

HANNA KOWALSKA, ANDRZEJ LENART, MARIUSZ WOJNOWSKI

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

ZMIANY BARWY JABŁEK ODWADNIANYCH OSMOTYCZNIE I NASYCANYCH KWASEM ASKORBINOWYM*

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu warunków procesu wyznaczonych jedną z metod planowania eksperymentów na zmiany parametrów barwy jabłek odwadnianych osmotycznie oraz odwadnianych i jednocześnie nasycanych kwasem askorbinowym. Próbkę jabłek o wymiarach 25 × 25 mm i grubości 5-15 mm odwadniano osmotycznie przez 1-5 h w roztworze sacharozy o stężeniu 20-60% w zakresie temperatury 20-60°C. W celu nasycenia jabłek kwasem askorbinowym dodawano go do roztworu osmotycznego w ilości 2%. Zmiany barwy jabłek odwadnianych osmotycznie oraz odwadnianych z jednoczesnym nasączeniem kwasem askorbinowym w największym, statystycznie istotnym, stopniu zależały od temperatury. Zastosowanie podwyższonej temperatury – 60°C – miało negatywny wpływ na jasność barwy jabłek. Umiarkowana temperatura – do 40°C – powodowała niewielkie zmiany barwy, a nawet nieznaczne zwiększenie jej jasności wywołane synergicznym działaniem temperatury i stężenia roztworu sacharozy oraz zwiększonym wnikiem kwasu askorbinowego.

Słowa kluczowe: nasączenie, planowanie eksperymentów, jasność barwy jabłek

Wstęp

Barwa jest czynnikiem charakteryzującym właściwości sensoryczne żywności i decydującym o akceptacji produktów przez konsumentów (FALADE i IN. 2007). Zastosowanie różnych operacji technologicznych może powodować zmiany jakości produktów. W wielu przypadkach barwa jest jednym z najważniejszych wyróżników decydujących o akceptacji. Ciemnienie owoców i warzyw stosowanych w technologii żywności, szczególnie mało przetworzonych, może wpływać negatywnie na właściwości sensoryczne produktów.

*Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2010 jako projekt badawczy nr N N312 0351 33.

Owoce i warzywa poddawane odwadnianiu osmotycznemu wykazują mniejsze zmiany fizykochemiczne w porównaniu z innymi metodami stosowanymi w technologii żywności. W szerszym stopniu proces ten może być wykorzystywany do przygotowania żywności mało przetworzonej, żywności o średniej zawartości wody lub do wstępnej obróbki, np. przed suszeniem lub zamrażaniem (KOWALSKA i LENART 2003, ALZAMORA i IN. 2005). Podstawowym zadaniem odwadniania osmotycznego tkanki roślinnej jest zmniejszenie zawartości wody, a konsekwencją przetrzymywania materiału w stężonych roztworach cukrów lub soli są zmiany składu chemicznego (KOWALSKA 2006). Cenioną zaletą obróbki osmotycznej jest zahamowanie aktywności polifenolooksydazy (PPO), zachowanie składników lotnych oraz ograniczenie termicznych zmian materiału prowadzących do zmian barwy i smaku (KROKIDA i IN. 1991).

Podczas odwadniania osmotycznego tkanki roślinnej, dzięki występowaniu otwartej struktury (porów w ścianach komórkowych, przestrzeni międzykomórkowej, komórek przeciętych w warstwie powierzchniowej próbek), zachodzi dyfuzyjna wymiana masy pomiędzy otaczającym roztworem a odwadnianym materiałem (CHIRALT i FITO 2003). W rezultacie w wyniku usunięcia wody następuje zwiększenie gęstości tkanki i jako niekorzystne zjawisko w tym procesie – utrata rozpuszczonych składników soku komórkowego. Usunięte z wodą składniki soku mogą wpływać na zmianę wartości odżywczej produktu, a zarazem na jakość i właściwości sensoryczne, np. barwę (LEWICKI i LENART 2007). Jednocześnie do tkanki wnika substancja osmotyczna oraz składniki odżywcze dodane do roztworu celem wzbogacenia żywności (witaminy, związki mineralne), które również mogą mieć określony wpływ na zmiany barwy.

Nasycanie dodatkowymi substancjami (witaminy, związki mineralne, probiotyki) w ostatnich latach staje się coraz częściej stosowane w żywności mało (minimalnie) przetworzonej, określanej jako *ready-to-use* lub *ready-to-eat* (ALZAMORA i IN. 2005, MARTÍN-DIANA i IN. 2007).

FORNI i IN. (1997) wykazali stabilność barwy moreli wstępnie odwadnianych osmotycznie w roztworach cukrów i przechowywanych w temperaturze -20°C . Po czterech miesiącach przechowywania w tych warunkach stwierdzono, że barwa moreli jest porównywalna z barwą owoców świeżych. Stwierdzono również, że zastosowanie 65-procentowego roztworu maltozy z 1-procentowym dodatkiem kwasu askorbinowego jako antyoksydantu do odwadniania osmotycznego moreli działało ochronnie na zawartość polifenoli i kwasu askorbinowego.

Proces brązowienia (ciemnienia) owoców lub warzyw jest związany z działaniem polifenolooksydaz, katalizujących reakcje utleniania fenoli w obecności tlenu. W jabłkach stwierdzono występowanie kwasu chlorogenowego (miąższ), katecholu, katechiny (skórka), kwasu kawowego, 3,4-dihydroksyfenyloalaniny (DOPA), kwasu (3,4-dihydroksy)-benzoesowego, p-krezolu, 4-metylokatecholu, leukocjanidyny, kwasu p-kumarynowego, glikozydów flawonolowych (MARSHALL i IN. 2000). Z badań BIEGAŃSKIEJ-MARECIK i CZAPSKIEGO (2003) wynika, że próżniowe nasączenie roztworem o składzie: 1% – kwas askorbinowy, 0,2% – kwas cytrynowy, 1% – mleczan wapnia i 20% – sacharoza skutecznie ograniczało ciemnienie 10 odmian jabłek. W badaniach tych wykazano istotny wpływ zawartości polifenoli na jasność barwy jabłek.

Badając wpływ kilku czynników działających jednocześnie na określone cechy produktu, istotne jest zastosowanie odpowiedniej metody służącej do optymalizacji prowadzonych badań w celu ograniczenia liczby eksperymentów, a zarazem uzyskania

wystarczającej liczby wyników. W wielu pracach przedstawiono zastosowanie różnych metod planowania eksperymentów do określenia wpływu czynników na badane odpowiedzi zmiennych zależnych oraz do optymalizacji wskaźników charakteryzujących otrzymane produkty bądź prowadzone procesy technologiczne. Dominują metody z dwoma lub trzema czynnikami, a nowe podejście obejmuje model uwzględniający co najmniej cztery zmienne opisujące warunki procesu i płaszczyzny odpowiedzi (RAVINDRA i CHATTOPADHYAY 2000, AZOUBEL i MURR 2003, WALKOWIAK-TOMCZAK i CZAPSKI 2007, ABUD-ARCHILA i IN. 2008, ERBAY i ICIER 2009).

Celem pracy była analiza zmian parametrów barwy jabłek odwadnianych osmotycznie oraz odwadnianych i jednocześnie nasycanych kwasem askorbinowym z zastosowaniem parametrów wyznaczonych jedną z metod planowania eksperymentów.

Material i metody

Jabłka w kształcie prostopadłościanów o wymiarach 25 × 25 mm i zmiennej grubości w zakresie 5-15 mm odwadniano osmotycznie przez 1-5 h w roztworze sacharozy o stężeniu 20-60% z 2-procentowym dodatkiem kwasu askorbinowego w zakresie temperatury 20-60°C. Barwę plastrów jabłek określono za pomocą urządzenia Minolta CM-508i. Wyniki przedstawiono w systemie Hunter Lab opartym na pomiarze składowych trójkromatycznych barwy: L^* , a^* , b^* . Wyznaczono różnice pomiędzy barwą jabłek surowych i poddanych osmotycznemu odwadnianiu lub jednocześnie odwadnianiu i nasączeniu kwasem askorbinowym ΔE :

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

gdzie: ΔL^* , Δa^* , Δb^* – różnice wartości wskaźników między barwą jabłek surowych i odwadnianych osmotycznie lub odwadnianych i nasączanych kwasem askorbinowym

W celu ograniczenia liczby pomiarów zastosowano plan eksperymentów Boxa-Behnkena i wykonano 27 eksperymentów (w tym trzykrotne powtórzenie punktu centralnego) (tab. 1).

Tabela 1. Plan doświadczenia według Boxa-Behnkena dla czterech czynników doświadczalnych
Table 1. Experimental design of Box-Behnken with four experimental factors

Nr eksperymentu	Kody czynników			
	A Temperatura (°C)	B Czas odwadniania (h)	C Grubość próbek (mm)	D Stężenie sacharozy (%)
1	2	3	4	5
1	60	1	10	40
2	40	5	5	40
3	20	5	10	40
4	60	3	10	60

Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

1	2	3	4	5
5	60	3	5	40
6	40	3	15	60
7	20	1	10	40
8	60	3	10	20
9	20	3	10	20
10	20	3	5	40
11	40	5	15	40
12	40	5	10	60
13	40	3	15	20
14	20	3	15	40
15	40	1	10	20
16	20	3	10	60
17	40	3	5	20
18	40	3	10	40
19	60	3	15	40
20	40	3	10	40
21	40	1	5	40
22	40	1	15	40
23	40	5	10	20
24	60	5	10	40
25	40	1	10	60
26	40	3	10	40
27	40	3	5	60

Po przeprowadzeniu badań wykonano analizę wpływu czterech czynników (zmiennych niezależnych) na płaszczyzny odpowiedzi (zmiennie zależne L^* , a^* , b^* oraz ΔE) (ACHNAZAROWA i KAFAROW 1982, WALKOWIAK-TOMCZAK i CZAPSKI 2007). Wyznaczono parametry równania regresji (wielomianu drugiego stopnia) z uwzględnieniem efektów współdziałań (interakcji) badanych czynników.

Wybór modelu (odpowiedź płaszczyznowa) weryfikowano na podstawie współczynnika korelacji i dopasowania oraz testu *Lack of fit* ($P > 0,05$). Obliczenia wykonano za pomocą programu Microsoft Excel oraz Statgraphics Plus v. 5.1.

Wyniki i dyskusja

Zastosowanie odwadniania osmotycznego jabłek spowodowało ich nieznaczne pociemnienie, a tym samym zmiany wartości wskaźników ich barwy. W porównaniu z próbkami jabłek surowych nastąpiło kilku- lub kilkunastoprocentowe zmniejszenie wartości współczynnika jasności barwy jabłek L^* . Zmiana parametru a^* polegała na zwiększeniu wartości będącej wynikiem przejścia barwy zielonej w kierunku czerwonej. Parametr b^* zmienił się od barwy niebieskiej (około 26,2) do żółtej (około 18,7). Największe zmiany wartości tych wskaźników uzyskano w przypadku jabłek odwadnianych osmotycznie w temperaturze 60°C (różnice sięgały kilkunastu procent). Obserwacje te potwierdziła analiza statystyczna.

W tabelach 2 i 3 zestawiono wybrane parametry równania płaszczyzn odpowiedzi dla zmian współczynnika jasności barwy L^* , jej składowych a^* , b^* oraz różnic ΔE pomiędzy barwą jabłek surowych a poddanych odwadnianiu i nasączeniu.

Tabela 2. Parametry równań płaszczyzn odpowiedzi opisujących zmiany wskaźników barwy jabłek wywołane odwadnianiem osmotycznym; czcionka pogrubiona oznacza różnice istotne statystycznie
Table 2. Response surface parameters of colour changes of osmodehydrated apples; bold means statistically significant differences

Czynniki – parametry równania	L^*		a^*		b^*		ΔE	
	L^*	P	a^*	P	b^*	P	ΔE	P
Stała	72,461		6,3322		27,105		13,813	
A	0,5253	0,0009	-0,5597	0,0009	-0,0550	0,0015	-0,6355	0,0005
B	-1,3796	0,0069	-0,7773	0,1765	2,2708	0,0786	-0,6135	0,0112
C	0,2009	0,3288	0,0552	0,9521	-0,6906	0,0374	0,1648	0,8882
D	0,0104	0,3926	-0,0898	0,0083	-0,0176	0,4225	-0,1276	0,5896
A ²	-0,0119	0,0021	0,0066	0,0024	-0,0022	0,0274	0,0133	0,0017
AB	0,0064	0,4168	–	–	-0,0071	0,2549	-0,0024	0,7380
AC	-0,0010	0,7377	–	–	-0,0021	0,3644	0,0029	0,3784
AD	0,0043	0,0214	0,0044	0,0070	0,0034	0,0173	-0,0034	0,0340
B ²	-0,0771	0,2955	0,1072	0,0800	-0,0706	0,1951	0,1770	0,0845
BC	0,0208	0,4992	–	–	0,0618	0,0758	-0,0355	0,2971
BD	0,0126	0,1860	-0,0006	0,2741	-0,0501	0,0080	0,0173	0,1123
C ²	-0,0142	0,2466	-0,0005	0,9453	0,0293	0,0382	-0,0033	0,7449
CD	0,0006	0,8417	-0,0012	0,5211	0,0027	0,2699	-0,0026	0,4211
D ²	-0,0027	0,0388	-0,0006	0,2168	–	–	0,0030	0,0320
Lack-of-fit	0,1339		0,0543		0,0520		0,1078	
R ²	0,9628		0,8915		0,8287		0,9676	
R ² dopas. (%)	91,95		81,19		65,73		92,98	

Tabela 3. Parametry równań płaszczyzn odpowiedzi opisujących zmiany wskaźników barwy jabłek wywołane odwadnianiem osmotycznym i nasączaniem kwasem askorbinowym; czcionka pogrubiona oznacza różnice istotne statystycznie

Table 3. Response surface parameters of colour changes of osmodehydrated apples and apples with ascorbic acid; bold means statistically significant differences

Czynniki – parametry równania	L^*		a^*		b^*		ΔE	
	L^*	P	a^*	P		L^*	P	a^*
Stała	85,780		0,3510		31,473		-9,2615	
A	0,1125	0,0252	-0,0821	0,0271	-0,0956	0,0047	-0,0555	0,0021
B	-1,0433	0,1767	-0,8296	0,9741	-0,7167	0,0782	1,2429	0,1932
C	-0,5388	0,5445	-0,2902	0,7853	-0,2685	0,3039	0,5962	0,1271
D	-0,2343	0,1968	-0,1071	0,0139	-0,0817	0,7954	0,4101	0,0298
A ²	-0,0037	0,0381	0,0010	0,0950	-0,0021	0,0568	0,0045	0,0064
AB	-0,0042	0,6703	0,0018	0,6911	0,0111	0,2117	-0,0058	0,3064
AC	0,0024	0,5600	0,0004	0,8451	0,0037	0,2690	-0,0053	0,0876
AD	0,0027	0,0857	0,0005	0,3722	0,0023	0,0632	-0,0033	0,0161
B ²	-0,0846	0,3684	0,1094	0,0853	0,1202	0,1509	0,0444	0,3488
BC	0,0763	0,1535	0,0035	0,8451	-0,0195	0,5083	-0,0605	0,0699
BD	0,0189	0,1559	0,0017	0,7105	-0,0004	0,9566	-0,0145	0,0753
C ²	0,0021	0,8766	0,0174	0,0862	0,0207	0,1344	-0,0049	0,4904
CD	0,0051	0,2732	-0,0022	0,2980	-0,0049	0,1826	-0,0038	0,1518
D ²	0,0000	0,0568	0,0018	0,0341	0,0005	0,4307	-0,0021	0,0286
<i>Lack-of-fit</i>	0,3969		0,2679		0,1602		0,1549	
R ²	0,8640		0,8108		0,8335		0,9363	
R ² dopas. (%)	70,54		59,01		63,93		86,19	

Dążąc do uzyskania braku istotności testu *Lack of fit* przeprowadzono procedurę skokową wykluczając parametry równania mające najmniejszy wpływ (p-value > 0,05) na zmienne zależne. Istotność parametrów równania typu A², B², C² lub D² (p-value < 0,05) miała wpływ na kształt płaszczyzny odpowiedzi i możliwość zastosowania wielomianu drugiego stopnia do opisu badanych zmiennych zależnych.

W większości przypadków współczynniki korelacji i dopasowania modeli były duże, a test *lack-of-fit* nieistotny (tab. 2, 3). Zatem wybrane modele odpowiedzi płaszczyznowych mogą być wykorzystywane do opisu i planowania odwadniania osmotycznego jabłek z ewentualnym nasyceniem kwasem askorbinowym w badanym oraz większym zakresie analizowanych warunków procesu. Korzystne jest wykazanie i unikanie tych warunków, które mogłyby niekorzystnie wpływać na zmiany barwy. Jednocześnie wyznaczono warunki badanego procesu celem uzyskania minimalnych zmian barwy jabłek odwadnianych osmotycznie i ewentualnie nasączonych kwasem askorbinowym (tab. 4, 5).

Tabela 4. Warunki odwadniania osmotycznego w celu otrzymania maksymalnych/minimalnych wartości parametrów barwy L^* , a^* , b^* oraz ΔE Table 4. Osmotic dehydration conditions to obtain maximum/minimum of L^* , a^* , b^* and ΔE colour parameters

Czynnik	L^*_{\max}/L^*_{\min}	a^*_{\max}/a^*_{\min}	b^*_{\max}/b^*_{\min}	$\Delta E_{\max}/\Delta E_{\min}$
Temperatura (°C)	26,8/60	60,0/22,3	25,8/60,0	60,0/27,4
Czas (h)	1,0/5,0	1,1/2,1	5,0/1,0	5,0/1,0
Grubość próbek (mm)	7,4/13,2	5,3/14,9	51,0/10,6	15,0/5,0
Stężenie sacharozy (%)	26,2/20	20,0/60,0	20,0/20,5	20,0/35,9

Tabela 5. Warunki odwadniania osmotycznego i nasączania jabłek kwasem askorbinowym w celu otrzymania maksymalnych/minimalnych wartości parametrów barwy L^* , a^* , b^* oraz ΔE Table 5. Osmotic dehydration conditions with ascorbic acid addition to obtain maximum/minimum of L^* , a^* , b^* and ΔE colour parameters

Czynnik	L^*_{\max}/L^*_{\min}	a^*_{\max}/a^*_{\min}	b^*_{\max}/b^*_{\min}	$\Delta E_{\max}/\Delta E_{\min}$
Temperatura (°C)	24,9/59,9	60,0/28,8	20,1/60,0	60,0/22,9
Czas (h)	1,0/5,0	5,0/3,2	1,9/1,1	5,0/1,0
Grubość próbek (mm)	5,0/5,0	5,1/9,7	15,0/5,3	5,0/5,0
Stężenie sacharozy (%)	21,6/36,1	59,8/30,5	20,0/20,0	32,3/20,0

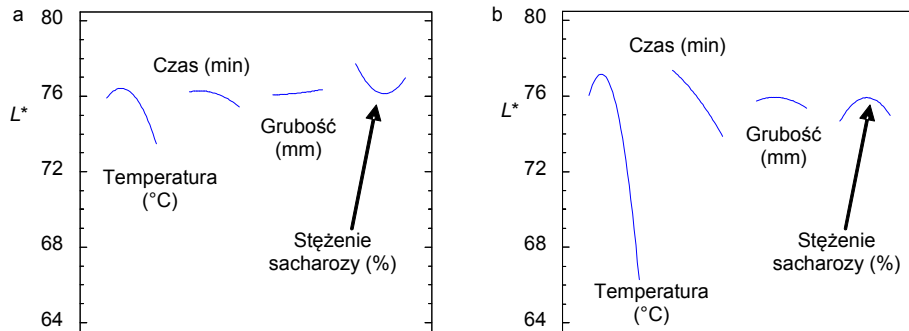
Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono, że zmiany wskaźników barwy jabłek zarówno odwadnianych osmotycznie, jak i odwadnianych z jednoczesnym nasączaniem kwasem askorbinowym w największym, statystycznie istotnym stopniu, zależały od temperatury (tab. 2). Pozostałe czynniki w sposób wybiórczy oddziaływały istotnie na poszczególne wskaźniki barwy.

Wpływ temperatury na zmiany wartości badanych wskaźników barwy odwadnianych jabłek w zakresie 40-60°C był znacznie większy w porównaniu z zakresem 20-40°C (rys. 2). Podczas gdy w niższym zakresie jasność barwy ulegała nieznacznym zmianom i obserwowano zwiększenie wartości wskaźnika L^* , to w wyższym zakresie następowało wyraźne ciemnienie próbek i zmniejszenie wartości L^* , sięgające około 64 i 71 jednostek dla jabłek odwadnianych osmotycznie i odwadnianych z jednoczesnym nasączaniem kwasem askorbinowym (rys. 1, 2).

Na jasność barwy jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy bez kwasu askorbinowego statystycznie istotny wpływ miał też czas odwadniania (tab. 2, rys. 1).

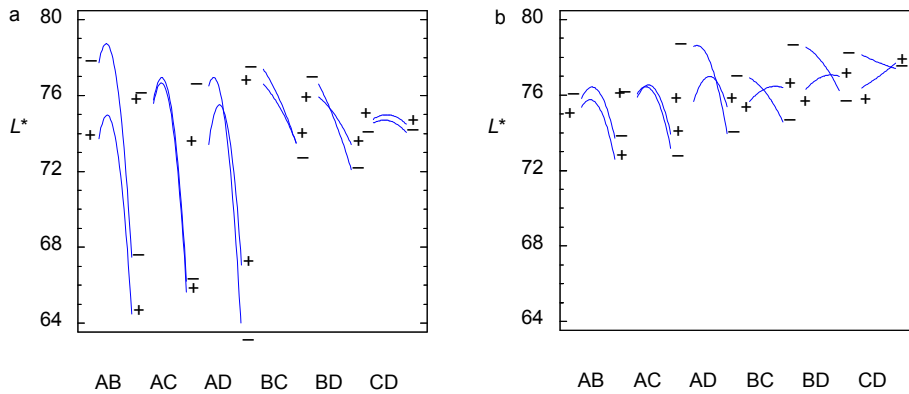
Na liczbową wartość składowej barwy b^* jabłek istotny, ale znacznie mniejszy w porównaniu z temperaturą wpływ miała też grubość próbek odwadnianych osmotycznie bez nasączania kwasem askorbinowym (tab. 2, 3).

Składowa barwy a^* w obu przypadkach, tzn. w przypadku jabłek odwadnianych i nasączanych kwasem askorbinowym, zależała istotnie od stężenia roztworu sacharozy zastosowanego do odwadniania osmotycznego jabłek (tab. 2, 3). Zaobserwowano,



Rys. 1. Wpływ czynników na zmiany jasności barwy L^* jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze: a) sacharozy, b) sacharozy z dodatkiem kwasu askorbinowego

Fig. 1. The effect of factors on changes of brightness of colour L^* of osmotically dehydrated apples in: a) sucrose solution, b) sucrose solution with ascorbic acid



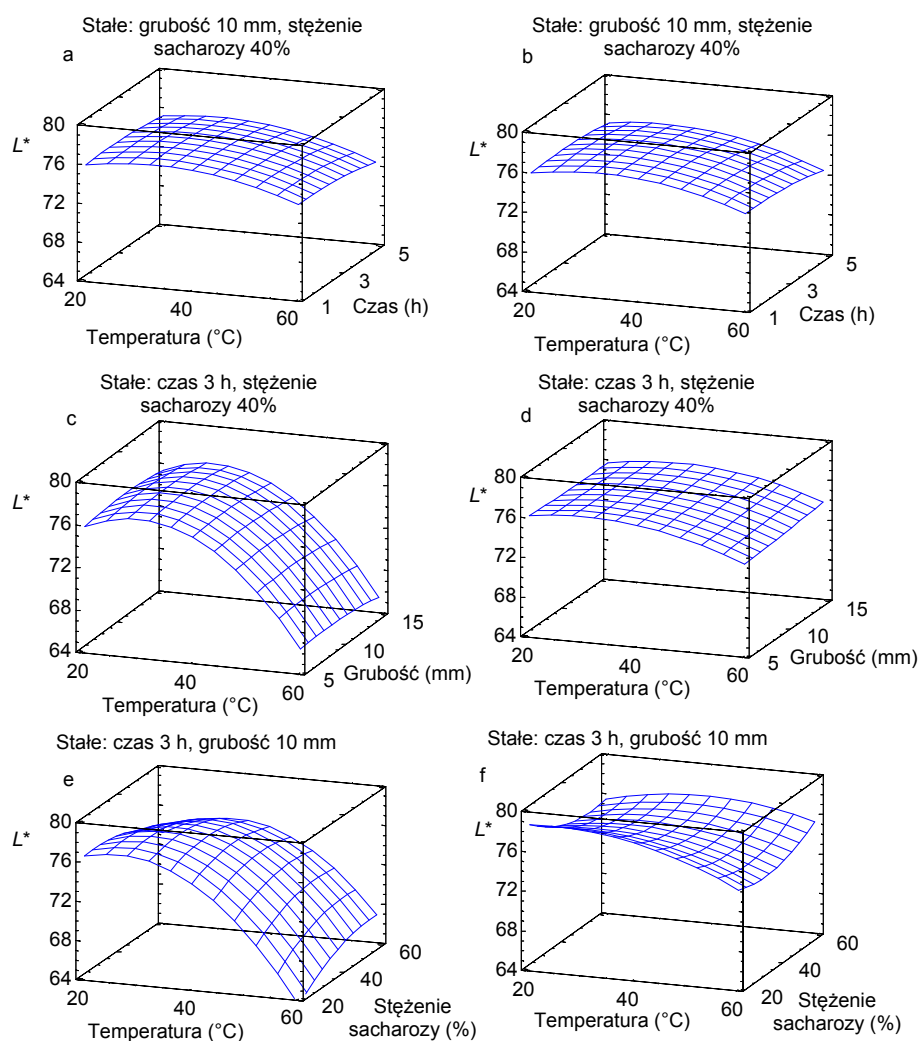
Rys. 2. Efekty współdziałań pomiędzy czynnikami na jasność barwy L^* jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze: a) sacharozy, b) sacharozy z dodatkiem kwasu askorbinowego (oznaczenia czynników zgodnie z tab. 1)

Fig. 2 The effect of interaction of factors on brightness of colour L^* of osmotically dehydrated apples in: a) sucrose solution, b) sucrose solution with ascorbic acid

że szczególnie przy podwyższaniu temperatury i zwiększaniu stężenia następowało zwiększenie wartości tego wskaźnika od wartości ujemnych (barwa zielona) do dodatnich (barwa czerwona), co skutkowało zwiększeniem intensywności ciemnienia badanych jabłek i zmniejszeniem wartości wskaźnika L^* (rys. 3).

Dodanie do roztworu osmotycznego kwasu askorbinowego wyraźnie ograniczyło ciemnienie jabłek. Jasność barwy L^* jabłek nasączonych była w większości przypadków większa o 5-13% od jabłek odwadnianych osmotycznie bez dodatkowego nasączenia.

Zmiany jasności L^* i wartości składników barwy a^* i b^* miały wpływ na uzyskanie większych, sięgających nawet około 52%, różnic barwy ΔE jabłek tylko odwadnianych i nasączonych kwasem askorbinowym (tab. 6).



Rys. 3. Wpływ temperatury (synergicznie z pozostałymi czynnikami) na płaszczyzny odpowiedzi zmian jasności barwy L^* jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze: a), c), e) sacharozy, b), d), f) sacharozy z dodatkiem kwasu askorbinowego

Fig. 3. The effect of temperature (including other factors) on surface responses of changes of colour brightness L^* of osmotically dehydrated apples in: a), c), e) sucrose solution, b), d), f) sucrose solution with ascorbic acid

Różnice barwy ΔE o wartościach ujemnych mogą świadczyć o poprawie barwy. Nie zaobserwowano zmian jasności barwy jabłek odwadnianych osmotycznie, również z nasączaniem kwasem askorbinowym. Zmiany wartości składowych a^* i b^* prawdopodobnie zaważyły na uzyskaniu różnic ujemnych ΔE (tab. 6).

Tabela 6. Różnice zmian barwy między próbkami jabłek surowych i odwadnianych w roztworze sacharozy (ΔE) oraz odwadnianych w roztworze sacharozy z dodatkiem kwasu askorbinowego (ΔE_{KA})Table 6. Difference of colour changes between raw apple and after osmotic dehydration in sucrose solution (ΔE) or after osmotic dehydration in sucrose solution with ascorbic acid impregnation (ΔE_{KA})

Nr eksperymentu	ΔE	ΔE_{KA}	Różnice (%)	Nr eksperymentu	ΔE	ΔE_{KA}	Różnice (%)
1	17,4	9,7	44,0	15	8,2	3,4	58,4
2	9,2	5,9	36,3	16	9,7	5,1	47,3
3	6,6	5,7	13,5	17	6,6	3,7	43,9
4	17,6	6,4	63,7	18	5,8	5,6	3,6
5	17,4	9,8	43,5	19	18,3	8,3	54,7
6	6,9	4,6	33,3	20	6,4	5,0	21,7
7	3,2	4,2	-33,7	21	5,3	4,3	19,3
8	17,6	8,9	49,4	22	4,3	4,9	-13,4
9	4,3	2,4	45,1	23	8,7	4,3	49,9
10	4,8	5,0	-4,1	24	20,4	10,3	49,7
11	6,8	4,0	40,4	25	5,9	6,5	-10,0
12	9,2	5,1	44,1	26	5,4	5,1	7,0
13	8,6	4,1	52,7	27	5,9	5,7	2,0
14	4,6	5,6	-22,3				

Z badań KOWALSKIEJ (2006) wynika, że podczas odwadniania osmotycznego zachodzą fizykochemiczne zmiany materiału dotyczące głównie składu chemicznego i uszkodzenia struktury, które mogą mieć istotny wpływ na zmiany barwy. Intensywność tych zmian zależy od siły działania i interakcji czynników, głównie: temperatury – stężenia roztworu osmotycznego – czasu trwania procesu oraz w ich konsekwencji – zawartości wody w materiale. Rola wody może polegać na zwiększeniu aktywności niektórych reakcji wskutek zagęszczenia materiału (np. reakcje Maillarda) lub zmniejszeniu aktywności innych wskutek usunięcia składników rozpuszczalnych w wodzie.

FORNI i IN. (1997) w badaniach dotyczących osmotycznego odwadniania i przechowywania mrożonych moreli i podobnie FALADE i IN. (2007) w badaniach dotyczących barwy arbuza poddanego obróbce osmotyczno-konwekcyjnej stwierdzili, że intensywność barwy owoców zwiększała się proporcjonalnie do zwiększania stężenia roztworu osmotycznego. FALADE i IN. (2007) potwierdzili również wcześniejsze spostrzeżenia, że parametry barwy: jasność (L^*), barwa czerwona (a^*) i żółta (b^*) w arbuzech zwiększały się w wyniku zmniejszania zawartości wody.

TALENS i IN. (2001) stwierdzili, że wstępna obróbka osmotyczna przed zamrażaniem wpłynęła na poprawę koloru kiwi, ale zastosowanie odwadniania pod obniżonym ci-

śnieniem spowodowało ciemnienie i zmniejszenie przezroczystości próbek kiwi. Podobnie FORNI i IN. (1997) wykazali stabilność barwy moreli wstępnie odwadnianych osmotycznie w roztworach cukrów i przechowywanych w temperaturze -20°C .

Analizując wpływ różnych czynników na zmiany barwy odwadnianych owoców, należy uwzględnić m.in. również sposób prowadzenia procesu, warunki klimatyczne, dojrzałość, odmianę owoców lub warzyw. Liczba czynników może wciąż wzrastać i prowadzić do rozbieżności wyników lub zmiany jakości gotowego produktu. Otrzymane modele mogą posłużyć do opracowania optymalnych warunków procesu z zachowaniem względnej stałości pozostałych parametrów. Z uzyskanych płaszczyzn odpowiedzi (tab. 2, 3) wynika, iż optymalne warunki odwadniania osmotycznego oraz maksymalne i minimalne wartości wskaźnika barwy b^* jabłek odwadnianych osmotycznie i nasączonych kwasem askorbinowym następują przy tych samych stężeniach roztworu osmotycznego (około 20%) (tab. 4, 5). Potwierdza to brak statystycznej istotności wpływu stężenia roztworu osmotycznego czy czasu odwadniania na zmiany barwy (tab. 2, 3).

W celu uzyskania jabłek odwadnianych osmotycznie lub nasączonych kwasem askorbinowym o barwie zbliżonej do owoców surowych należy zastosować umiarkowaną temperaturę (do około 30°C), czas procesu – około 1 h i stężenie sacharozy – do około 30% oraz grubość próbek 5-7 mm (tab. 4, 5).

FALADE i IN. (2007), cytując Hornera (1993), zwrócili uwagę, że zbyt długi czas odwadniania może prowadzić do pogorszenia jakości produktu wskutek karmelizacji, reakcji Maillarda i utleniania kwasu askorbinowego.

Wnioski

Zmiany barwy jabłek odwadnianych osmotycznie oraz odwadnianych z jednoczesnym nasączaniem kwasem askorbinowym w największym, statystycznie istotnym stopniu, zależały od temperatury. Zastosowanie podwyższonej temperatury 60°C miało negatywny wpływ na jasność barwy jabłek, natomiast proces prowadzony w umiarkowanej temperaturze, do 40°C , tylko w nieznacznym stopniu powodował zmiany barwy. Jednocześnie w tej temperaturze wykazano nieznaczne zwiększenie jasności barwy wywołane optymalną wartością temperatury i synergicznym działaniem stężenia roztworu sacharozy, a także zwiększonym wnikaniem kwasu askorbinowego.

Czas odwadniania, grubość próbek i stężenie roztworu sacharozy wykazywały statystycznie istotny wpływ, ale tylko w sposób wybiórczy, na wskaźniki barwy L^* , a^* , b^* oraz różnice barwy jabłek odwadnianych lub odwadnianych i nasączonych w stosunku do jabłek surowych (ΔE).

Zastosowanie w roztworze osmotycznym dodatkowego składnika w postaci kwasu askorbinowego spowodowało uzyskanie znacznie mniejszych (do 52%) różnic barwy jabłek (ΔE) w porównaniu z tylko odwadnianymi osmotycznie.

Najmniejsze różnice między barwą jabłek surowych i poddanych obróbce osmotycznej wzbogacającej w kwas askorbinowy można uzyskać z zastosowaniem temperatury w zakresie $23-27^{\circ}\text{C}$, czasu trwania procesu 1 h, grubości próbek 5 mm oraz stężenia sacharozy w zakresie 20-36%.

Literatura

- ABUD-ARCHILA M., VÁZQUEZ-MANDUJANO D.G., RUIZ-CABRERA M.A., GRAJALES-LAGUNES A., MOSCOSA-SANTILLÁN M., VENTURA-CANSECO L.M.C., GUTIÉRREZ-MICELI F.A., DENDOOVEN L., 2008. Optimization of osmotic dehydration of yam bean (*Pachyrhizus erosus*) using an orthogonal experimental design. *J. Food Eng.* 84, 413-419.
- ACHNAZAROWA S.Ł., KAFAROW W.W., 1982. Optymalizacja eksperymentu w chemii i technologii chemicznej. WN-T, Warszawa.
- ALZAMORA S.M., SALVATORI D., TAPIA M.S., LOPEZ-MALO A., WELTI CHANES J., FITO P., 2005. Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds. *J. Food Eng.* 67: 205-214.
- AZOUBEL P.M., MURR F.E.X., 2003. Optimisation of osmotic dehydration of Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) in sugar solutions. *Food Sci. Technol. Int.* 9, 3: 427-433.
- BIEGAŃSKA-MARECIK R., CZAPSKI J., 2003. Porównanie przydatności odmian jabłek do produkcji plastrów o małym stopniu przetworzenia. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 2, 2: 115-127.
- CHIRALT A., FITO P., 2003. Transport mechanisms in osmotic dehydration: the role of the structure. *Food Sci. Technol. Int.* 9, 3: 179-186.
- CZAPSKI J., WALKOWIAK-TOMCZAK D., 2008. Kinetics of anthocyanin colour changes during heating solutions of chokeberry, encyanin and elderberry pigments. *Acta Agrophys.* 12, 3: 625-635.
- ERBAY Z., ICIER F., 2009. Optimization of hot air drying of olive leaves using response surface methodology. *J. Food Eng.* 91: 533-541.
- FALADE K.O., IGBEKA J.C., AYANWUYI F.A., 2007. Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *J. Food Eng.* 80: 979-985.
- FORNI E., SORMANI A., SCALISE S., TORREGGIANI D., 1997. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. *Food Res. Int.* 30, 2: 87-94.
- KOWALSKA H., 2006. Owoce i warzywa jako żywność minimalnie przetworzona. *Przem. Spoż.* 6: 24-27, 31.
- KOWALSKA H., JADCZAK S., 2007. Odwadnianie osmotyczne jabłek w roztworze sacharozu i kwasu askorbinowego. *Żywn. Nauka Techn. Jakość* 3, 52: 119-127.
- KOWALSKA H., LENART A., 2003. Znaczenie wymiany masy w tworzeniu żywności nowej generacji. *Post. Tech. Przetw. Spoż.* 2: 12-17.
- KROKIDA M.K., MAROULIS Z.B., SARAVACOS G.D., 1991. The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. *Int. J. Food Sci. Technol.* 36: 53-59.
- LEWICKI P.P., LENART A., 2007. Osmotic dehydration of fruit and vegetable. W: *Handbook of industrial drying*. Red. A.S. Mujumdar. Taylor & Francis, Boca Raton, FL: 665-669.
- MARSHALL M.R., KIM J., CHENG-I. WEI, 2000. Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafoods. ©FAO. [<http://www.fao.org/AG/ags/agsi/ENZYMFINAL/Enzymatic%20Browning.html>].
- MARTIN-DIANA A.B., RICO D., FRIAS J.M., BARAT J.M., HENEHAN G.T.M., BARRY-RYAN C., 2007. Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 210-218.
- RAVINDRA M.R., CHATTOPADHYAY P.K., 2000. Optimisation of osmotic preconcentration and fluidised bed drying to produce dehydrated quick-cooking potato cubes. *J. Food Eng.* 44: 5-11.
- TALENS P., MARTINEZ-NAVARRETE N., FITO P., CHIRALT A., 2001. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwifruit. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 3: 191-199.
- 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.

CHANGES OF COLOUR PARAMETERS OF OSMOTICALLY DEHYDRATED AND ASCORBIC ACID SATURATED APPLES

Summary. The aim of this study was to determine the effect of process conditions applying one of the methods of planning experiments to change the colour parameters of osmotically dehydrated apples and dehydrated and simultaneously ascorbic acid saturated. Samples of apples of 25 × 25 mm and a thickness of 5-15 mm were dehydrated osmotically during 1-5 h in a sucrose solution with a concentration of 20-60% at the temperature range 20-60°C. Ascorbic acid saturation of apples was realised by adding it to the osmotic solution in the amount of 2%. Colour changes of osmotically dehydrated and ascorbic acid saturated apples were statistically significant and mainly depended on temperature. Application of high temperature of 60°C had a negative impact on the brightness of the colour of apples. Moderate temperature to 40°C caused a slight colour changes and even a slight increase in brightness caused by the synergistic effects of temperature and concentration of sucrose solution, and as a result of increased penetration of ascorbic acid.

Key words: saturation, planning experiments, brightness of apple colour

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Hanna Kowalska, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, Poland, e-mail: hanna_kowalska@sggw.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:
29.09.2009

Do cytowania – For citation:

*Kowalska H., Lenart A., Wojnowski M., 2009. Zmiany barwy jabłek odwadnianych osmotycznie i nasycanych kwasem askorbinowym. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 4, #120.*