

Sylwia PRZYBYLSKA

WPŁYW KWASÓW ASKORBINOWEGO I CYTRYNOWEGO NA BARWĘ PRZECIERÓW WARZYWNYCH PODCZAS STERYLIZACJI

THE INFLUENCE OF THE ASCORBIC AND CITRIC ACIDS ON CHANGES OF THE VEGETABLE PULPS COLOUR DURING STERILIZATION

Katedra Technologii Żywności, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-459 Szczecin, e-mail: sylwia.przybylska@zut.edu.pl

Abstract. There was examined the influence of citric acid (in concentrations of 0.5 and 1%) and ascorbic acid (in concentrations of 0.025 and 0.05%) on changes in colour of sterilized (118 and 121°C) vegetable pulps. Obtained results of colour objective estimation (verified statistically) displayed that the addition of citric and ascorbic acids caused significant changes in colour parameters L^* , a^* , b^* . The increase of antioxidants concentrations higher redness of colour in products and caused stabilization of carotenoid pigments. However, citric acid showed stronger influence on durability of pulps colour than ascorbic acid.

Słowa kluczowe: barwa, kwas askorbinowy, kwas cytrynowy, marchew, pomidory, sterylizacja.

Key words: ascorbic acid, carrot, citric acid, colour, sterilization, tomatoes.

WSTĘP

Barwa jest ważnym wskaźnikiem jakości zarówno świeżych, jak i przetworzonych produktów żywnościowych (Wilska-Jeszka 2004). Może informować o składzie chemicznym produktu, a tym samym o jego przydatności do przetwórstwa, przechowywania czy transportu (Zapotoczny i Zielińska 2005).

Większość procesów technologicznych w przemyśle spożywczym związana jest z intensywnym ogrzewaniem surowca i zachodzącymi w związku z tym zmianami, dotyczącymi m.in. barwy (Biller i in. 2005). Szczególnie podczas sterylizacji naturalna barwa produktów ulega pogorszeniu (Jarczyk i Berdowski 1993). Jej zmiany są wskaźnikami przemian chemicznych, które często prowadzą do powstania niepożądanego smaku produktu i zapachu (Klimczak i in. 1998). Z punktu widzenia technologicznego zachowanie właściwej barwy produktów warzywnych jest więc niezwykle istotne i ma decydujący wpływ na ich sensoryczną pożądalność (Czarneska-Skubina i Sałek 2003).

Dlatego celowe jest prowadzenie doświadczeń nad zmianami barwy sterylizowanych przecierów warzywnych, z wykorzystaniem przeciwutleniaczy i synergentów.

Barwę produktów może stabilizować dodatek kwasu cytrynowego lub askorbinowego (Dłużewska i Bednarek 2005). Rola kwasu askorbinowego w technologii owoców i warzyw, oprócz roli czynnika witaminowego, polega na zapobieganiu niepożądanym reakcjom prowadzącym do zmian organoleptycznych w produkcie (Gasik 1990; Hras i in. 2000). Kwas askorbinowy, z uwagi na różnorodny mechanizm działania związany z usuwaniem aktywno-

nych form tlenu, redukowaniem wcześniej utlenionych związków i kompleksowaniem (chelataowaniem) jonów metali, głównie Fe^{+3} i Cu^{+2} , chroni produkty żywnościowe przed oksydacyjnym zbrunatnieniem (Czapski i Wieland 1992; Rutkowski i in. 1997). Z kolei kwas cytrynowy (E 330) działa w żywności jako synergent. Zapobiega utlenianiu poprzez kompleksowanie śladów metali ciężkich, które katalizują procesy ciemnienia konserw warzywnych i owocowych – Rutkowski (1999); Ball (2001). Zastosowanie dodatku kwasów askorbinowego oraz cytrynowego, jako inhibitorów enzymatycznego brązowienia żywności, zwiększa również stabilność naturalnych karotenoidów (Giese 1995).

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu kwasów cytrynowego i askorbinowego, o różnym stężeniu, na barwę surowych i sterylizowanych przecierów warzywnych.

Założono, że obiektywny pomiar parametrów barwy: L^* , a^* , b^* i jej ocena sensoryczna oraz wyznaczenie korelacji pomiędzy czerwonością barwy a zawartością β -karotenu i likopenu pozwoli określić jakość gotowego produktu.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny stanowiły pomidory (*Lycopersicon esculentum Mill*) odmiany „Ika” pobierane do badań w okresie letnim (w latach 2004–2005), oraz marchew (*Daucus carota*), odmiany późnej ‘Perfekcja’, ze zbiorów letnich i jesiennych (z 2005 r.), pochodzące z Gospodarstwa Rolno-Warzywnego z okolic Szczecina.

Warzywa po przywiezieniu do laboratorium poddano ocenie jakościowej – marchew wg PN-84/R-75358, pomidory wg PN-91/R-75368. Następnie surowiec myto, lekko osuszano i poddawano dalszej obróbce. Marchew obierano, krojono w kostkę i rozdrabniano w maszynie Kitchen Aid Portable Appliances (USA) z przystawką umożliwiającą przecier. Pomidory, po odszypułkowaniu i usunięciu zagłębienia kielichowego, krojono na ćwiartki i rozdrabniano w tym samym urządzeniu, wyposażonym w dodatkową przystawkę umożliwiającą oddzielenie miąższu od skórki i nasion.

Z tak otrzymanych przecierów sporządzono następujące warianty: bez dodatku przeciwutleniaczy (wariant kontrolny), z dodatkiem kwasu askorbinowego w stężeniu 0,025 i 0,05% oraz z dodatkiem kwasu cytrynowego w stężeniu 0,5 i 1%. Przeciery z tymi dodatkami i bez nich mieszano w kutromikserze Stephan dwukrotnie przez 1 min, przy maksymalnych obrotach. Próbkę o masie 1 kg, przygotowane do każdej serii badań, pakowano do okrągłych puszek cylindrycznych, o pojemności 0,16 (o średnicy 99,9 mm i wysokości 26 mm), i zamykano, używając zamykarki rotacyjnej typu AZ-1 (Polska).

Steryлизację przecierów prowadzono w temperaturze 118 i 121°C, w skali laboratoryjnej, w autoklawach poziomych (poj. 20 l) typu ASL, firmy SMS (Polska), przy ciśnieniu 0,18 i 0,21 MPa, zgodnie z formułą: A+B+C/T, w której A – 15 min, B – 30 min, C – 15 min. Po sterylizacji puszki z przecierem, ochłodzone do temperatury ok. 20°C, składowano w temperaturze $4 \pm 1^\circ\text{C}$ i pobierano do analiz w czasie tygodnia.

Doświadczenia dla każdej próby przeprowadzono w trzech powtórzeniach. W badanych próbkach określono:

– barwę – metodą obiektywną, na aparacie typu HunterLab, model D25, firmy Hunter Associates Laboratory, Jnc (USA), wyposażonym w lampę kwarcowo-halogenową. Stosowano obserwator kolorymetryczny, o polu widzenia 10° , przy geometrii układu $45^\circ/0^\circ$. Pomiary parametrów barwy L^* , a^* , b^* wykonano na próbkach o średnicy 60 mm i grubości 1,2 mm w świetle odbitym w pięciu powtórzeniach, w odniesieniu do wzorca bieli C-6544;

– barwę – metodą subiektywną (wizualną), w skali 5-punktowej. Ocenę przeprowadził pięcioosobowy zespół pracowników Katedry Technologii Żywności, dobrze przygotowanych do realizacji tego typu zadań;

– zawartość karotenoidów w ekstraktach – metodą spektrofotometryczną, zgodnie z PN 90/A-75101/12 i PN-EN 12823-2, na podstawie współczynnika absorbancji $E_{1\%}$, wynoszącego dla β -karotenu 2592, a dla likopenu 3450. Pomiar absorbancji β -karotenu wykonano na aparacie Thermo Spectronic (Anglia), typu Helios Gamma, przy długości fali 450 nm, a likopenu – przy 470 nm. Zawartość barwników wyrażano w $\mu\text{g/g}$ i przeliczano na mg /100 g świeżej masy surowca.

Oznaczenia chemiczne wykonano w trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki poddano obliczeniom statystycznym przy użyciu komputerowego programu Statistica 8,0 PL (korelacje). Istotność różnic pomiędzy średnimi wyliczono za pomocą testu Tukeya dla $\alpha=0,05$.

WYNIKI

Obiektywna ocena barwy

Dodatek kwasów cytrynowego i askorbinowego istotnie ($\alpha=0,05$) wpływał na zmiany obiektywnych parametrów barwy L^* , a^* i b^* przecierów warzywnych, w porównaniu z wariantem kontrolnym (tab. 1).

Zwiększenie stężenia kwasów cytrynowego i askorbinowego w przecierach korzystnie wpływało na poprawę parametrów barwy, szczególnie na wzrost parametru a^* (tab. 1). Niezależnie jednak od zastosowanego dodatku, średnie wartości parametru a^* , określające udział barwy czerwonej, zmniejszały się w próbach wraz ze wzrostem temperatury sterylizacji. Statystyczna analiza otrzymanych wyników dowiodła również, że zmiany wartości parametru a^* w przecierach korelują ze zmniejszeniem ilości barwników karotenoidowych (rys. 1, 2). W surowych i ogrzewanych przecierach, stanowiących wariant kontrolny, wartość parametru a^* była mniejsza niż w próbkach z dodatkiem kwasów cytrynowego i askorbinowego (tab. 1). W nieogrzewanych przecierach dodatek kwasu cytrynowego w stężeniu 1% zwiększył czerwoność barwy o 11%, w stosunku do próbki kontrolnej (tab. 1). Natomiast, dla porównania, dodatek kwasu askorbinowego w stężeniu 0,05% powodował wzrost wartości parametru a^* w przecierach o ok. 8% (tab. 1). Po sterylizacji przeciery z dodatkiem kwasów cytrynowego i askorbinowego wykazywały zdecydowanie mniejsze straty w czerwoności barwy niż próby bez ich dodatku (tab. 1). W przecierach warzywnych wartość parametru b^* , określającego żółtość barwy, zmieniała się wraz ze stężeniem dodatku (tab. 1).

Tabela 1. Wpływ dodatku kwasów cytrynowego i askorbinowego na parametry barwy surowych i sterylizowanych w temperaturze 118°C, przez 30 min, przecierów warzywnych

Table 1. The influence of citric and ascorbic acids addition on the colour parameters of pulps vegetable raw and sterilized at 118°C for 30 min

Rodzaj dodatku i jego stężenie Kind and concentration of additive [%]	Parametry barwy – Colour parameters ($X_{sr} \pm SD$)			
	przecier marchwiowy carrot pulp		przecier pomidorowy tomatoe pulp	
	sterylizacja w 118°C – sterilization at 118°C			
	0 min	30 min	0 min	30 min
Jasność – Brightness L*				
Próba kontrolna – Control sample	45,7±0,055	41,5±0,065	28,3±0,065	24,1±0,045
Kwas cytrynowy – Citric acid 0.5	48,2±0,045	45,5±0,035	29,7±0,085	28,1±0,065
Kwas askorbinowy – Ascorbic acid 0.025	47,3 ^a ±0,025	43,7 ^a ±0,072	29,0±0,045	26,3±0,055
Kwas cytrynowy – Citric acid 1	47,1 ^a ±0,035	43,1 ^a ±0,072	31,2±0,042	26,5±0,055
Kwas askorbinowy – Ascorbic acid 0.05	46,3±0,055	38,4±0,065	30,6±0,085	21,2±0,075
Czerwoność – Redness a*				
Próba kontrolna – Control sample	38,0±0,035	34,2±0,045	36,2±0,045	33,2±0,065
Kwas cytrynowy – Citric acid 0.5	41,5 ^a ±0,055	39,5±0,025	39,6 ^a ±0,055	37,2±0,045
Kwas askorbinowy – Ascorbic acid 0.025	40,3±0,045	37,5±0,055	38,8±0,063	34,3±0,035
Kwas cytrynowy – Citric acid 1	42,5±0,045	40,8±0,025	40,5±0,055	38,6±0,045
Kwas askorbinowy – Ascorbic acid 0.05	41,4 ^a ±0,035	39,7±0,055	39,4 ^a ±0,065	35,3±0,045
Żółtość – Yellowness b*				
Próba kontrolna – Control sample	32,6±0,045	30,4±0,063	27,2±0,055	30,6±0,072
Kwas cytrynowy – Citric acid 0.5	35,2±0,072	34,3±0,045	28,3±0,085	25,4±0,055
Kwas askorbinowy – Ascorbic acid 0.025	36,5±0,072	37,5±0,055	29,4±0,035	31,1±0,065
Kwas cytrynowy – Citric acid 1	34,0±0,025	32,2±0,045	30,6±0,072	23,7±0,065
Kwas askorbinowy – Ascorbic acid 0.05	37,3±0,025	38,7±0,063	32,5±0,055	34,2±0,072

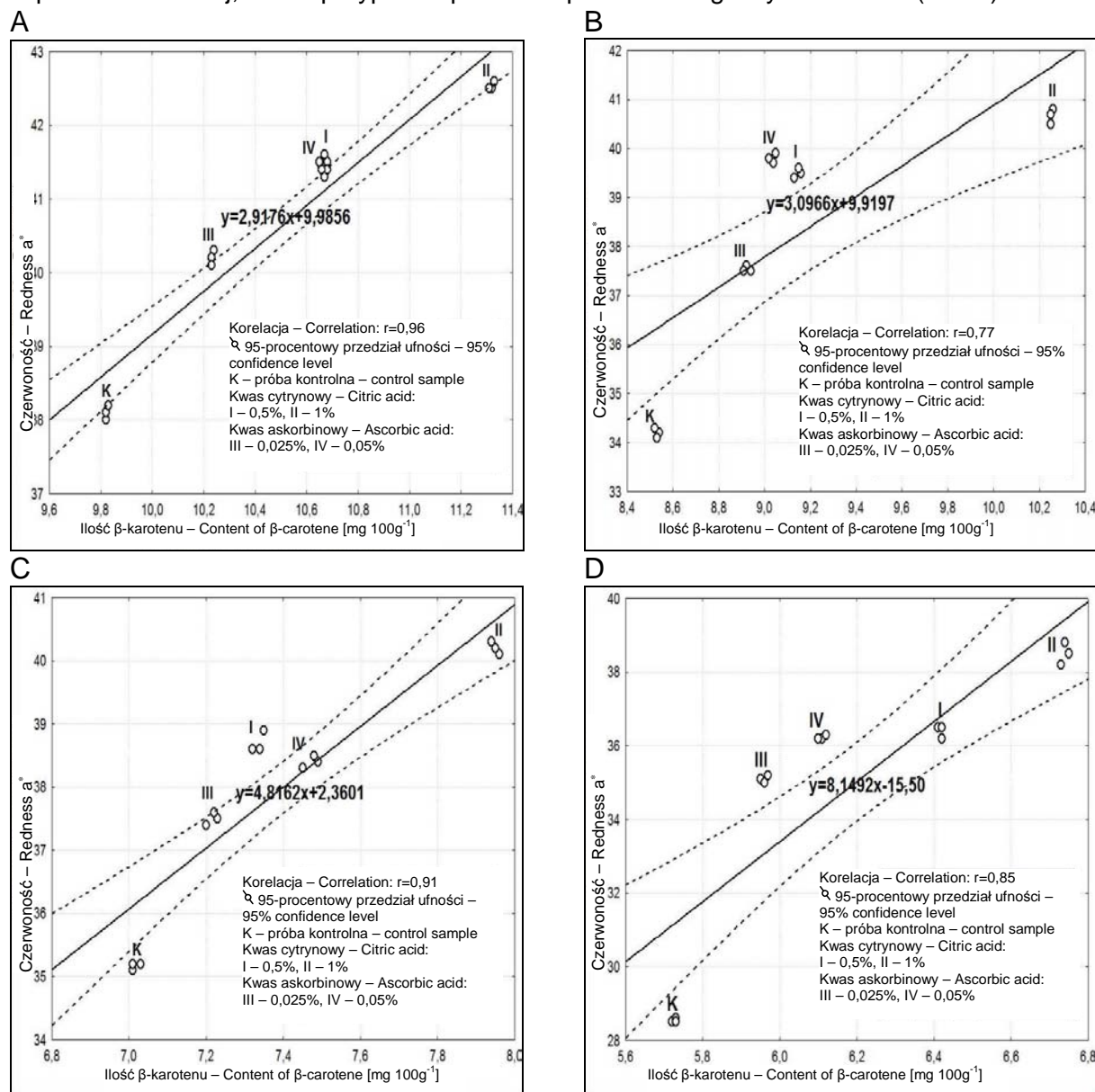
Wartości średnie, oznaczone w kolumnach tym samym indeksem górnym (a), nie różnią się statystycznie istotnie przy $\alpha=0,05$.

Means in the columns, marked identical superscripts, (a) are not statistically significantly different at $\alpha=0.05$.

Wzrost stężenia kwasu askorbinowego powodował w przecierze marchwiowym, w stosunku do wariantu kontrolnego, zwiększenie żółtości barwy przed ogrzewaniem o ok. 13%, a po sterylizacji – o kolejne 21% (tab. 1). Podobnie na żółtość barwy wpływał kwas askorbinowy w przecierach pomidorowych (tab. 1). Z kolei dodatek kwasu cytrynowego zwiększał o ok. 6% wartość parametru b* w ogrzewanych przecierach marchwiowych, a zmniejszał ją o ok. 23% w przecierach pomidorowych, w porównaniu z próbą kontrolną (tab. 1).

Parametr L*, określający jasność barwy, przybierał wartości średnie w przypadku przecierów marchwiowych, wynoszące od 48,2 do 38,4, natomiast w przypadku przecierów pomidorowych kształtował się na poziomie od 21,2 do 31,2 (tab. 1). Po sterylizacji wszystkie przecieri wykazywały spadek wartości parametru L*. Ogrzewane przecieri z dodatkiem kwasu askorbinowego w stężeniu 0,05% charakteryzowały się, w porównaniu z pozostałymi wariantami, zdecydowanym obniżeniem jasności barwy (tab. 1). Wartość parametru L* w tym

wariancie w przypadku przecieru marchwiowego po sterylizacji była o 7% mniejsza niż w próbie kontrolnej, zaś w przypadku przecieru pomidorowego wynosiła 12% (tab. 1).



Rys. 1. Zależność między ilością β-karotenu (X) a czerwonoscą barwy (Y) przecieru marchwiowego z dodatkiem kwasów cytrynowego i askorbinowego przed sterylizacją (A) i po sterylizacji w temperaturze 118°C (B) oraz przed sterylizacją (C) i po sterylizacji w temperaturze 121°C (D)

Fig. 1. Correlation between the content of lycopene (X) and the redness of colour (Y) in the carrot pulps with citric and ascorbic acids before (A) and after sterilization at 118°C (B) and before (C) and after sterilization at 121°C (D)

Zmiany zawartosci barwników karotenoidowych

W surowym przecierze marchwiowym (bez dodatków) ilość β-karotenu, w zalezności od okresu zbioru marchwi, wahala się od 7,05 (latem) do 9,82 mg/100 g (jesienia) – tab. 2. Zawartosc likopenu w przecierach z pomidorów, pobieranych w sezonie letnim, kształtowala się na poziomie od 4,05 do 4,97 mg/100 g (tab. 2).

Zastosowane w badaniach dodatki – kwasy cytrynowy i askorbinowy powodowały wzrost ilości barwników karotenoidowych w przecierach warzywnych, w porównaniu z wariantem kontrolnym (tab. 2). Wraz ze zwiększeniem stężenia dodatku przeciwutleniacza w próbach obserwowano statystycznie istotne różnice w zawartości związków barwnych.

Tabela 2. Wpływ dodatku kwasów cytrynowego i askorbinowego na zmiany ilości β -karotenu i likopenu w surowych i sterylizowanych w temperaturze 118 i 121°C, przez 30 min, przecierach warzywnych

Table 2. The influence of citric and ascorbic acids addition on changes in content of β -carotene and lycopene in raw and sterilized at 118 and 121°C for 30 min of pulps vegetable

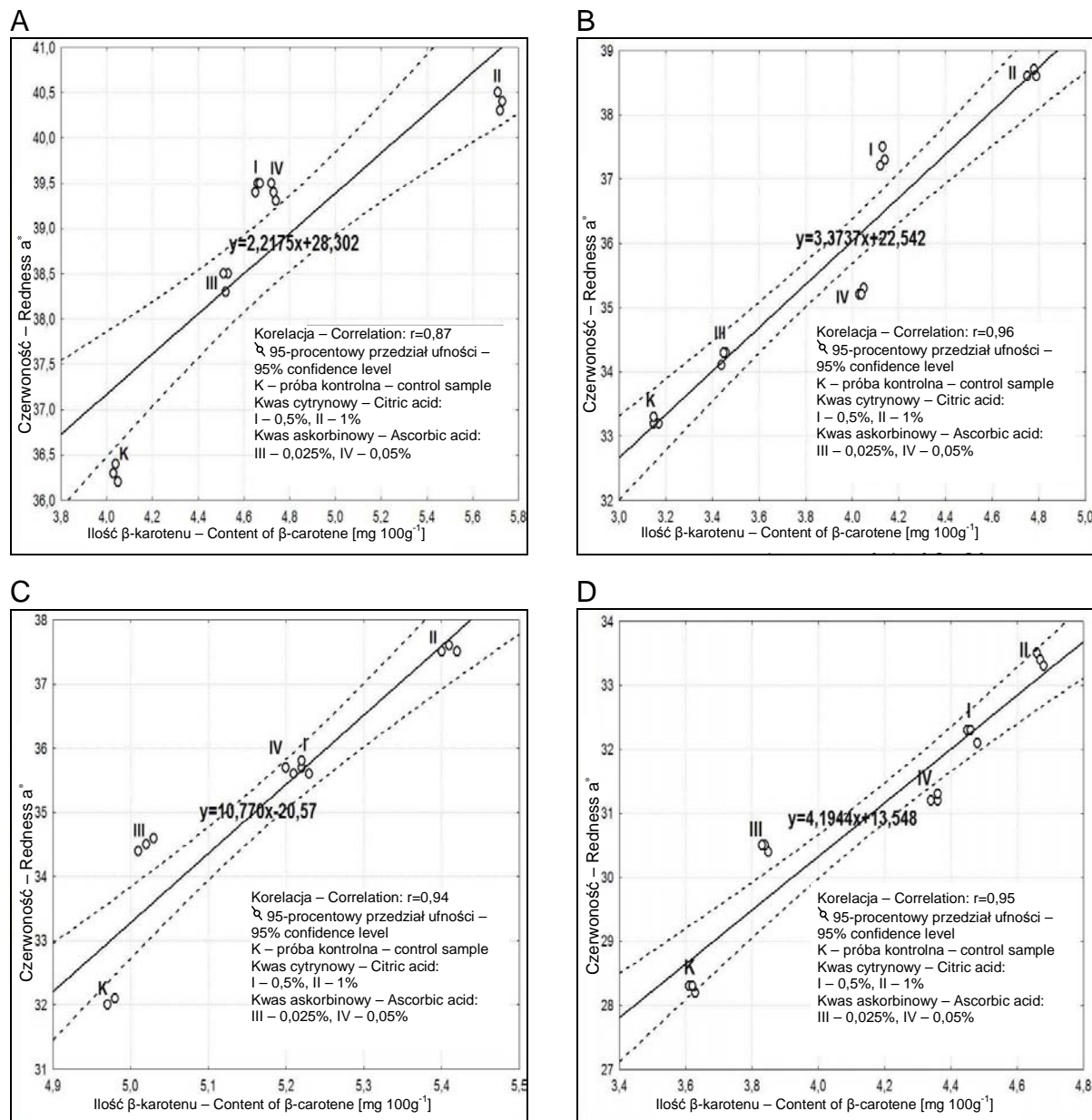
Rodzaj dodatku i jego stężenie Kind and concentration of additive [%]	Przecier marchwiowy Carrot pulp		Przecier pomidorowy Tomatoe pulp	
	ilość β -karotenu – content of β -carotene [$\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$]		ilość likopenu – content of lycopene [$\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$]	
Sterylizacja w 118°C – Sterilization at 118°C				
	0 min	30 min	0 min	30 min
Próba kontrolna – Control sample	9,82±0,020	8,54±0,015	4,05±0,015	3,17±0,021
Kwas cytrynowy – Citric acid 0.5	10,68 ^a ±0,020	9,18±0,017	4,71 ^a ±0,012	4,12±0,025
Kwas askorbinowy – Ascorbic acid 0.025	10,25±0,010	8,91±0,012	4,52±0,020	3,46±0,010
Kwas cytrynowy – Citric acid 1	11,32±0,025	10,26±0,020	5,71±0,012	4,79±0,017
Kwas askorbinowy – Ascorbic acid 0.05	10,66 ^a ±0,015	9,04±0,015	4,73 ^a ±0,026	4,05±0,015
Sterylizacja w 121°C – Sterilization at 121°C				
	0 min	30 min	0 min	30 min
Próba kontrolna – Control sample	7,03±0,017	5,72±0,015	4,97±0,042	3,61±0,010
Kwas cytrynowy – Citric acid 0.5	7,45 ^a ±0,020	6,42±0,010	5,20 ^a ±0,010	4,48±0,010
Kwas askorbinowy – Ascorbic acid 0.025	7,23±0,020	5,96±0,020	5,03±0,010	3,85±0,010
Kwas cytrynowy – Citric acid 1	7,96±0,015	6,73±0,015	5,42±0,015	4,66±0,015
Kwas askorbinowy – Ascorbic acid 0.05	7,49 ^a ±0,021	6,11±0,010	5,22 ^a ±0,015	4,36±0,015

Wartości średnie, oznaczone w kolumnach tym samym indeksem górnym (a), poszczególnych badanych kwasów nie różnią się statystycznie istotnie przy $\alpha=0,05$.

Means in the columns, marked identical superscripts (a), are not statistically significantly different at $\alpha=0.05$.

Uzyskane wyniki (tab. 2) wskazują, że kwas cytrynowy w stężeniu 1-procentowym nieco aktywniej stabilizował barwniki karotenoidowe niż kwas askorbinowy. Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic w zawartości związków barwnych w surowych przecierach z dodatkiem kwasu cytrynowego o stężeniu 0,5% i z dodatkiem kwasu askorbinowego o stężeniu 0,05% (tab. 2). Dodatek tych przeciwutleniaczy w nieogrzanym przecierze marchwiowym powodował wzrost (o ok. 8%) ilości β -karotenu, w stosunku do jego ilości w wariantcie kontrolnym, a także wzrost ilości likopenu w przecierze pomidorowym (o ok. 5%) – tab. 2. Niezależnie od stosowanych dodatków (kwasów cytrynowego i askorbinowego) przecieri poddane sterylizacji charakteryzowały się spadkiem ilości barwników karotenoidowych, w porównaniu z próbkami surowymi (tab. 2). Wszystkie przecieri po ogrzewaniu różniły się statystycznie istotnie zawartością związków barwnych (tab. 2). Zdecydowanym wzrostem ilości barwników karotenoidowych charakteryzowały się przecieri sterylizowane z dodatkiem kwasu cytrynowego w stężeniu 1% (tab. 2). W porównaniu z ogrzewanym w temperaturze 118°C wariantem kontrolnym dodatek tego kwasu zwiększył ilość β -karotenu

w przecierze marchwiowym o ok. 17%, a likopenu w przecierze pomidorowym – aż o 34% (tab. 2). Przeprowadzona analiza korelacji wykazała ponadto, że istnieje wysoka zależność (od $r = 0,77$ do $r = 0,96$) pomiędzy zmianą ilości barwników karotenoidowych a czerwonością barwy przecierów warzywnych (rys. 1, 2).



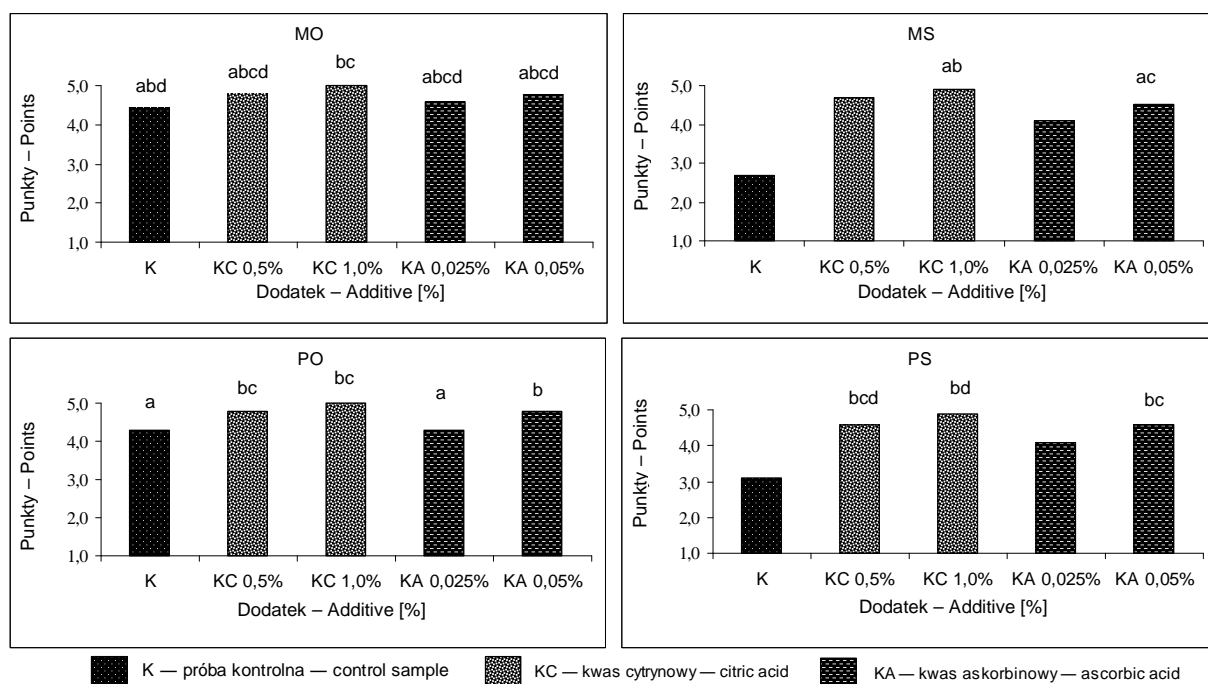
Rys. 2. Zależność między ilością β -karotenu (X) a czerwonością barwy (Y) przecieru pomidorowego z dodatkiem kwasów cytrynowego i askorbinowego przed sterylizacją (A) i po sterylizacji w temperaturze 118°C (B) oraz przed sterylizacją (C) i po sterylizacji w temperaturze 121°C (D)

Fig. 2. Correlation between the content of lycopene (X) and the redness of colour (Y) in the tomato pulps with citric and ascorbic acids before (A) and after sterilization at 118°C (B) and before (C) and after sterilization at 121°C (D)

Ocena sensoryczna barwy

W wizualnej ocenie barwy, nieogrzewane przecierzy marchwiowe, z wyjątkiem próby z dodatkiem kwasu cytrynowego o stężeniu 1%, nie wykazywały statystycznie istotnych różnic,

w porównaniu z wariantem kontrolnym (rys. 3). Wzrost stężenia dodatku kwasów askorbinowego i cytrynowego w surowym przecierze marchwiowym nie powodował zauważalnych gołym okiem zmian w barwie (rys. 3). W ocenie konsumenckiej barwę surowych przecierów marchwiowych z dodatkiem kwasów cytrynowego i askorbinowego oceniono na 5 pkt (rys. 3). Nieco inaczej kształtowała się barwa przecierów marchwiowych po procesie sterylizacji (rys. 3). Zauważono istotne różnice podczas wizualnej oceny barwy ogrzewanych próbek, w stosunku do wariantu kontrolnego (rys. 3). Sterylizowane przecieary marchwiowe z dodatkiem przeciwutleniaczy, poza próbką z dodatkiem kwasu askorbinowego o stężeniu 0,025%, nie wykazywały statystycznie istotnych zmian w barwie (rys. 3). Z kolei w przypadku surowych przecierów pomidorowych nie stwierdzono istotnych różnic w barwie między wariantem kontrolnym a próbką z dodatkiem kwasu askorbinowego o stężeniu 0,025% (rys. 3). Pozostałe przecieary pomidorowe z dodatkiem przeciwutleniaczy różniły się barwą w stosunku do tych próbek, ale dawały jednakowe czerwone zabarwienie produktu (rys. 3). Natomiast w przypadku sterylizowanych przecierów pomidorowych zastosowane dodatki wpływały podobnie na przebieg zmian barwy jak w przypadku ogrzewanych przecierów marchwiowych (rys. 3).



Rys. 3. Ocena sensoryczna barwy przecierów warzywnych: przecieru marchwiowego przed sterylizacją (MO) i po sterylizacji (MS) oraz przecieru pomidorowego surowego (PO) i sterylizowanego (PS) w temperaturze 121°C, przez 30 min, z dodatkiem kwasów cytrynowego i askorbinowego

Wartości w kolumnach oznaczone tym samym indeksem (a, b, c, d) dla poszczególnych próbek z dodatkami w zakresie ocenianej barwy przed sterylizacją i po sterylizacji nie różnią się statystycznie istotnie przy $\alpha=0,05$.

Fig. 3. Sensoric evaluation of pulps vegetable of the colour: carrot pulps before (MO) and after sterilization (MS) and tomato pulps raw (PO) and sterilized (PS) at 121°C for 30 min with the citric and ascorbic acids addition

Means in the columns marked with identical subscriptts (a, b, c, d) are not statistically different at $\alpha=0,05$ among each of the sample with additive in range of determined colour before and sterilization.

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania potwierdziły ochronny wpływ dodatku kwasów cytrynowego i askorbinowego na barwę i barwniki karotenoidowe przecierów warzywnych przed sterylizacją i po sterylizacji. Wzrost stężenia kwasów cytrynowego i askorbinowego w przecierach surowych korzystnie wpływał na poprawę parametrów barwy, czego dowodem jest zwiększenie o ok. 8–15% parametru a^* , w porównaniu z wariantem kontrolnym. Po sterylizacji przecieri z dodatkiem kwasów askorbinowego i cytrynowego wykazywały mniejsze straty w czerności barwy niż próbka kontrolna.

Spośród stosowanych wariantów najbardziej korzystne efekty w zabarwieniu przecieru i we wzroście ilości związków barwnych odnotowano po zastosowaniu najwyższych stężeń obu dodatków (tj. 1-procentowego kwasu cytrynowego, 0,05-procentowego kwasu askorbinowego). Uzyskane dane wskazują, że kwas cytrynowy w stężeniu 1% wykazywał nieco większą aktywność w stabilizowaniu barwy i barwników karotenoidowych niż kwas askorbinowy w stężeniu 0,05%. Nie stwierdzono natomiast różnic statystycznie istotnych w ilości związków barwnych w przecierach surowych z dodatkiem kwasu cytrynowego o stężeniu 0,5% i z dodatkiem kwasu askorbinowego o stężeniu 0,05%. Dodatek kwasów w tych stężeniach powodował wzrost o ok. 6% ilości β -karotenu w przecierze marchwiowym i o ok. 5% ilości likopenu w przecierze pomidorowym, w stosunku do wariantu kontrolnego. Po ogrzewaniu, niezależnie od stężenia dodatku, wszystkie przecieri różniły się statystycznie istotnie ilością związków barwnych. Największy wzrost ilości barwników karotenoidowych (β karotenu o ok. 17%, a likopenu o ok. 34%) wykazywały przecieri z dodatkiem kwasu cytrynowego o stężeniu 1%. Uzasadnia to zatem dużą przydatność kwasu cytrynowego do stabilizowania związków barwnych w produktach poddawanych procesowi sterylizacji. Ponadto stwierdzenie to nie umniejsza znaczenia kwasu askorbinowego, który również dosyć skutecznie poprawia barwę ogrzewanych przecierów i zwiększa stabilność barwników karotenoidowych.

Zasadność stosowania proponowanego zakresu stężeń kwasów askorbinowego i cytrynowego w celu hamowania niepożądanych zmian barwy w produktach owocowo-warzywnych potwierdzają również wyniki badań Pizzacaro i in. (1993). Zgodnie z Rozporządzeniem MZiOP z 2004 r. stosowanie dodatku kwasów cytrynowego i askorbinowego do owoców i warzyw w puszkach i opakowaniach szklanych nie wymaga limitowania; mogą być dodawane w ilości *quantum satis*. W badaniach przeprowadzonych przez Biegańską-Marecik i Czapskiego (1998) wykazano, że dodatek kwasów askorbinowego i cytrynowego (odpowiednio 0,5 i 1%) pozytywnie wpływał na wyróżniki sensoryczne jabłek, jak również na parametry barwy: L^* , a^* i b^* . Według Rudego i Polak (2004) wysycanie papryki kwasem cytrynowym, o stężeniu 2%, przez 3 min powoduje mniejsze zmiany barwy w czasie konwekcyjnego suszenia, w odniesieniu do zmian barwy suszu uzyskanego z surowca niewysycanego. Z kolei Dłużewska i Bednarek (2005) stwierdziły, że obniżenie pH napojów z 5,5 do 3,5 poprzez zastosowanie kwasu cytrynowego powoduje istotny wzrost stabilności ich barwy.

Reasumując wyniki badań, stwierdzono, że wykorzystanie kwasów cytrynowego i askorbinowego w procesie produkcyjnym przecierów, a w szczególności dodatku kwasu cytrynowego, pozwala na wykreowanie ich barwy zgodnie z oczekiwaniami konsumenta.

WNIOSKI

1. Wyniki badań potwierdzają ochronne działanie dodatku kwasów cytrynowego i askorbinowego na barwę i barwniki karotenoidowe surowych i sterylizowanych przecierów warzywnych.
2. Wzrost stężenia dodatku kwasu cytrynowego (z 0,5 do 1%) i kwasu askorbinowego (z 0,025 do 0,05%) zwiększa trwałość barwy i zawartość związków barwnych w surowych i sterylizowanych przecierach warzywnych.
3. Kwas cytrynowy wykazuje nieco większą aktywność w stabilizowaniu barwy i barwników karotenoidowych niż kwas askorbinowy.
4. Wyznaczone współczynniki korelacji (od $r=0,77$ do $r=0,96$) pomiędzy czerwonością barwy a ilością związków barwnych (β -karotenu i likopenu) wskazują na ścisłą zależność pomiędzy tymi zmiennymi, co pozwala przyjąć parametr a^* za obiektywny wskaźnik jakości barwy produktu.

PIŚMIENNICTWO

- Ball S.** 2001. Antyoksydanty w medycynie i życiu człowieka, Warszawa, Oficyna Wyd. Medyk.
- Biegańska-Marecik R., Czapski J.** 1998. Hamowanie enzymatycznego brązowienia pakowanych próżniowo plastrów jabłek. *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.* 4, 24–26.
- Biller E., Ekielski A., Zaremba R.** 2005. Próba oszacowania niezbędnej liczby pomiarów przy oznaczaniu barwy wybranych produktów spożywczych. *Inż. Rol.* 11 (71), 37–44.
- Czapski J., Wieland A.** 1992. Dodatki do żywności przyjaciel czy wróg? Poznań, PWRiL.
- Czarnecka-Skubina E., Sałek M.** 2003. Zmiany barwy produktów żywnościowych podczas przygotowania potraw [w: *Podstawy technologii gastronomicznej*]. Red. S. Zalewski, Warszawa, WNT.
- Dłużewska E., Bednarek P.** 2005. Wpływ wybranych czynników na stabilność β -karotenu w napojach bezalkoholowych. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 4 (2), 59–69.
- Gasik A.** 1990. Kwas askorbinowy – właściwości i zastosowanie w technologii żywności. *Przem. Spoż.* 6, 130–133.
- Giese J.** 1995. Developments in beverage additives. *Food Technol.* (49), 9, 64–72.
- Hras A.R., Hadolin M., Kenze Z.** 2000. Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with α -tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food Chem.* 71, 229–233.
- Jarczyk A., Berdowski J.B.** 1995. Przetwórstwo owoców i warzyw. Cz. I i II, Warszawa, WSiP.
- Klimczak J., Irzyniec Z., Michałowski S.** 1993. Badanie stabilności barwy nie blanszowanej kapusty brukselskiej podczas przechowywania chłodniczego. *Chłodnictwo* 3, 28–31.

- Pizzacaro F., Torreggiani D., Gilardi G.** 1993. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *J. Food Proc. Preserv.* 17, 21–30.
- PN-84/R-75358.** Ocena jakości marchwi świeżej.
- PN-91/R-75368.** Ocena jakości pomidorów świeżych.
- PN-90/A-75101/12.** Oznaczanie zawartości karotenoidów.
- PN-EN 12823-2.** Oznaczanie zawartości karotenoidów.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia** z 23 kwietnia 2004 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych, substancji pomagających w przetwarzaniu i warunków ich stosowania. DzU z 2004 r., nr 94, poz. 933.
- Rutkowski A.** 1996. Substancje dodatkowe w produkcji napojów bezalkoholowych. *Przem. Spoż.* 2, 16–18.
- Rutkowski A.** 1999. Dodatki w przetwórstwie owoców i warzyw. *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.* 6, 12–15.
- Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K., Czapski J., Kamiński E.** 1997. Substancje dodatkowe i składniki funkcjonalne żywności. Czeladź, Agro Food Technology.
- Wilska-Jeszka J.** 2004. Barwniki [w: *Chemia żywności*]. Red. Z.E. Sikorski, Warszawa, WNT.
- Zapotoczny P., Zielińska M.** 2005. Rozważania metodyk instrumentalnego pomiaru barwy marchwi. *Żyw. Nauka Technol. Jakość* 1 (42), 121–132.

Autorka składa serdeczne podziękowanie Panu prof. dr. hab. inż. Edwardowi Kołakowskiemu za pomoc i cenne wskazówki przy pisaniu niniejszej pracy.