

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Instrumentalna i sensoryczna ocena barwy roztworów koncentratu soku z czarnej porzeczki podczas przechowywania

DOROTA WALKOWIAK-TOMCZAK, JANUSZ CZAPSKI

UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU, WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOSCI I ŻYWIENIU,
INSTYTUT TECHNOLOGII ŻYWNOSCI POCHODZENIA ROŚLINNEGO

Słowa kluczowe: czarna porzeczka, barwa, antocyjany, płaszczyzna odpowiedzi

STRESZCZENIE

W pracy określano zmiany zawartości antocyjanów, wartości parametrów barwy w układzie CIE L*a*b* oraz wyróżników oceny sensorycznej barwy w roztworach koncentratu soku z czarnej porzeczki. Badania przeprowadzono w układach modelowych z zastosowaniem metody płaszczyzny odpowiedzi, dla 4 czynników doświadczalnych: pH, czas i temperatura przechowywania oraz stężenie barwników.

Podczas przechowywania roztworów, wraz ze wzrostem wartości pH, czasu i temperatury, następowało obniżenie zawartości barwników. Wartości parametrów L* (jasność), b* (udział barwy żółtej) i h* (kąt tonu) wzrastały, natomiast wartości a* (udział barwy czerwonej) i C* (nasycenie) zmniejszały się. Wskazuje to na wyjaśnienie barwy i zmianę jej tonu w kierunku czerwono-brązowej. Wysokie wartości R² świadczą o dobrym dopasowaniu danych do modelu, co umożliwia zastosowanie metody płaszczyzn odpowiedzi do przewidywania zmian barwy badanych roztworów w zależności od warunków przechowywania.

Instrumental and sensory analyses of colour in solutions of black currant juice concentrate during storage

Keywords: black currant, colour, anthocyanins, response surface

ABSTRACT

The aim of this study was to determine changes in anthocyanin contents, values of colour parameters in the CIE L*a*b* system and attributes in the sensory analysis of colour, conducted in solutions of black currant juice concentrate during their storage. Analyses were conducted in model systems using the response surface method for 4 experimental factors, i.e. pH, storage time and temperature, as well as concentration of pigments.

During storage of solutions the content of pigments was found to decrease with an increase in pH value, time and temperature. Values of parameters L* (lightness), b* (share of yellow colour) and h* (hue angle) increased, while values of a* (share of red colour) and C* (saturation) decreased. High R² values show good fit of data to the model, which facilitates the application of the response surface method to predict changes in colour in tested solutions depending on storage conditions.

1. WPROWADZENIE

Jednym z najważniejszych wyróżników sensorycznej oceny żywności, a zwłaszcza owoców i ich przetworów, jest barwa. Jej ton i natężenie wskazują na stopień dojrzałości, teksturę i smak surowców świeżych bądź smak, aromat i przydatność do spożycia ich przetworów. Utrata typowej barwy kojarzy się zazwyczaj z pogorszeniem smaku i zapachu, a w przypadku przetworów może świadczyć o nieprawidłowej technologii lub nieodpowiednich warunkach i czasie ich przechowywania. Stosowanie odpowiednich technologii pozwala w dużym stopniu zachować naturalną barwę owocowych półprzetworów i produktów gotowych, np. zagęszczanie soków z owoców jagodowych w wyparkach próżniowych pozwala otrzymać koncentraty o stosunkowo dużej zawartości antocyjanów w porównaniu z procesem prowadzonym pod normalnym ciśnieniem.

Ocena sensoryczna barwy surowców i przetworów jest subiektywna, nie daje jednoznacznego opisu barwy, dlatego stosuje się aparaturę kolorymetryczną, która pozwala oceniać barwę, wyrażać ją liczbowo i porównywać do wzorca. Pod względem psychofizycznym barwa charakteryzuje się tonem, jasnością i nasyceniem. Dla opisu barwy potrzebne są trzy wielkości, które przedstawiane są w przestrzeni trójwymiarowej. Jednym z kilku stosowanych modeli oceny barwy jest system CIE $L^*a^*b^*$ oraz CIE $L^*C^*h^*$ opracowany przez Commission Internationale d'Eclairage (Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa CIE 1976). Podstawowymi parametrami układu CIE są składowe barwy X, Y, Z, wyrażające ilości wystandaryzowanych barw podstawowych (czerwonej, zielonej, niebieskiej), dla standardowego źródła światła. Parametr L^* opisuje jasność barwy i przyjmuje wartości od 0 (absolutna czerń) do 100% (absolutna biel). Parametry a^* i b^* wyrażają chromatyczność barwy. Zmiany udziału barw zielonej (wartości ujemne) i czerwonej (wartości dodatnie) reprezentuje parametr a^* , natomiast barw niebieskiej (wartości ujemne) i żółtej (wartości dodatnie) parametr b^* . Parametr C^* wyraża nasycenie barwy, zaś h^* kąt tonu barwy [1].

Antocyjany są czerwonymi barwnikami występującymi głównie w owocach jagodowych, niektórych pestkowych i warzywach. Barwniki te nadają atrakcyjną barwę przetworom, takim jak dżemy, soki, napoje, wino, sałatki. Antocyjany są stosowane do barwienia produktów żywnościowych jako barwniki naturalne, których dodatek do żyw-

ności nie wzbudza obaw konsumenta i jest przez nich w pełni akceptowany [2].

Zainteresowanie antocyjanami, zarówno technologów, jak i dietetyków, a poprzez różne programy edukacyjne również konsumentów, jest związane z prozdrowotnymi właściwościami tych barwników [3, 4].

Antocyjany należą do związków fenolowych z grupy flawonoidów. W surowcach występują w postaci glikozydów, niekiedy acylowanych kwasami fenolowymi. W roślinach, w tym w owocach, występuje 6 aglikonów (antocyjanidyn), które poprzez przyłączenie podstawników w wielu możliwych pozycjach tworzą ponad 200 antocyjanów. Występowanie określonych antocyjanidyn jest charakterystyczne dla owoców poszczególnych gatunków. Jako związki o charakterze nienasyconym, antocyjany ulegają przemianom pod wpływem działania różnych czynników, jak światło, wysoka temperatura, obecność tlenu czy jonów metali przejściowych. Barwa antocyjanów w dużym stopniu zależy od kwasowości środowiska.

Metody optymalizacji doświadczenia pozwalają na określanie wpływu kilku czynników (zmiennych niezależnych) działających jednocześnie na różne cechy (zmiennie zależne) [5]. Zastosowanie optymalnych planów eksperymentu pozwala na uzyskanie wielu danych ze stosunkowo małej liczby doświadczeń i określenie optymalnych poziomów zmiennych niezależnych dla uzyskania pożądanego odpowiedzi (zmiennych zależnych). Metoda płaszczyzn odpowiedzi umożliwia interpretację otrzymanych wyników na podstawie obliczonych równań, jak również wykreślonych na ich podstawie trójwymiarowych wykresów przestrzennych lub ich dwuwymiarowych rzutów (wykres poziomicowy) i przekrojów przez powierzchnie odpowiedzi. Dla umożliwienia porównywania wpływu czynników wyrażanych różnymi miarami, krzywe mogą być wykreślane dla standaryzowanych (kodowych) wartości, gdzie najniższy poziom czynnika przyjmuje wartość -1, najwyższy wartość +1, a poziom środkowy wartość 0.

Celem pracy było określenie zmian zawartości antocyjanów, wartości parametrów barwy w układzie CIE $L^*a^*b^*$ oraz wyróżników oceny sensorycznej barwy w roztworach koncentratu soku z czarnej porzeczki podczas przechowywania. Badania przeprowadzono w układach modelowych z zastosowaniem metody płaszczyzny odpowiedzi wykorzystując plan doświadczalny Box-Behnken'a dla 4 czynników doświadczalnych.

2. MATERIAŁY I METODY

2.1 Koncentrat soku z czarnej porzeczki

W badaniach wykorzystano koncentrat soku z czarnej porzeczki (Vin-Kon SA), o wyjściowej zawartości antocyjanów 420 mg/100 ml, z którego przygotowano roztwory modelowe.

2.2 Planowanie eksperymentu

Wybrano układ doświadczalny Box-Behnken'a, dla czterech czynników doświadczalnych, obejmujący 29 punktów pomiarowych, w tym punkt centralny o kodzie 0, 0, 0, 0 powtórzono 5-krotnie. Jako czynniki doświadczalne (zmiennie niezależne) przyjęto:

A – pH: 3,0 – 4,0 – 5,0,

B – czas przechowywania: 0 – 10 – 20 dni

C – temperatura przechowywania: 10 – 20 – 30 °C

D – stężenie antocyjanów: 5 – 12,5 – 20 mg/100 ml.

Przedstawione wartości rzeczywiste poziomów czynników odpowiadają wartościom standaryzowanym: -1, 0, +1.

2.3 Przeprowadzenie doświadczenia

Na podstawie planu doświadczenia przygotowano rozcieńczenia koncentratu soku z czarnej porzeczki w roztworach buforu fosforanowego o pH: 3,0, 4,0 i 5,0. Szklane ampułki napełniono roztworami po 10 cm³, wysycano azotem przez 3 min., dla uzyskania warunków beztlenowych, zamknięto i pasteryzowano w łaźni wodnej (10 min., 85 °C), następnie ochłodzono i przechowywano bez dostępu światła w warunkach zgodnych z planem doświadczenia. Dla każdego z 29 punktów pomiarowych przygotowano po trzy ampułki, a przedstawione wyniki są średnią z ich pomiarów.

2.4 Oznaczanie zawartości barwników antocyjanowych

Zawartość antocyjanów oznaczano metodą różnicową spektrofotometryczną [6, 7]. Absorbancję mierzono przy użyciu spektrofotometru Konica-Minolta CM-3600d, przy długości fali 515 i 700 nm, w kuwetach o grubości warstwy optycznej 10 mm. Roztwory rozcieńczano buforami o wartości pH 1,0 i 4,5 tak, aby wartość absorbancji roztworu o pH 1,0 mieściła się w granicach 0,3 – 0,8. Próbą odniesienia był bufor pH 1,0.

2.5 Oznaczanie parametrów barwy

Parametry barwy mierzono instrumentalnie w układzie CIE L*a*b* przy użyciu spektrofotometru

Konica-Minolta CM-3600d, wyposażonego w program komputerowy (Color Data Software Spectra Magic) do obliczania parametrów barwy na podstawie widma absorpcji. Pomiar odbywał się w świetle przepuszczonym, w zakresie fal widzialnych 380-600 nm, źródle światła C, w systemie SCE (eliminowanie efektu odbłasku szklanej kuwety). Oznaczenia przeprowadzono w kuwetach o grubości warstwy optycznej 0,2 cm, próbą odniesienia była woda destylowana.

2.6 Sensoryczna ocena barwy

Ocenę sensoryczną wykonano w profesjonalnej sali wyposażonej w stanowiska do oceny z odpowiednim oświetleniem, spełniające obowiązujące normy. W badaniach uczestniczyło 12 osób doświadczonych w ocenie barwy. Roztwory oceniano pod kątem następujących wyróżników barwy: natężenie, naturalność i pożądalność, stosując skalę liczbową od 1 do 10.

3. WYNIKI I DYKUSJA

Wpływ zmiennych niezależnych na badane odpowiedzi określano na podstawie równań oraz wykresów powierzchni odpowiedzi. W Tabelach 1 i 2 przedstawiono parametry równań powierzchni odpowiedzi dla składowych i parametrów barwy, zawartości barwników i oceny sensorycznej.

Rząd przedstawionych równań odpowiada rzędowi wybranemu przez program. Dla wszystkich odpowiedzi, z wyjątkiem parametru h*, uzyskano dopasowanie dla równań 2-go stopnia. Podczas przechowywania wartości składowych barwy X, Y, Z zwiększały się wraz ze wzrostem pH, czasu i temperatury przechowywania, o czym świadczą dodatnie współczynniki równań (Tab. 1). Wzrost wartości X, Y, Z jest związany z obniżaniem się zawartości antocyjanów podczas przechowywania roztworów, czyli pojaśnieniem ich barwy. Jednocześnie wraz ze wzrostem stężenia początkowego barwników, wartości składowych barwy zmniejszały się, co wskazuje na ciemnienie roztworów. Taki przeciwstawny wpływ czynników doświadczalnych jest uwidoczniiony w postaci wysokich (istotnych dla p<0,05) wartości współczynników dla efektów kwadratowych i interakcyjnych.

Największy wpływ na zmiany składowych barwy miało początkowe stężenie antocyjanów oraz wartość pH roztworów. Najniższe wartości X, Y, Z obserwowano przy pH 3,0, a więc w warunkach dobrej stabilności antocyjanów. Przy wysokich

Tabela 1 Charakterystyka równań powierzchni odpowiedzi dla składowych i parametrów barwy roztworów koncentratu z czarnej porzeczki podczas przechowywania

Table 1 Characteristics of response surface equations for colour parameters of solutions of black currant juice concentrate during storage

Parametr	X	Y	Z	L*	a*	b*	C*	h*
Czynnik								
Wyraz wolny	57,55	50,20	43,74	76,19	21,27	15,33	26,22	35,41
A	2,69	8,08	8,17	5,57	-17,09	-1,11	-14,80	15,19
B	1,27	3,26	0,95	2,30	-6,56	2,32	-3,96	10,97
C	0,75	2,03	0,05	1,51	-4,41	2,06	-2,15	8,43
D	-19,10	-21,65	-28,45	-13,51	11,74	8,27	14,65	0,16
A ²	-3,48	-5,50	-6,72	-3,78	7,71	2,17	8,44	
B ²	-0,57	-1,47	-1,25	-1,09	3,14	-0,06	3,08	
C ²	-1,32	-1,81	-1,81	-1,24	1,92	0,07	2,09	
D ²	3,31	4,81	7,97	1,06	-1,58	-0,47	-1,23	
A*B	-2,11	-2,25	-4,79	-1,83	2,32	3,51	4,62	
A*C	-2,08	-2,55	-4,56	-1,95	2,97	2,78	4,80	
A*D	-0,24	-0,29	-0,63	1,25	-4,68	-1,11	-4,02	
B*C	-0,14	0,82	-1,20	0,50	-2,51	2,24	-0,33	
B*D	0,44	1,07	0,18	1,46	-4,29	1,56	-2,70	
C*D	0,77	1,39	0,67	1,53	-3,84	1,52	-2,32	
Istotność modelu (p>F)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
R-Squared	0,9167	0,9945	0,9952	0,9947	0,9913	0,9687	0,9925	0,8463

Wartości obliczone dla standaryzowanych wartości zmiennych niezależnych

Wartości oznaczone pogrubioną czcionką oznaczają czynniki istotne na poziomie $p \leq 0,05$

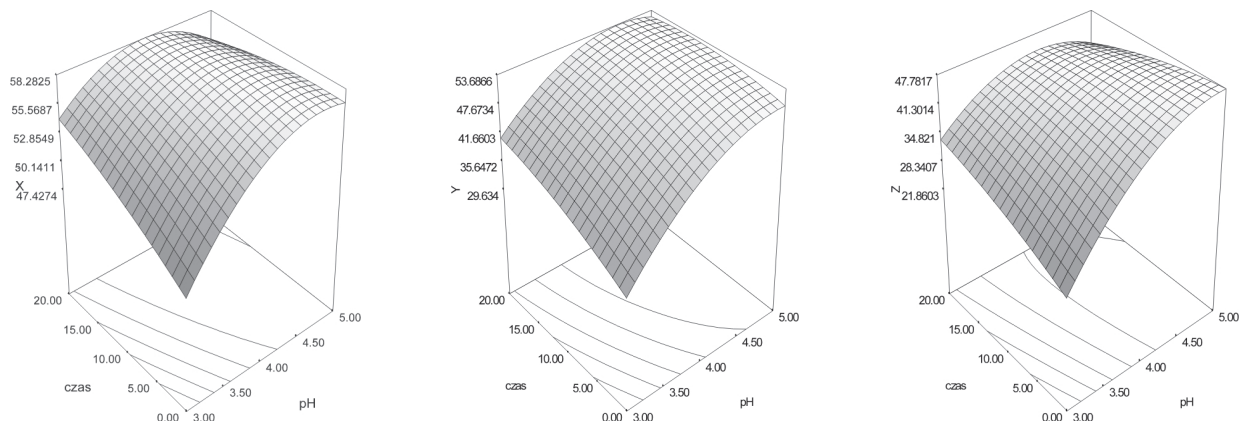
Tabela 2 Charakterystyka równań powierzchni odpowiedzi dla zawartości antocyjanów i oceny sensorycznej barwy roztworów koncentratu z czarnej porzeczki podczas przechowywania

Table 2 Characteristics of response surface equations for anthocyanins concentration and sensory analysis of colour of solutions of black currant juice concentrate during storage

Parametr	Zawartość antocyjanów	A pH1,0/ A pH4,5	Natężenie	Naturalność	Pożądalność
Czynnik					
Wyraz wolny	4,95	2,72	8,40	7,60	6,27
A	-0,94	-0,16	-0,03	-1,92	-2,11
B	-3,67	-1,24	-0,03	-0,78	-1,08
C	-2,17	-0,59	-0,06	-0,39	-0,75
D	3,47	0,04	2,33	1,14	1,17
A ²	0,60	0,07	0,30	0,21	0,85
B ²	1,91	0,72	-0,12	1,59	1,56
C ²	0,87	0,15	-0,07	-0,24	0,56
D ²	0,096	0,054	-0,99	-1,04	-1,31
A*B	-0,28	-0,19	-0,17	-0,50	-0,58
A*C	0,04	5,55E-03	0,00	-0,08	-1,42
A*D	-0,01	-0,20	0,92	0,33	0,67
B*C	-1,09	-0,38	0,08	0,00	-0,25
B*D	-2,45	-0,06	0,17	0,50	0,08
C*D	-1,71	-0,17	-0,08	0,75	0,58
Istotność modelu (p>F)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0002
R-Squared	0,9782	0,9813	0,9434	0,8921	0,8918

Wartości obliczone dla standaryzowanych wartości zmiennych niezależnych

Wartości oznaczone pogrubioną czcionką oznaczają czynniki istotne na poziomie $p \leq 0,05$



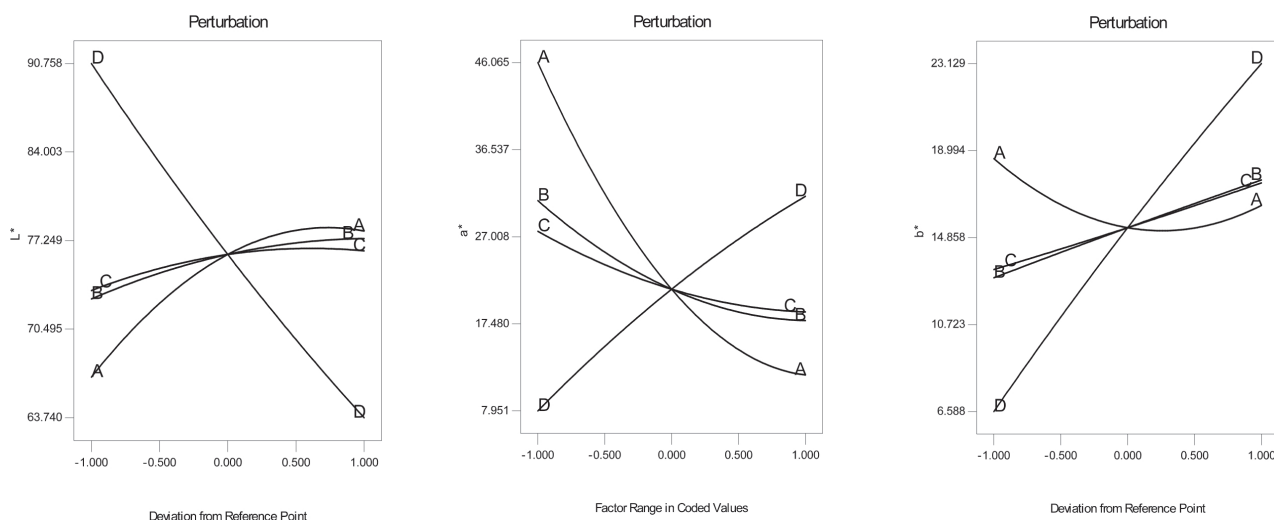
Rysunek 1 Powierzchnie odpowiedzi dla zmian składowych barwy podczas przechowywania w temperaturze 20°C i przy stężeniu antocyjanów 12,5 mg/100 ml

Figure 1 Response surfaces for colour component changes during storage at temperature 20°C and anthocyanins concentration 12,5 mg/100 ml

poziomach pH oraz czasu przechowywania uwi-
docznił się spadek wartości składowych X i Z, co
świadczy o ciemnieniu barwy w wyniku powsta-
wania produktów degradacji barwników (Rys. 1).
Wartości parametrów barwy zmieniały się pod-
czas przechowywania, w zależności od warunków
środowiskowych. Na podstawie wartości współ-
czynników równań, największy wpływ na zmia-
ny parametrów barwy miało początkowe stężenie
barwników oraz wartość pH, zaś najmniejszy
temperatura przechowywania (Tab. 1).

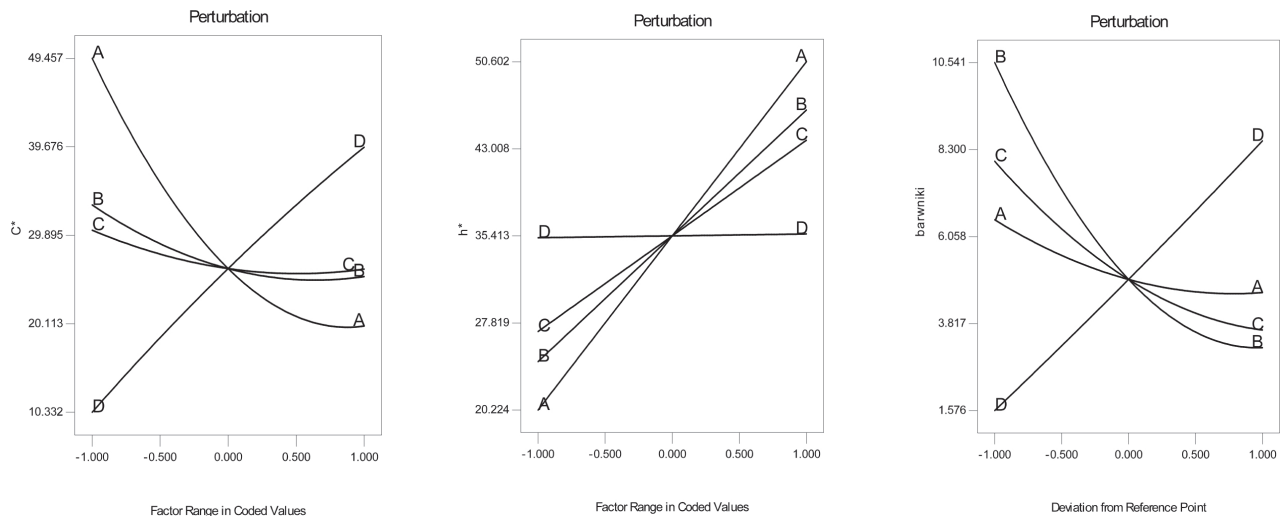
Wraz ze wzrostem pH, czasu i temperatury prze-
chowywania następował wzrost jasności barwy
L*, parametru b* (udział barwy żółtej) i h* (kąt
tonu), natomiast zmniejszały się wartości pa-
rametru a* (udział barwy czerwonej) i C* (na-

sycenie barwy) (Rys. 2, 3). Wzrost początkowe-
go stężenia barwników wywoływał zmiany para-
metrów barwy w kierunku przeciwnym, z wyjąt-
kiem parametru b*. Kierunek zmian parametru
b* był bardzo uzależniony od wartości pH, gdyż
przy niskich poziomach pH wartość b* malała,
a przy wyższych wzrastała. Jest to związane z wy-
różną zmianą barwy przechowywanych roztwo-
rów o pH 5,0, w kierunku czerwono-brązowej.
W przypadku parametru h*, inaczej niż dla po-
zostałych parametrów barwy, wpływ stężenia
barwników był nieistotny. Bez względu na poziom
tego czynnika, wartość kąta tonu barwy zwięk-
szała się, co oznacza, że wraz ze wzrostem warty-
ści pH, czasu i temperatury przechowywania od-
cień barwy badanych roztworów zmieniał się



Rysunek 2 Przekroje przez powierzchnie odpowiedzi dla zmian parametrów barwy L*, a*, b* roztworów koncentratu z czarnej porzeczki podczas przechowywania przy kodowych wartościach pozostałych zmiennych równych 0; Objaśnienia: A – pH, B – czas, C – temperatura, D – stężenie antocyjanów

Figure 2 Cross-sections through response surfaces for changes of colour parameters L*, a*, b* of solutions of black currant juice concentrate at the code value of the remaining variables equalling 0. Designations: A – H, B – time, C – temperature, D – anthocyanins concentration



Rysunek 3 Przekroje przez powierzchnie odpowiedzi dla zmian parametrów barwy C^* , h^* i zawartości antocyjanów w roztworach koncentratu z czarnej porzeczki podczas przechowywania przy kodowych wartościach pozostałych zmiennych równych 0; Objasnienia: A – pH, B – czas, C – temperatura, D – stężenie antocyjanów
Figure 3 Cross-sections through response surfaces for changes of colour parameters C^* , h^* and anthocyanins concentration of solutions of black currant juice concentrate at the code value of the remaining variables equalling 0. Designations: A – pH, B – time, C – temperature, D – anthocyanins concentration

w kierunku pomarańczowego i żółtego. Zróżnicowanie barwy roztworów było widoczne również w próbach przed przechowywaniem, zarówno niepasteryzowanych, jak i pasteryzowanych. Jest to związane z wpływem wartości pH na formę występowania antocyjanów. Tylko w środowisku o dużej kwasowości (pH 0 do 2,5-3,0) antocyjany występują w postaci czerwonego kationu flawyliowego. Wraz ze wzrostem pH środowiska stężenie tej formy zmniejsza się, a wzrasta udział niebieskiej zasady chinoidowej, bezbarwnej pseudobazy i żółtego chalkonu [8]. Najniższe wartości h^* miały roztwory przed ogrzewaniem, których ton barwy był różowo-czerwony (pH 3,0 i 4,0) bądź czerwony lub fioletowo-czerwony przy pH 5,0 (h^* około 20). Po pasteryzacji ton barwy roztworów zmienił się w kierunku pomarańczowo-czerwonego (przy pH 5,0 h^* około 30). Natomiast w wyniku przechowywania, ton barwy zmieniał się w kierunku żółtego, o czym świadczą rosnące wartości kąta tonu h^* (przy pH 5,0 po 20 dniach h^* 60).

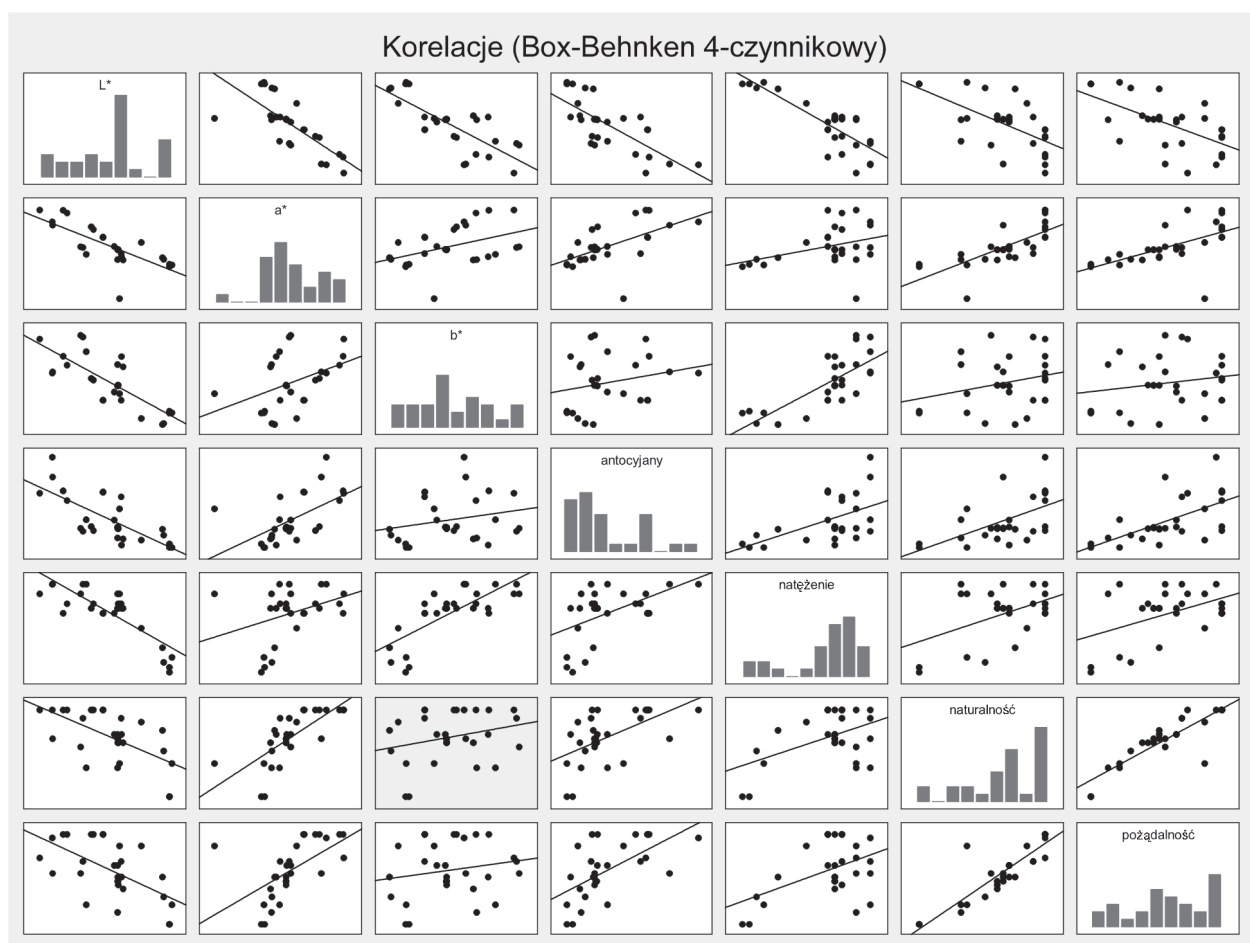
Podczas przechowywania zawartość barwników zmniejszała się. Na podstawie wartości współczynników równań, duży wpływ na tę odpowiedź miał czas i temperatura przechowywania oraz stężenie początkowe barwników, zaś wpływ pH był znacznie mniejszy, choć istotny ($p < 0,05$) (Tab. 2). Wzrost wartości pH, czasu i temperatury przechowywania powodowały spadek zawartości antocyjanów oraz wartości współczynnika A $pH1/A$ pH

4,5, o czym świadczą ujemne wartości współczynników równań dla zmiennych A, B, C. Współczynnik A $pH1/A$ pH 4,5 jest wskaźnikiem degradacji antocyjanów, bowiem wyraża stosunek absorbancji roztworu zawierającego wszystkie związki barwne przy pH 1,0 (antocyjany monomeryczne, spolimeryzowane oraz produkty brązowienia nieenzymatycznego) do absorbancji roztworu przy pH 4,5, w którym monomeryczne antocyjany ulegają przemianom do związków bezbarwnych [2]. Zatem obniżanie się tego współczynnika świadczy o zachodzącym procesie degradacji barwników antocyjanowych, któremu towarzyszy gromadzenie się brązowych produktów degradacji. Obniżanie się tego parametru było niezależne od wyjściowej zawartości antocyjanów (Rys. 3). Barwę badanych roztworów podczas przechowywania poddano również ocenie sensorycznej. Noty ocenianych wyróżników obniżały się wraz ze wzrostem pH, czasu i temperatury przechowywania, a wzrastały wraz ze wzrostem stężenia barwników, o czym świadczą dodatnie wartości współczynników równań dla czynnika D (Tab. 2). Największy wpływ na zmiany wyróżników barwy miała wartość pH roztworów i stężenie barwników, a w przypadku natężenia istotny wpływ ($p < 0,05$) miała tylko zawartość barwników. W przypadku roztworów o pH 3,0 ton barwy zmieniał się podczas przechowywania z różowo-czerwonego na czerwony. W roztworach o pH 4,0 barwa zmieniała się z czerwonej lub różowo-czerwo-

nej, w zależności od stężenia, na fioletowo-czerwonej lub brązowo-czerwonej. Barwa roztworów o pH 5,0 zmieniała się z fioletowo-czerwonej lub czerwonej na różowo-czerwonej lub brązowo-czerwonej, o wyraźnie mniejszym natężeniu. We wszystkich przypadkach najniższe oceny otrzymywały roztwory o pH 5,0. W próbach tych najszybciej uwidaczniał się ton fioletowo-brązowy i brązowy, oceniany jako niepożądany w aspekcie barwy napojów owocowych.

W celu określenia zależności między instrumentalną i sensoryczną oceną barwy, sporządzono wykres macierzy korelacji dla parametrów mierzonych aparaturowo (L^* , a^* , b^* , zawartość barwników) oraz wyróżników oceny wizualnej (natężenie, naturalność, pożądalność) (Rys. 4). Umiarkowaną korelację zaobserwowano jedynie pomiędzy jasnością barwy L^* a natężeniem, a słabą korelację między natężeniem a parametrem b^* i zawartością antocyjanów. Wyraźna dodatnia korelacja występuje natomiast pomiędzy naturalno-

ścią a pożądalnością barwy, co oznacza, że konsumenci najwyżej oceniają napoje o barwie naturalnej, mającej odpowiednik w naturalnym surowcu, w tym przypadku o barwie kojarzonej z owocami. Dla wszystkich odpowiedzi, z wyjątkiem h^* , uzyskano dopasowanie danych do równań 2-go stopnia. We wszystkich przypadkach wartość testu F, oceniająca istotność modelu, była mniejsza niż 0,0001, co świadczy o bardzo dobrym dopasowaniu modelu do odpowiedzi. Wysokie wartości współczynnika determinacji R^2 (kwadrat współczynnika korelacji) oznaczają dobre dopasowanie równań regresji do wartości empirycznych (odpowiedzi). Metoda powierzchni odpowiedzi umożliwia przewidywanie zmian barwy roztworów w zależności od warunków ich przechowywania, w badanym zakresie czynników doświadczalnych. Najlepsze dopasowanie uzyskano dla wartości składowych barwy oraz parametrów L^* , a^* , b^* .



Rysunek 4 Zależność między parametrami barwy, zawartością antocyjanów i oceną sensoryczną barwy roztworów koncentratu z czarnej porzeczki podczas przechowywania

Figure 4 Dependency between colour parameters, anthocyanins concentration and colour sensory analysis of solutions of black currant juice concentrate during storage

4. WNIOSKI

1. W czasie przechowywania roztworów koncentratu soku z czarnej porzeczki następowało obniżenie zawartości antocyjanów, wraz ze wzrostem wartości pH środowiska oraz czasem i temperaturą przechowywania.

2. Podczas przechowywania roztworów zwiększały się wartości składowych barwy X, Y, Z oraz parametrów L^* , b^* i h^* , zaś obniżały się wartości a^* i C^* , co świadczy o pojaśnieniu barwy, spadku jej nasycenia i zmianie tonu barwy w kierunku brązowego.

3. W wyniku przechowywania roztworów koncentratu soku obniżały się noty oceny sensorycznej barwy, z wyraźnie zaznaczoną korelacją między naturalnością i pożądalnością.

4. Nie stwierdzono istotnej korelacji pomiędzy instrumentalną a sensoryczną oceną barwy.

5. Stopień dopasowania równań powierzchni odpowiedzi do uzyskanych danych był bardzo wysoki, a metoda powierzchni odpowiedzi umożliwia przewidywanie zmian barwy roztworów w zależności od warunków przechowywania, w badanym zakresie poziomym czynników.

Badania wykonano w ramach projektu „Nowa żywność bioaktywna o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych”, PO IG 01.01.02-00-061/09 realizowanego w l. 2010-2014.

LITERATURA

- [1] Pastuszek W., Barwa w grafice komputerowej. Wyd. Nauk. PWN, 2000, Warszawa.
- [2] Wrolstad R. E., Durst R.W., Lee J., Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Food Sci. Technol.*, 16, 2005, 423-428.
- [3] Konczak I., Zhang W., Anthocyanins – more than nature's colours. *J. Biomed Biotechnol.*, 5, 2004, 239-240.
- [4] Brownmiller C., Howard L. R., Prior R. L., Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blueberry products. *J. Food Sci.*, vol. 73, 5, 2008, 72-79.
- [5] Gacula M. C. Jr., Product optimization. W: Design and analysis of sensory optimization. Food and Nutrition Press, Trumbull, CT, 1993, 105-235.
- [6] Fuleki T., Francis F. J., Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. *J. Food Sci.*, 33, 1968, 78-83.
- [7] Giusti M. M., Wrolstad R. E., Anthocyanins. Unit F1.2.1-F1.2.13, Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. W: Current Protocols in Food Analytical Chemistry, red. Wrolstad R. E., 2001, New York, Wiley.
- [8] Delgado-Vargas F., Paredes-López O., Anthocyanins and betalains. In „Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses”. CRC Press, Boca Raton, 2003, 167-219.