

KINETYKA ZMIAN BARWY ANTOCYJANÓW W CZASIE OGRZEWANIA
ROZTWORÓW BARWNIKÓW Z ARONII,
CZERWONYCH WINOGRON I CZARNEGO BZU

Janusz Czapski, Dorota Walkowiak-Tomczak

Zakład Technologii Owoców i Warzyw, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego,
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 31, 60-627 Poznań
e-mail: czapski@up.poznan.pl

Streszczenie. Celem pracy było porównanie wpływu ogrzewania roztworów barwników antocyjanowych aronii, czerwonych winogron (enocyjaniny) i czarnego bzu na ich barwę. Doświadczenia zaplanowano z zastosowaniem metody powierzchni odpowiedzi wg modelu Box-Behnkena dla następujących wartości zmiennych niezależnych: pH: 3,0-5,0; stężenie antocyjanów: 5-20 mg·(100 cm³)⁻¹; czas: 0 -120 min; temperatura ogrzewania: 70-90°C. We wszystkich doświadczeniach dla modeli wybranych przez program Design-Expert uzyskano wartość F mniejszą od 0,001, co odpowiada bardzo dobremu ich dopasowaniu. Z badanych czynników największy wpływ na zmiany zawartości barwników miało ich stężenie, a następnie czas ogrzewania. Największe zmiany barwy następowały w roztworach barwników aronii – w tym przypadku wartości współczynników dla zmiennych *czas* i *temperatura* przyjmowały największe wartości. Najmniejszy wpływ badanych czynników na parametry barwy CIE *L**, *a** i *b** obserwowano w przypadku roztworów barwników czarnego bzu. Metoda powierzchni odpowiedzi w badanym zakresie czynników doświadczalnych umożliwia dobre przewidywanie zmian barwy, w zależności od warunków ogrzewania.

Słowa kluczowe: barwa, ogrzewanie, aronia, czarny bez, enocyjanina

WSTĘP

Barwa jest zwykle najważniejszym z wyróżników ocenianych wizualnie – wskazuje ona jakich doznań zapachowych i smakowych może oczekiwać konsument. Brak zgodności między tymi cechami powoduje zwykle brak akceptacji produktu.

Antocyjany są czerwonymi barwnikami występującymi głównie w owocach jagodowych. Nadają one atrakcyjną barwę przetworom, takim jak dżemy, soki, napoje, wino. Są również często stosowane do barwienia produktów żywnościowych. Są to barwniki naturalne, ich dodatek do żywności nie wzbudza obaw kon-

sumenta i jest przez nich w pełni akceptowany. Zainteresowanie antocyjanami wzrosło w ostatnich latach, dzięki ich prozdrowotnym właściwościom (Youdim i in. 2000, Konczak i Wei Zhang 2004).

Pod względem chemicznym antocyjany należą do flawonoidów. Występują w postaci glikozydów. W owocach występuje 6 aglikonów (antocyjanidyn), ale możliwość połączenia z różnymi cukrami w różnych pozycjach pierścienia aglikonu oraz często spotykane acylowanie kwasami fenolowymi powodują, że zidentyfikowano w roślinach ponad 200 antocyjanów. W owocach poszczególnych gatunków występują glikozydy określonych antocyjanidyn.

Barwniki antocyjanowe są wrażliwe na działanie różnych czynników, jak światło, wysoka temperatura, kwasowość, obecność tlenu czy jonów metali przejściowych. Opis zmian jakości barwy wymaga wyspecyfikowania jej parametrów. Najczęściej stosuje się w tym celu 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.

Przy badaniu wpływu kilku czynników działających jednocześnie na różne cechy przydatne są metody optymalizacji eksperymentu (Gacula 1993). Jednym z warunków prawidłowego przeprowadzenia doświadczenia i uzyskania satysfakcjonujących wyników jest sporządzenie planu eksperymentu, opartego na zróżnicowaniu zmiennych niezależnych (czynników doświadczalnych) celem określenia ich wpływu na badane odpowiedzi (zmiennie zależne). Zastosowanie optymalnych planów eksperymentu pozwala na uzyskanie wielu danych z niewielkiej liczby doświadczeń, a uzyskane wyniki można stosunkowo łatwo zinterpretować, określić optymalne poziomy badanych czynników niezależnych oraz określić interakcje pomiędzy tymi czynnikami. Plany takie znalazły zastosowanie do optymalizacji różnorodnych procesów technologicznych (Mudahar i in. 1990, Kristensen i in. 2005, Zeboudij i in. 2005, Rymowicz i Cibis 2006).

Celem pracy było porównanie wpływu ogrzewania roztworów barwników antocyjanowych aronii, czerwonych winogron (enocyjaniny) i czarnego bzu na ich barwę. Dla określenia wpływu czynników doświadczalnych: pH, stężenie antocyjanów, czas i temperatura ogrzewania posłużono się metodą optymalizacji eksperymentu za pomocą płaszczyzn odpowiedzi.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem był koncentrat soku z aronii (Vin-Kon SA) oraz preparaty barwników z czerwonych winogron (enocyjanina) i czarnego bzu (Hansen Polska Sp. z o.o.), z których przygotowano roztwory.

Przy planowaniu doświadczeń oraz ich analizie posługiwano się programem Design-Expert (ver. 5.0, Stat Ease Inc.). Zakres wartości zmiennych niezależnych przedstawiono w tabeli 1. Są to wartości rzeczywiste poziomów czynników, od powiadające wartościom kodowym -1 oraz 1 , czyli odpowiednio najniższemu i naj-

Tabela 1. Wartości i oznaczenie zmiennych niezależnych

Table 1. Range of values and letters denoting the independent variables

Oznaczenie zmiennych Letter denoting variable	Zmienna niezależna Independent variable	Zakres Range
A	pH	3,0-5,0
B	stężenie antocyjanów anthocyanin concentration $\text{mg} (100 \text{ cm}^3)^{-1}$	5-20
C	czas time(min)	0-120
D	temperatura temperature ($^{\circ}\text{C}$)	70-90

wyższemu poziomowi czynnika. Punkt kodowy 0 odpowiada połowie badanego zakresu, czyli średniemu poziomowi. Wybrano układ doświadczalny wg modelu Box-Behnkena (tab. 2), obejmujący 29 punktów pomiarowych, w tym punkt centralny o kodzie 0, 0, 0, 0, który powtórzono 4-krotnie. Zmiennymi zależnymi była zawartość barwników antocyjanowych oraz parametry barwy w układzie CIE $L^*a^*b^*$.

Przy analizie wyników dokonywano najpierw wyboru stopnia modelu, sprawdzając: istotność modelu, stopień dopasowania, pierwiastek średniego błędu standardowego RMSE. Równania przedstawiono dla zmiennych niezależnych standaryzowanych, kodowych.

Na podstawie sporządzonego planu doświadczenia przygotowano odpowiednie rozcieńczenia preparatu barwnika w roztworach buforu fosforanowego o pH 3,0, 4,5 i

6,0. Ampułki napełniano roztworem po 10 cm^3 , a następnie zatapiano. Tak przygotowane próby ogrzewano w łaźni wodnej w odpowiedniej temperaturze przez określony czas, zgodnie z planem doświadczenia.

Zawartość antocyjanów oznaczano metodą różnicową wg Fuleki i Francis (1968). Absorbancję mierzono przy długości fali 520 nm. Do obliczeń przyjęto wartość 775 jako absorbancję 1% roztworu barwnika w kuwecie o grubości 1 cm.

Pomiary barwy przeprowadzano na spektrofotometrze HITACHI U3000, wyposażonym w program komputerowy do obliczania parametrów barwy na podstawie widma absorpcji lub odbicia światła. Pomiar odbywał się w świetle przepuszczonym, w zakresie fal widzialnych 380-600 nm, przy prędkości skanowania $600 \text{ nm}\cdot\text{min}^{-1}$ i szczeliny 1,0 nm, źródle światła C. Oznaczenia przeprowadzono w kuwetach o grubości warstwy 0,2 cm, próbą odniesienia była woda destylowana. Próby przed pomiarem wirowano przez 10 min, przy 15 000 g na wirówce MPW-210.

Składowe barwy są to wielkości wyrażające ilości wystandaryzowanych barw podstawowych: czerwonej, zielonej i niebieskiej, oznaczane odpowiednio literami X, Y i Z. Wartości te służą do obliczenia parametrów barwy w innych układach,

Tabela 2. Plan doświadczenia wg Box-Behnkena dla czterech czynników doświadczalnych
Table 2. Four-variable Box-Behnken experimental design

Nr próby Sample number	pH	Stężenie antocyjanów Anthocyanin concentration mg·(100 cm ³) ⁻¹	Czas Time (min)	Temperatura Temperature (°C)
1	3	5	60	80
2	5	5	60	80
3	3	20	60	80
4	5	20	60	80
5	4	12,5	0	70
6	4	12,5	120	70
7	4	12,5	0	90
8	4	12,5	120	90
9	3	12,5	60	70
10	5	12,5	60	70
11	3	12,5	60	90
12	5	12,5	60	90
13	4	5	0	80
14	4	20	0	80
15	4	5	120	80
16	4	20	120	80
17	3	12,5	0	80
18	5	12,5	0	80
19	3	12,5	120	80
20	5	12,5	120	80
21	4	5	60	70
22	4	20	60	70
23	4	5	60	90
24	4	20	60	90
25	4	12,5	60	80
26	4	12,5	60	80
27	4	12,5	60	80
28	4	12,5	60	80
29	4	12,5	60	80

między innymi w systemie CIE $L^*a^*b^*$, który jest chętnie stosowany w przemyśle spożywczym ze względu na dużą komunikatywność układu przestrzeni barw. Udziały barw zielonej i czerwonej reprezentuje parametr a^* , natomiast barw niebieskiej i żółtej parametr b^* . Odległość od płaszczyzny L^* odpowiada jasności barwy (rys. 1). Wartości te oblicza się z wzorów (MacDougall 2002):

$$L^* = 116 (Y/Y_N)^{1/3}$$

$$a^* = 500[(X/X_N)^{1/3} - (Y/Y_N)^{1/3}]$$

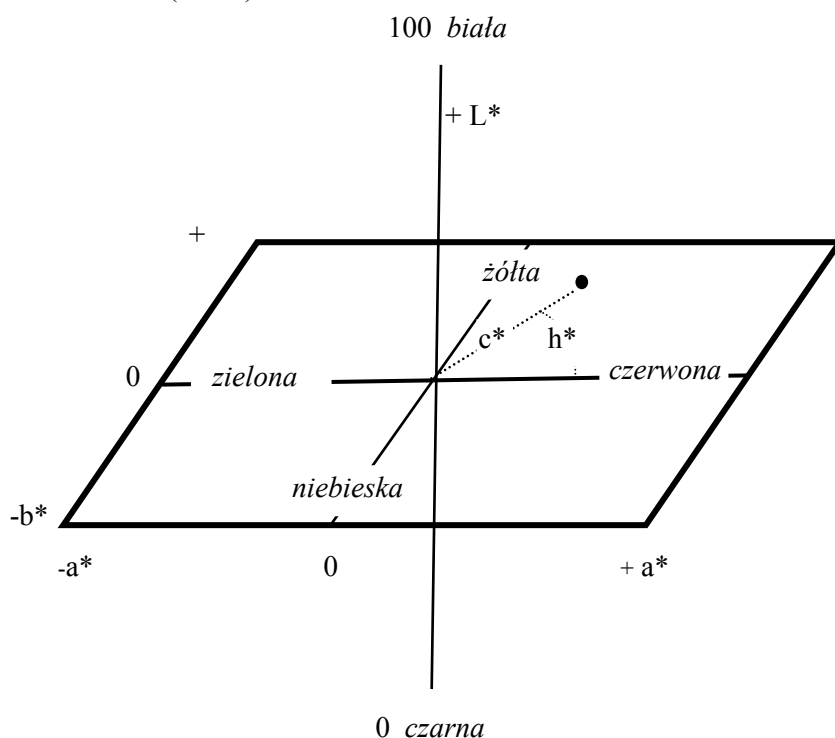
$$b^* = 200[(Y/Y_N)^{1/3} - (Z/Z_N)^{1/3}]$$

gdzie: X, Y, Z – wartości składowych mierzonej barwy, X_N, Y_N, Z_N - wartości dla standardowego źródła światła.

Wartości a^* i b^* są podstawą do obliczenia C^* i h^* , współrzędnych biegunowych na płaszczyźnie:

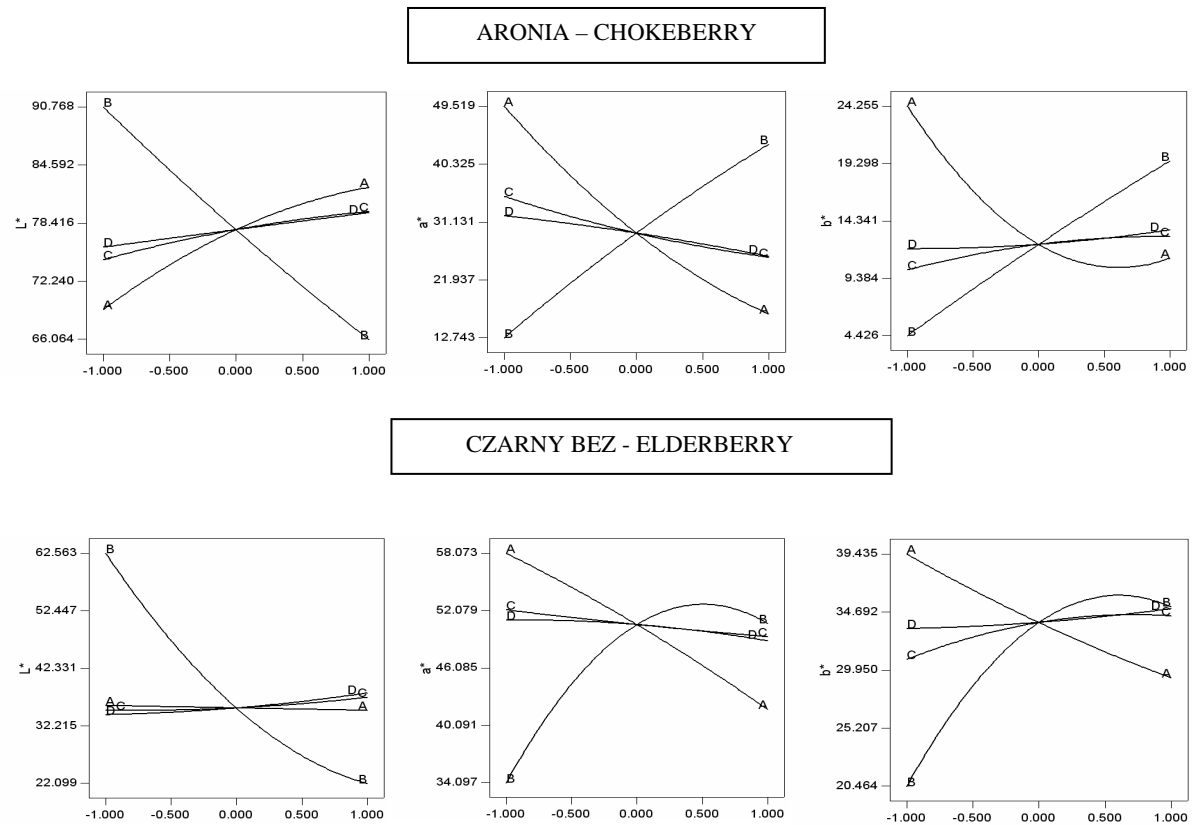
$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

$$h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$



Rys. 1. Schemat układu barw CIE $L^*a^*b^*$

Fig. 1. CIE $L^*a^*b^*$ chromaticity diagram



Rys. 2. Przekroje przez powierzchnie odpowiedzi dla zmian parametrów L^* , a^* , b^* podczas ogrzewania roztworów antocyjanów. Krzywe obliczone przy kodowych wartościach pozostałych zmiennych równych 0

Fig. 2. Cross-sections through response surfaces for changes in parameters L^* , a^* , b^* during heating of anthocyanin solutions. Curves calculated at the code values of the remaining variables equalling 0

W analizie zmian zawartości barwników w zależności od czasu tylko w przypadku soku z aronii kinetyka strat barwników odpowiadała kinetyce reakcji I-go rzędu. Zgodnie z danymi literaturowymi należało spodziewać się takiego rozpadu barwników we wszystkich próbach (Cemeroglu i in. 1994, Fernando Reyes i Cisneros-Zevallos 2007, Mishra i in. 2008).

Jak wynika z danych w tabeli 3, w badanym zakresie zmiennych najbardziej odpornym barwnikiem w czasie ogrzewania był barwnik z czarnego bzu. Również w tym przypadku najmniejszy wpływ na jego straty miał wzrost temperatury.

Zmiany składowych barwy XYZ

Obniżanie się zawartości barwników w czasie ogrzewania powoduje zwiększanie się wartości składowych barwy *X*, *Y*, *Z*, co odpowiada rozjaśnieniu barwy. Równania płaszczyzn odpowiedzi dla zmian składowych barwy zamieszczono w tabeli 4. Zarówno w przypadku zmiennej czas, jak i temperatura, najwyższe wartości współczynników obserwowano w przypadku barwników aronii. Stężenie jonów wodorowych miało najmniejszy wpływ na wartości składowych barwy w przypadku barwników czarnego bzu.

Tabela 4. Równania płaszczyzn odpowiedzi dla zmian składowych *X*, *Y*, *Z* barwy ogrzewanych roztworów antocyjanów

Table 4. Characteristics of response surface equations for *X*, *Y*, *Z* changes during heating of anthocyanins solutions

Zmienna Variable	<i>X</i>			<i>Y</i>			<i>Z</i>		
	Aronia Chokeberry	Czamy bez Elderberry	Encocy- janina Encocyanin	Aronia Chokeberry	Czamy bez Elderberry	Encocy- janina Encocyanin	Aronia Chokeberry	Czamy bez Elderberry	Encocy- janina Encocyanin
Wyraz wolny Intercept	63,52	19,74	19,74	52,90	12,65	45,12	49,18	6,411	50,03
A	4,887	-1,435	6,210	10,330	0,275	11,533	14,914	1,115	15,55
B	-16,71	-16,58	-20,13	-20,81	-14,03	-23,08	-27,86	-11,45	-27,19
C	2,672	0,748	1,276	4,172	0,793	2,140	2,460	0,096	-0,119
D	1,974	1,464	1,066	2,923	1,312	1,625	1,725	0,706	0,099
A * B	0,629	-1,644	0,174	0,084	-2,338	-0,891	0,484	-2,036	-2,244
A * C	-1,131	-0,025	-1,684	-0,879	0,067	-1,359	-4,003	-0,040	-4,580
A * D	-0,548	0,457	-0,393	-0,183	0,415	-0,083	-2,772	0,159	-2,332
B * C	-0,692	-0,847	0,279	-1,023	-1,052	0,130	-1,418	-0,276	0,403
B * D	0,711	-1,386	-0,186	0,712	-1,687	-0,220	0,944	-1,389	-0,173
C * D	-0,359	0,631	0,802	0,963	0,554	1,436	-0,513	0,181	-0,308

Oznaczenia zmiennych w tabeli 1 – Designation of variables in Table 1.

Współczynniki statystycznie istotne na poziomie $p = 0,05$ wytłuszczone – Factors statistically significant at $p = 0.05$ are shown in bold type.

Podobnie jak w przypadku zmian zawartości barwników również dla wartości X , Y , Z błąd dopasowania był nieistotny. Przydatność metody płaszczyzn odpowiedzi dla modelowania zmian barwy wykazano również we wcześniejszych badaniach (Czapski i Walkowiak-Tomczak 2005, Walkowiak-Tomczak i Czapski 2007).

Zmiany parametrów L^* , a^* i b^* oraz c^* i h^*

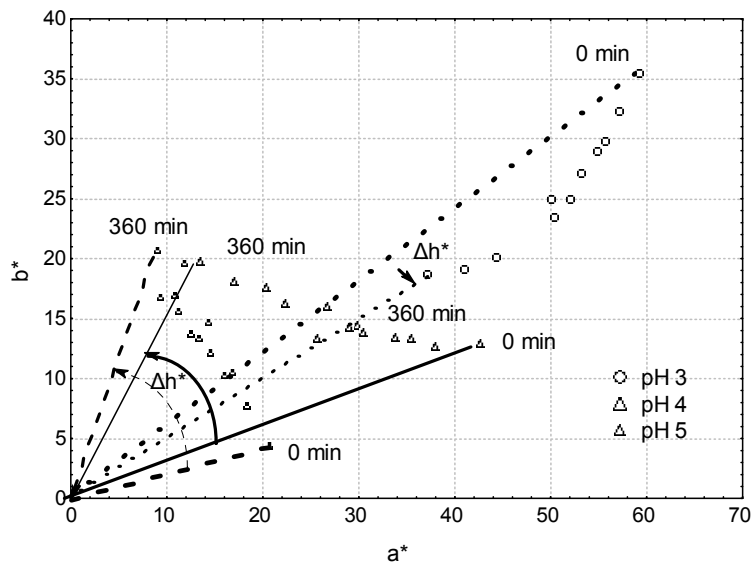
Wartości poszczególnych parametrów barwy zmieniały się w czasie ogrzewania, zależnie od warunków ogrzewania, jak i pochodzenia barwników.

Wpływ poszczególnych czynników na zmiany parametrów L^* , a^* i b^* podczas ogrzewania dla barwników aronii i czarnego bzu przedstawiono na rysunku 2 w postaci przekroju przez powierzchnie odpowiedzi. W tym układzie, wraz z wydłużaniem czasu ogrzewania, następował wzrost wartości L^* (Y). W przypadku parametrów wskazujących na chromatyczność barwy następował spadek wartości a^* i wzrost wartości b^* . Następowало więc rozjaśnienie prób i spadek udziału barwy czerwonej, przy jednoczesnym wzroście udziału barwy żółtej.

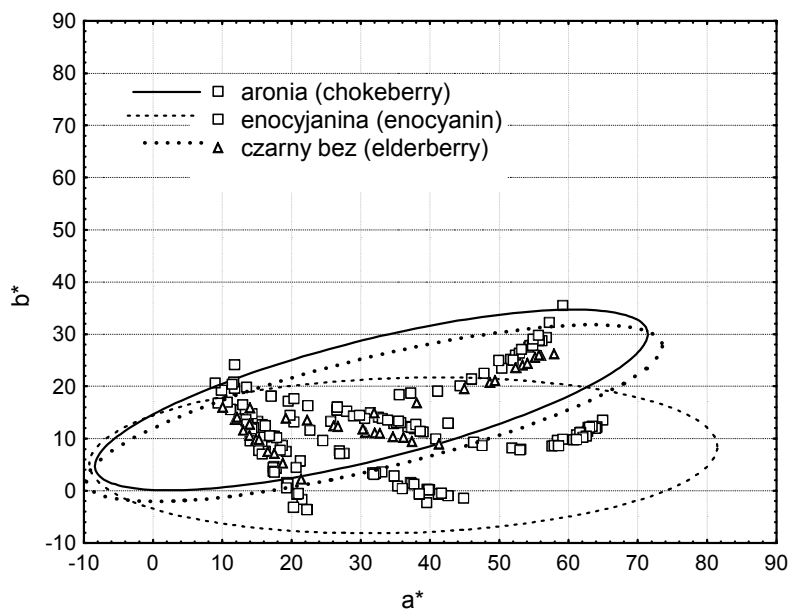
Największy wpływ na parametry barwy miało stężenie barwników i wartość pH, znacznie przewyższając wpływ czasu i temperatury ogrzewania w badanym zakresie. Wraz z podwyższaniem się wartości pH następowało bardzo znaczne obniżenie wartości a^* i b^* oraz wzrost jasności L^* . Wartość pH roztworu miała bardzo duży wpływ na różnicowanie barwy jeszcze przed ogrzewaniem. Jest to związane z wpływem odczynu środowiska na formy antocyjanów. Wraz ze wzrostem pH środowiska wzrasta udział niebieskiej zasady chinoidowej, bezbarwnej pseudozasady i żółtego chalkonu, zmniejsza się natomiast stężenie czerwonego kationu flawyliowego (Delgado-Vargas i Paredes-López 2002).

Zmiany parametrów a^* i b^* miały swoje odzwierciedlenie w zmianach wartości tonu h^* i nasycenia C^* . Przy pH 3 zmiany tonu barwy były niewielkie. W tym przypadku punkty określające barwę na wykresie a^* i b^* przesuwały się w przybliżeniu wzdłuż prostej przecinającej układ w punkcie 0, 0 (rys. 3), a więc zmniejszało się nasycenie barwy, a kąt tonu barwy pozostawał bez większych zmian. Duże zmiany tonu barwy obserwowano w przypadku roztworów ogrzewanych przy pH 4 i 5, próby te zmieniały bardzo wyraźnie ton barwy w kierunku barwy żółtej. Wpływ odczynu środowiska w czasie ogrzewania był wyraźnie widoczny również w przypadku wartości nasycenia C^* . W tym przypadku wartości te, wyrażane jako odległość od początku układu współrzędnych, były największe w przypadku pH 3, dużo większe niż w przypadku prób o pH 4 i 5.

Jak wynika z rysunku 4, obszary wartości a^* i b^* ogrzewanych prób dla barwników z aronii i czarnego bzu różnią się bardzo wyraźnie od obszaru dla enocyaniny.



Rys. 3. Zmiany parametrów C^* i h^* w czasie ogrzewania roztworów barwników aronii
Fig. 3. Changes of parameters C^* and h^* during heating of chokeberry pigments solutions



Rys. 4. Zależność między parametrami a^* i b^* w ogrzewanych roztworach antocyjanów
Fig. 4. Relation between a^* and b^* in heated anthocyanin solutions

Zróźnicowanie obserwuje się oczywiście już w przypadku prób nieogrzewanych. Jest to związane z różnicami w składzie antocyjanów. W aronii i czarnym bzie występują głównie glikozydy cyjanidyny. W przypadku aronii resztę cukrową stanowi galaktoza, arabinoza, glukoza i ksyloza (Oszmiański i Sapis 1988), natomiast w przypadku czarnego bzu sambubioza i glukoza (Youdim i in. 2000). W czerwonych winogronach występuje natomiast kilka aglikonów: malwidyna, delfinidyna, peonidyna, petunidyna i cyjanidyna (Brouillard i in. 2003; Nunez i in. 2004). Poszczególne antocyjany wykazują różny ton barwy, w zależności od warunków środowiska. Glikozydy malwidyny, obecne w enocyjaninie, posiadają np. bardziej intensywną barwę przy wysokich wartościach pH w porównaniu do glikozydów innych aglikonów (Cabrita i in. 2000). Różnice w barwie poszczególnych antocyjanów zależą od aglikonu, reszty cukrowej i miejsca podstawienia (Heredia i in. 1998).

WNIOSKI

1. Metoda powierzchni odpowiedzi w badanym zakresie czynników doświadczalnych umożliwia dobre przewidywanie zmian barwy roztworów antocyjanów w zależności od warunków ogrzewania.
2. Z badanych barwników najbardziej odpornymi w czasie ogrzewania okazały się barwniki czarnego bzu. Były one najmniej wrażliwe na działanie podwyższonej temperatury i zmiany pH środowiska, zachowując jednocześnie barwę pożądaną dla produktów żywnościowych.

PIŚMIENNICTWO

- Brouillard R., Chassaing S., Fougerousse A., 2003. Why are grape / fresh wine anthocyanins so simple and why is it that red wine color lasts so long? *Phytochemistry*, 64, 1179-1186.
- 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.
- Cemeroglu B., Velioglu S., Isik S., 1994. Degradation kinetics of anthocyanins in sour cherry juice and concentrate. *J. Food Sci.*, 59, 1216-1218.
- Czapski J., Walkowiak-Tomczak D., 2005. Zmiany parametrów barwy roztworów antocyjanów w czasie ogrzewania. *Inżynieria Rolnicza*, 9, 27-33.
- Delgado-Vargas F., Paredes-López O., 2002. *Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses*. CRC Press, Boca Raton.
- Fernando Reyes L., 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.
- Fuleki T., Francis F. J., 1968. Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanins and degradation index for cranberry juice. *J. Food Sci.*, 33, 78-83.
- Gacula M.C. Jr., 1993. Product optimization. In design and analysis of sensory optimization. Food and Nutrition Press, Trumbull, CT, 105-235.
- Heredia F.J., Francia-Aricha E.M., Rivas-Gonzalo J.C., Vicario I.M., Santos-Buelga C., 1998. Chromatic characterization of anthocyanins from red grapes. *Food Chem.*, 63, 491-498.
- Konczak I., Wei Zhang, 2004. Anthocyanins-more than nature's colours. *J. Biomed Biotechnol.*, 5, 239-240.

- Kristensen J.B, Xu X., Mu H., 2005. Process optimization using response surface design and pilot plant production of dietary diacylglycerols by lipase-catalyzed glycerolysis. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 7059-7066.
- MacDougall D.B., 2002. Colour measurement of food: principles and practice. In: *Colour in food. Improving quality* (Eds D. B. Mac Dougall). Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.
- Mishra D.K., Dolan K.D., Yang L., 2008. Confidence intervals for modeling anthocyanin retention in grape pomace during nonisothermal heating. *J. Food Sci.*, 73, E9-15.
- Mudahar G.S., Toledo R.T., Jen J.J., 1990. A response surface methodology approach to optimize potato dehydration process. *J. Food Process. Pres.*, 14, 93-106.
- Nunez V., Monagas M., Gomez-Cordoves M.C., Bartolome B., 2004. *Vitis vinifera* L. cv. *Graciano* grapes characterized by its anthocyanin profile. *Postharvest Biol. Technol.*, 31, 69-79.
- Oszmianski J., Sapis J.C., 1988. Anthocyanins in fruits of *Aronia melanocarpa* (Chokeberry). *J. Food Sci.*, 53, 1241-1242.
- Rymowicz W., Cibis E., 2006. Optimization of citric acid production from glucose syrup by *Yarrowia lipolytica* using response surface methodology. *Electronic Journal of Polish Agriculture Universities*, 9(1), 20.
- Walkowiak-Tomczak D., Czapski J., 2007. Colour changes of a preparation from red cabbage during storage in a model system. *Food Chem.*, 104, 709-714.
- Youdim K.A., Martin A., Joseph J.A., 2000. Incorporation of the elderberry anthocyanins by endothelial cells increases protection against oxidative stress. *Free Radic. Biol. Med.*, 29(1), 51-60.
- Zeboudj S., Belhanèche-Bensemra N., Belabbès R., 2005. Use of surface response methodology for the optimization of the concentration of the sweet orange essential oil of Algeria by wiped film evaporator. *J. Food Eng.*, 67, 507-512.

KINETICS OF ANTHOCYANIN COLOUR CHANGES DURING HEATING SOLUTIONS OF CHOKEBERRY, ENOCYANIN AND ELDERBERRY PIGMENTS

Janusz Czapski, Dorota Walkowiak-Tomczak

Department of Fruit and Vegetables Processing, Institute of Food Technology of Plant Origin,
Poznan University of Life Sciences, ul. Wojska Polskiego 31, 60-627 Poznań
e-mail: czapski@up.poznan.pl

Abstract. The aim of the study was to compare the effect of heating of anthocyanin pigment solutions made from chokeberry, red grapes (enocyanins) and elderberry on their colour. The experiment was designed using the response surface method according to the Box-Behnken model for the following values of independent variables: pH of 3.0-5.0, anthocyanin concentrations of 5-20 mg (100 cm³)⁻¹, heating time of 0-120 min and heating temperature of 70-90°C. In all experiments for models selected by Design-Expert software the obtained F value was less than 0.001, which corresponds to their very good fit. Out of the tested factors the biggest effect on changes in pigment contents was found for their concentration, followed by heating time. The biggest changes in colour were recorded in chokeberry pigment solutions, while the lowest effect of analysed factors on colour parameters CIE *L*a*b** was observed in the case of elderberry pigment solutions. The response space method in the analysed range of experimental factors makes it possible to very effectively predict changes in colour depending on heating conditions.

Keywords: colour, heating, chokeberry, elderberry, enocyanin