE L\*a\*b\*, absorption of light, and anthocyanin pigment contents in purple carrot juice solutions at pH values from 1.0 to 8.0 before and after heating at 80°C for 6 hours were investigated. The initial anthocyanin content

of solution was  $10.8 \text{ mg}(100 \text{ cm}^3)^{-1}$ , 25% of which were non-acylated pigments. It was found that in highly acidic conditions (pH 1.0 to 3.0) colour differences between the solutions were almost invisible. Significant colour differences were found between the solution with pH 1.0 and solutions with pH above 4.0. Increasing pH values from 1.0 to 6.0 resulted in a reduction of the quantity of absorbed light. Beyond pH 6.0 absorbance values increased, while bathochromic shifts towards longer wavelength were observed. After 6 hours of heating in solution with pH 1.0, 65% of the initial anthocyanin pigment content remained, while at pH 4.5 and pH 6.0, 46% and only 30%, respectively. Anthocyanins degradation proceeded the fastest at pH 6.0 ( $k = 0.256 \text{ h}^{-1}$ ), and the slowest at pH 1.0 ( $k = 0.049 \text{ h}^{-1}$ ). Heating for 6 hours at pH from 1.0 to 3.0 caused slight colour changes. At higher pH the changes were greater – red parameter ( $a^*$ ) and yellow parameter ( $b^*$ ) decreased, while lightness ( $L^*$ ) increased.

**Key words:** anthocyanin pigments, colour, heating, purple carrot