

Sylwia PRZYBYLSKA, Robert IWAŃSKI, Grzegorz TOKARCZYK

WPLYW POWIETRZA I DODATKU SOLI METALI NA ZMIANY BARWY PRZECIERU POMIDOROWEGO PODCZAS STERYLIZACJI

THE INFLUENCE OF THE AIR AND METAL SALTS ADDITION ON CHANGES OF THE TOMATO PULP COLOUR DURING STERILIZATION

Katedra Technologii Żywności, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI, 71–459 Szczecin

Abstract. In this paper influence of concentration 100, 200, 300 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ and SnCl_2 and aeration process on changes colour parameters (L^* , a^* and b^*) in tomato pulps before and after 115 and 121°C sterilization has tested. A colorant concentration (lycopene) and colour has marked in sensory evaluation. The results proved that increase of temperature independently from metal salt addition and sterilization time in aired probes are the main determining colour and lycopene concentrations factors in tested tomato pulps. Marked 32% L^* and a^* parameters decreasing after sterilization process in tomato pulps with $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ and $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ addition and 40% b^* parameter increase in relation to control (without $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ and $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ addition). The 43% and 52% lycopene concentration loss in probes with $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ and $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ in tomato pulps after 121°C sterilization were marked. The influence of 100 and 200 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ SnCl_2 addition was positive in colour creating and stabilization of tomato pulps before and after sterilization. Decreasing of redness was correlated with increasing of temperature in tomato pulps after air admission.

Słowa kluczowe: barwa, pomidor, powietrze, sole metali, sterylizacja.

Key words: air, colour, metal salts, sterilization, tomato.

WSTĘP

Pomidory i przetwory pomidorowe swoją czerwoną barwę zawdzięczają likopenowi (Gould 1992; Shi i Le Maguer 2000; Fish i in. 2002). W świeżych owocach pomidora zawartość tego barwnika waha się w granicach od 0,88 do 7,74 $\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$, przy czym jest największa w okresie letnich zbiorów (Hart i Scott 1995, Tonucci i in. 1995, Clinton 1998, Rao i Agarwal 1999). Oprócz likopenu (stanowiącego 80–90%), w skład frakcji karotenoidowej pomidorów wchodzi: luteina, γ -karoten, β -karoten, fitofluen i fitoen (Jakubowski 2005). W świeżych pomidorach likopen występuje w chloroplastach w postaci kompleksu z białkiem i w tej formie jest trwały (Bouvier i in. 1988; Akhtar i in. 1999). Poddanie pomidorów rozdrabnianiu i obróbce cieplnej narusza stabilność likopenu spowodowaną procesem utleniania i zmianą konfiguracji przestrzennej (Shi i in. 1999; Marx i in. 2003). Reakcje utleniania likopenu mają charakter rodnikowy i mogą zachodzić bezpośrednio z udziałem tlenu lub w wyniku reakcji z produktami autooksydacji tłuszczu (Hutchings 1994). Czynniki

przetwarzania, takie jak: wysoka temperatura, długi czas procesu, światło, jony metali i tlen mają istotny wpływ na niszczenie likopenu. Degradacja barwnika wiąże się nie tylko ze zmianą barwy produktu, ale także wpływa na jego wartości odżywcze (Castenmiller i West 1998, Shi i in. 1999).

Celem badań było określenie wpływu powietrza i dodatku soli metali na zmiany barwy surowych i sterylizowanych przecierów pomidorowych. Założono, że pomiar obiektywnych parametrów barwy L^* , a^* i b^* pozwoli ocenić jakość badanych produktów.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły pomidory (*Lycopersicon esculentum Mill*) odmiany „Ika”, pobierane do badań w okresie letnim (2004 r.) z gospodarstwa rolno-warzywnego z okolic Szczecina.

Świeże pomidory po wstępnej ocenie jakościowej zgodnie z PN-91/R-75368 myto i lekko osuszano. Surowiec po odszypułkowaniu i usunięciu zagłębień kielichowych krojono w ćwiartki. Tak przygotowaną bazę rozdrabniano w urządzeniu „Kitchen Aid Portable Appliances” (USA) wyposażonym w przystawkę – streiner do sporządzania przecierów.

W celu wykazania zmian spowodowanych tylko procesem sterylizacji, bez ingerencji dodatkowego ogrzewania, zrezygnowano w produkcji przecieru z procesu rozparzania. Aby uniknąć jednak błędu spowodowanego działaniem naturalnych czynników powodujących utratę barwy w czasie od momentu ingerencji w surowiec do procesu termicznego (wpływ enzymów własnych pomidorów) oraz wpływu samego jonu metalu, oznaczono różnice straty likopenu w próbce bezpośrednio przed procesem sterylizacji do próbki kontrolnej bezpośrednio po przetarciu. Średnia różnica wynosiła $0,001 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Powyższą wartość uwzględniono w dalszej analizie wyników.

Na otrzymanym przecierze przeprowadzono dwa warianty badań.

I wariant: przecier, mieszany w kutromikserze „Stephan” 2 razy przez 1 min, przy maksymalnych obrotach, z dodatkiem soli metali $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ i SnCl_2 w ilości 100, 200 i $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, co odpowiadało w przeliczeniu na jony metali Fe^{2+} , Cu^{2+} i Sn^{2+} stężeniom zamieszczonym w tab. 1.

Tabela 1. Sole metali użyte w doświadczeniu w przeliczeniu na wartości jonowe
Table 1. Ion concentration in metal salts used in analysis

Sole metali Metal salts	Stężenie soli metalu i odpowiadające jej stężenie samego jonu metalu [$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$] Ion concentration in metal salts used in analysis [$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$]		
	100	200	300
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20,09 Fe^{2+}	40,17 Fe^{2+}	60,26 Fe^{2+}
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25,45 Cu^{2+}	50,90 Cu^{2+}	76,35 Cu^{2+}
SnCl_2	62,60 Sn^{2+}	125,20 Sn^{2+}	187,8 Sn^{2+}

II wariant: przecier poddany napowietrzaniu w homogenizatorze typu MPW – 302 w czasie 5 min · maks. obr.⁻¹.

Tak przygotowane próbki z każdego wariantu badano jako tzw. próbki surowe (przed sterylizacją), a pozostałe pakowano do puszek okrągłych, cylindrycznych 0,15 (Ø 99,9 mm, h 26 mm) i zamykano zamykarką rotacyjną typu AZ–1 (Polska) i poddawano sterylizacji.

Steryлизację przecierów w skali laboratoryjnej prowadzono w dwóch temperaturach: T = 115°C i 121°C, w autoklawach poziomych (o poj. komory 20l) 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 (próbki z dodatkiem soli metali), B = 45 i 60 min (próbki napowietrzane) i C = 15 min. Po sterylizacji, ochłodzone wyroby do temperatury ok. 20°C, poddawano składowaniu w temperaturze 4 ± 1°C. Próbki do analiz pobierano codziennie w czasie jednego tygodnia.

Doświadczenia dla próbek z każdym stężeniem soli metalu oraz próbek z napowietrzeniem i kontrolnych przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

W badanych przecierach oznaczano:

- barwę – metodą obiektywną na aparacie typu HunterLab, model D25, firmy Hunter Associates Laboratory, Inc (USA), wyposażonym w lampę kwarcowo-halogenową. Stosowano obserwator kolorymetryczny o polu widzenia 10°, przy geometrii układu 45°/0°. Przed każdym pomiarem aparat kalibrowano na wzorcu bieli, którego parametry stanowią punkt odniesienia wszystkich dokonywanych analiz. Pomiary parametrów barwy L*, a*, b* wykonano na próbkach o średnicy 60 mm i grubości 1,2 mm w świetle odbitym w pięciu powtórzeniach.
- barwę – metodą subiektywną (wizualną) w skali 5-punktowej, przeprowadzoną przez pięcioosobowy zespół pracowników Katedry Technologii Żywności Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, dobrze przygotowanych do realizacji tego typu zadań.
- zawartość likopenu w ekstraktach heksanowych, metodą spektrofotometryczną, zgodnie z PN–90/A–75101/12 i PN–EN 12823–2. Dla każdego rodzaju próbki (o masie 2 g) wykonano trzy ekstrakty. Pomiaru absorbancji barwnika dokonywano na aparacie „Thermo Spectronic” (Anglia) przy długości fali 470 nm. Na podstawie otrzymanych odczytów i współczynnika absorbancji E_{1%}(3450) wyliczano stężenie likopenu (mg · 100 g⁻¹) wg wzoru Daviesa (1976).

Metody statystyczne

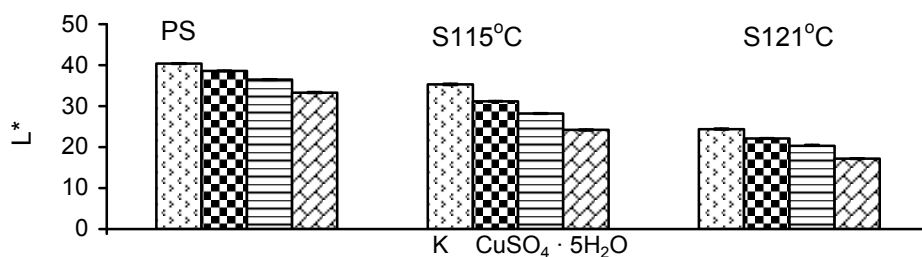
Wyniki opracowano za pomocą programów MS Office Excel[®] oraz Statistica[®] 8,0 PL (StatSoft, Inc., 2008). Istotność różnic oznaczono testem Kurskala-Walisa przy poziomie istotności p ≤ 0,05.

WYNIKI

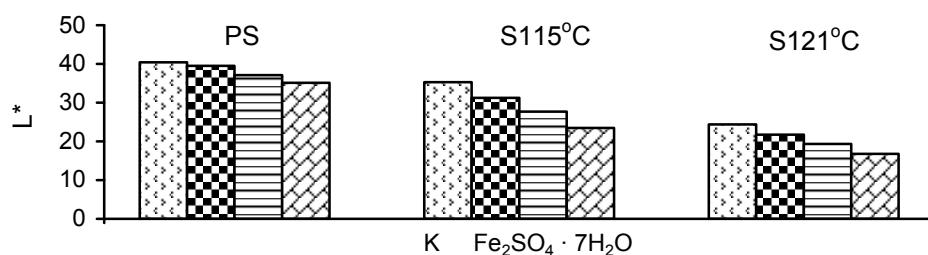
Obiektywna ocena barwy przecierów pomidorowych przed sterylizacją i po sterylizacji

W przecierze pomidorowym przed sterylizacją, bez dodatku soli metali (próbka kontrolna) parametr L^* , określający jasność barwy, wynosił 40. Po sterylizacji w temperaturze 115°C jasność barwy tego przecieru obniżyła się do 35, a w temperaturze 121°C do 24. Natomiast dodanie $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ w stężeniu 100, 200 i $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ do nieogrzewanego przecieru spowodowało spadek wartości parametru L^* odpowiednio o: 3, 9 i 17% w porównaniu z próbką kontrolną (bez dodatku $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) – rys. 1–A.

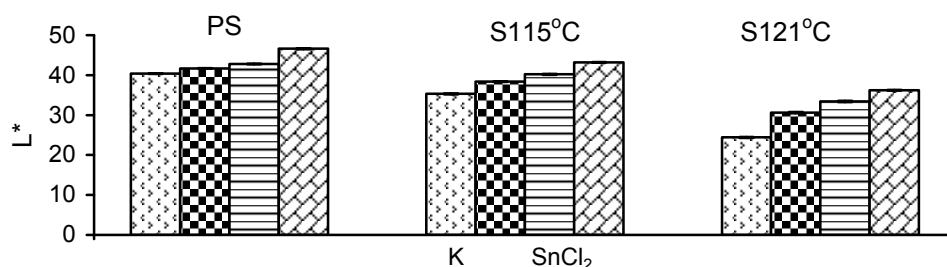
A







B



C



 K – próbka kontrolna (bez dodatku soli metali) – control sample (without metal salts addition).
 $100 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  $200 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$: próbki z dodatkiem soli metali – sample with metal salts addition.

Rys. 1. Parametr L^* przecierów pomidorowych przed sterylizacją (PS) i po sterylizacji w temperaturze 115°C (S115°C) i 121°C (S121°C) z dodatkiem soli metali $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (A), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) i SnCl_2 (C) oraz próbki kontrolnej (K) (bez dodatku tych soli metali)

Fig. 1. The L^* parameter in tomato pulps before (PS) and after sterilization in 115°C (S115°C) and 121°C (S121°C) with $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (A), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) and SnCl_2 (C) addition and control sample (K) (without $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ and SnCl_2 addition)

Po sterylizacji w temperaturze 115°C jasność barwy przecieru wraz ze wzrostem stężenia $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ obniżyła się (o 11 do 31%) w porównaniu z próbką kontrolną (bez dodatku $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ogrzewaną w takich samych warunkach. Z kolei przecier sterylizowany w temperaturze 121°C z dodatkiem $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (w stężeniu $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) charakteryzował się mniejszą o 32% wartością parametru L^* niż próbka kontrolna (bez dodatku $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ogrzewaną w takich samych warunkach. Podobną tendencję w spadku jasności barwy wykazywały przecieri pomidorowe z dodatkiem $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (rys. 1–B).

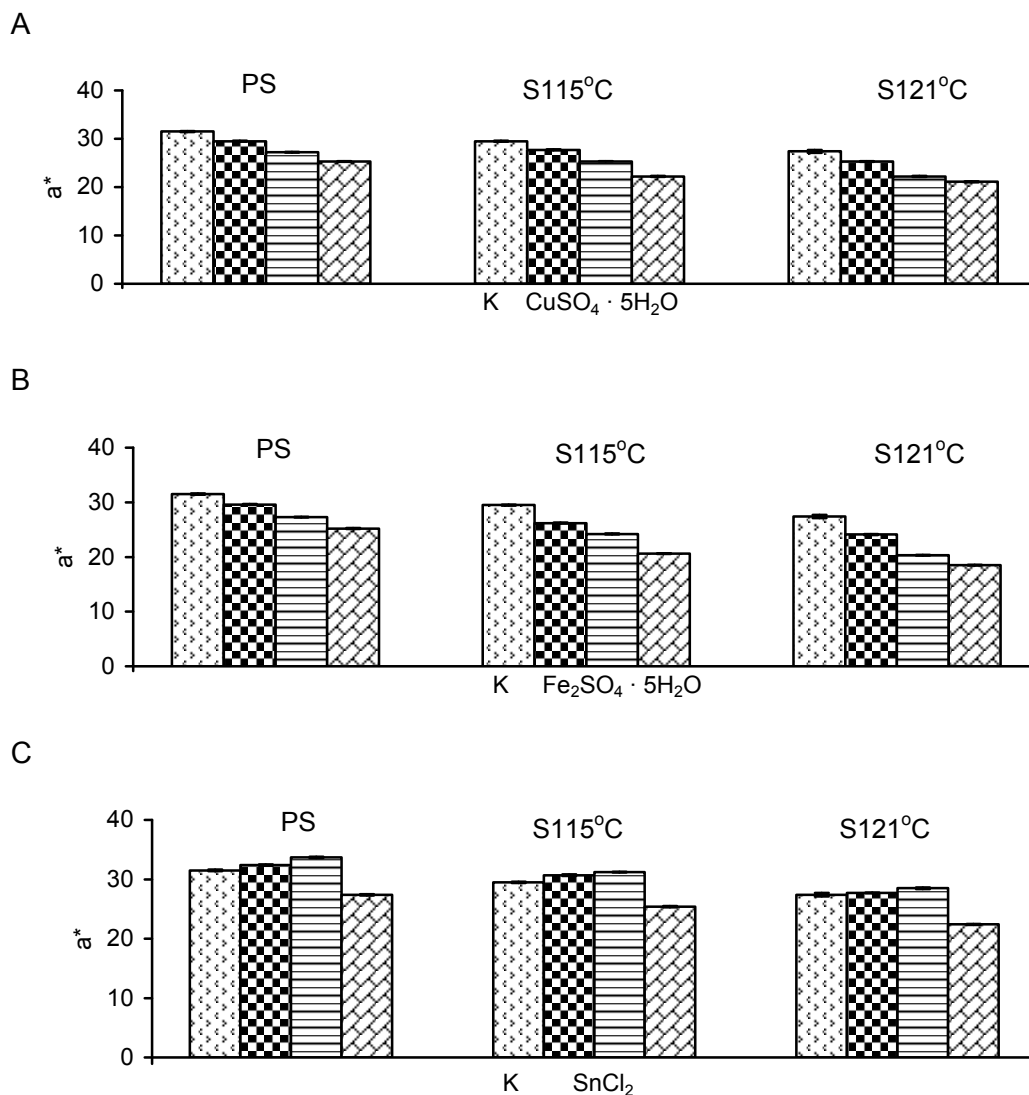
Natomiast dodatek SnCl_2 , w odróżnieniu od $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ i $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, spowodował w przecierze surowym 15-procentowy wzrost wartości parametru L^* w stosunku do nieogrzewanej próbki kontrolnej (bez dodatku SnCl_2) – rys. 1–C. Po sterylizacji przecieri z SnCl_2 wykazywały niższą jasność barwy niż próbki przed ogrzewaniem, ale dla porównania z próbką kontrolną (bez dodatku SnCl_2), ogrzewaną w takich samych warunkach, wartość parametru L^* była wyższa: o 9% (w temperaturze 115°C) i o 33% (w temperaturze 121°C).

W przypadku parametru a^* , określającego czerwość barwy, wartość dla próbki kontrolnej (bez dodatku soli metali) wynosiła 32 przed sterylizacją, a po ogrzewaniu w temperaturze 115 i 121°C obniżyła się odpowiednio: o 9 i 16%. Natomiast w przecierze surowym z dodatkiem $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ parametr a^* przyjmował wartości od 29 do 25 (rys. 2–A).

Po sterylizacji w temperaturze 115 i 121°C przecieri z $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ wykazywały o 25% niższą czerwość barwy w porównaniu z próbką kontrolną (bez dodatku $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ogrzewaną w takich samych warunkach. Dodanie $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ przed sterylizacją do przecieru spowodowało również podobny, jak przy dodatku $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 22-procentowy spadek czerwości barwy w stosunku do próbki kontrolnej (bez dodatku $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) – rys. 2–B.

W przecierach sterylizowanych w temperaturze 115°C z $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ wartość parametru a^* kształtowała się w zakresie od 26 do 21, co odpowiadało niższej o 14 do 30% wartości tego parametru w porównaniu z próbką kontrolną (bez dodatku $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), ogrzewaną w takich samych warunkach. Z kolei w próbkach sterylizowanych w temperaturze 121°C z $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ straty w czerwości barwy wynosiły 32%.

W przeciwieństwie do $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ i $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, które podobnie wpływały na spadek czerwości barwy, dodatek SnCl_2 w stężeniu 100 i $200 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ spowodował nieznaczny jej wzrost w stosunku do nieogrzewanej próbki kontrolnej (bez dodatku SnCl_2) – rys. 2–C. Przy wyższym stężeniu ($300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) SnCl_2 nie zwiększał już czerwości barwy przecieru, a spowodował jej spadek. Podobną tendencję zmian parametru a^* obserwowano w próbkach z dodatkiem SnCl_2 po procesie sterylizacji. W tym przypadku wartość parametru a^* w przecierach z SnCl_2 w stężeniu 100 i $200 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ zmniejszyła się po ogrzewaniu w temperaturach: 115°C o 8%, a w 121°C o 15% w stosunku do próbek surowych z jej dodatkiem. Dla porównania czerwość barwy przecierów z SnCl_2 (w stężeniu 100 i $200 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) była o 9% wyższa niż próbki kontrolnej (bez dodatku SnCl_2) ogrzewanych w takich samych warunkach. Natomiast przy dodatku SnCl_2 (w stężeniu $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) przecier po sterylizacji charakteryzował się o 15% niższą wartością parametru a^* niż próbka kontrolna (bez jego dodatku).



■ K – próbka kontrolna (bez dodatku soli metalu) – control sample (without metal salts addition).

■ 100 µg · g⁻¹ ■ 200 µg · g⁻¹ ■ 300 µg · g⁻¹: próbki z dodatkiem soli metalu – sample with metal salts addition.

Rys. 2. Parametr a^* przecierów pomidorowych przed sterylizacją (PS) i po sterylizacji w temperaturze 115°C (S115°C) i 121°C (S121°C) z dodatkiem soli metali $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (A), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) i SnCl_2 (C) oraz próbki kontrolnej (K) (bez dodatku tych soli metali)

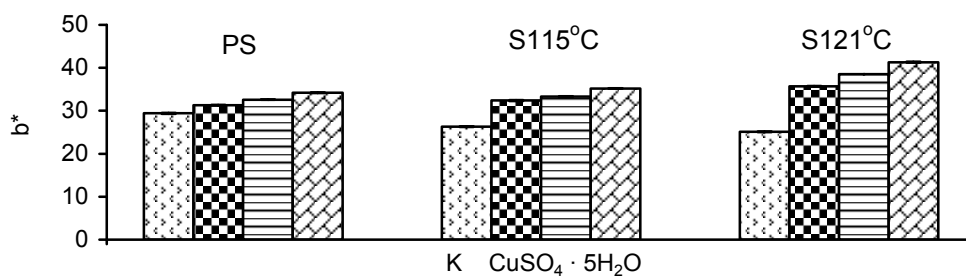
Fig. 2. The a^* parameter in tomato pulps before (PS) and after sterilization in 115°C (S115°C) and 121°C (S121°C) with $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (A), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) and SnCl_2 (C) addition and control sample (K) (without $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (A), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) and SnCl_2 (C) addition)

W przypadku parametru b^* , określającego żółtość barwy, zauważono, że wzrost stężenia $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ i $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ spowodował w przecierach nieogrzewanych zwiększenie jego wartości o 15% w stosunku do próbki kontrolnej (bez dodatku soli metali) – rys. 3–A, B.

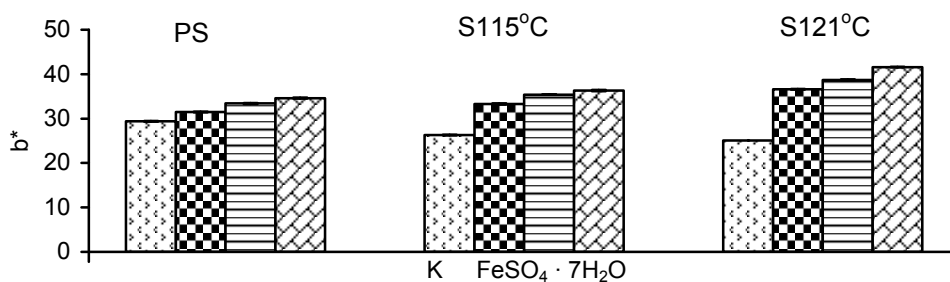
Uwzględniając proces obróbki termicznej, przecierzy ogrzewane w temperaturze 115 i 121°C z dodatkiem $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ i $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ wykazywały odpowiednio wyższą o: 28 i 40% wartość parametru b^* w porównaniu z próbką kontrolną sterylizowaną w takich samych warunkach. Odwrotny wpływ na wartość parametru b^* miał dodatek SnCl_2 (rys. 3–C).

Zastosowany w przecierach SnCl_2 , wraz ze wzrostem stężenia spowodował obniżenie parametru b^* (średnio o 8%) w stosunku do próbki kontrolnej (bez dodatku SnCl_2). Po sterylizacji przeciery z SnCl_2 charakteryzowały się również nieznacznym spadkiem żółtości barwy zarówno w stosunku do próbki kontrolnej (bez dodatku SnCl_2), jak i próbek nieogrzewanych z jego dodatkiem.

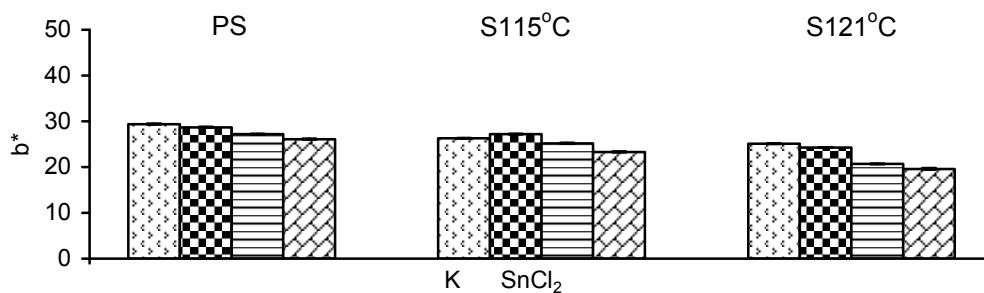
A



B



C



☐ K – próbka kontrolna (bez dodatku soli metalu) – control sample (without metal salts addition).

▣ 100 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ▤ 200 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ▥ 300 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$: próbki z dodatkiem soli metalu – sample with metal salts addition.

Rys. 3. Parametr b^* przecierów pomidorowych przed sterylizacją (PS) i po sterylizacji w temperaturze 115°C (S115°C) i 121°C (S121°C) z dodatkiem soli metali $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (A), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) i SnCl_2 (C) oraz próbki kontrolnej (K) (bez dodatku tych soli metali)

Fig. 3. The b^* parameter in tomato pulps before (PS) and after sterilization in 115°C (S115°C) and 121°C (S121°C) with $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (A), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) and SnCl_2 (C) addition and control sample (K) (without $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (A), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) and SnCl_2 (C) addition)

Badając, poza solami metali, kolejny czynnik – proces napowietrzania przecierów pomidorowych – stwierdzono istotny jego wpływ na obiektywne wskaźniki barwy (L^* , a^* , b^*)

zarówno przed, jak po procesie sterylizacji. W przypadku napowietrzanej, nieogrzewanej próbki kontrolnej (KI) wartość parametru L^* zwiększyła się o 10% w stosunku do próbki bez napowietrzania (K) – tab. 2. W wyniku obróbki termicznej wraz z czasem i temperaturą sterylizacji jasność barwy malała we wszystkich próbkach. Największy spadek wartości parametru L^* o 62% w stosunku do próbki kontrolnej (K) wykazywał przecier napowietrzony, sterylizowany w temperaturze 121°C w czasie 60 min.

Tabela 2. Średnie parametry barwy (wraz z odchyleniami standardowymi) w przecierach bez napowietżenia i napowietrzonych przed i po sterylizacji

Table 2. Means values (with standard deviation) of the colour parameters in tomato pulp with and without air admission before and after sterilization

Parametry barwy Colour parameters	Przecier bez napowietrzania Without air admission pulp					Przecier napowietrzony After air admission pulp				
	K	sterylizacja – sterilization				KI	sterylizacja – sterilization			
		115°C		121°C			115°C		121°C	
	czas sterylizacji – sterilization time [min]									
	0	45	60	45	60	0	45	60	45	60
L^*	40,6 ^a	33,2	30,3	22,4	19,1	45,2	40,5 ^a	27,3	20,3	15,3
	±0,10	±0,10	±0,20	±0,17	±0,10	±0,10	±0,15	±0,15	±0,12	±0,10
a^*	32,5	28,3	26,2	24,1	21,2	29,3	23,5	18,3	15,0	13,2
	±0,06	±0,06	±0,10	±0,06	±0,12	±0,20	±0,06	±0,10	±0,06	±0,06
b^*	30,5 ^a	27,3	24,2	23,1	20,2	35,2	30,2 ^a	25,3	22,2	17,2
	±0,06	±0,06	±0,10	±0,06	±0,10	±0,06	±0,10	±0,15	±0,12	±0,10

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

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

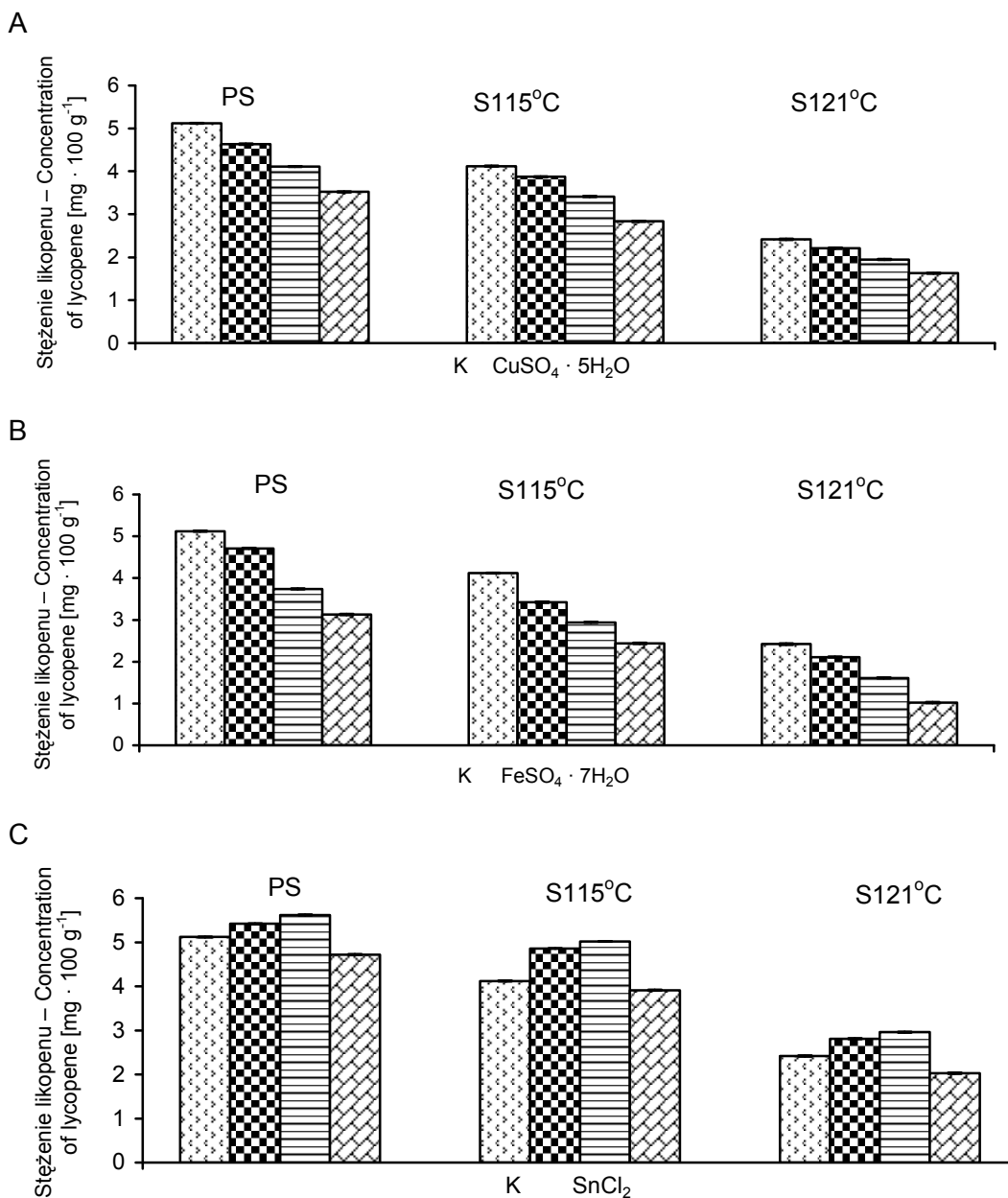
K – próbka kontrolna przed sterylizacją bez napowietrzania – control sample before sterilization without air admission.

KI – próbka kontrolna przed sterylizacją po napowietrzaniu – control sample before sterilization after air admission.

Podobną tendencję zmian, jak w przypadku jasności barwy, zauważono analizując parametr b^* . W napowietrzonym przecierze, przed sterylizacją (KI), żółtość barwy była wyższa o 13% niż w próbce bez napowietrzania (K). Po sterylizacji natomiast przecier napowietrzony wykazywały spadek parametru b^* . Najmniejszą wartość żółtości barwy uzyskano dla najdłuższej trwającej obróbki termicznej (17,2), chociaż średnie wartości sukcesywnie malały po każdym etapie ogrzewania w zakresie od 15 do 51% (próbki napowietrzane w stosunku do KI). Wraz ze wzrostem temperatury i czasem sterylizacji malała również czerwoność barwy przecierów. W przypadku napowietrzonych próbek ogrzewanych, średni spadek wartości parametru a^* w stosunku do próbki K (nieogrzewanej, bez napowietrzania) wynosił od 28 do 60%.

Stężenie likopenu w przecierach pomidorowych przed sterylizacją i po sterylizacji

W surowym przecierze pomidorowym (bez dodatku soli metali), stanowiącym próbkę kontrolną, stężenie likopenu wynosiło $5,12 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Po sterylizacji w temperaturze 115°C stężenie barwnika obniżyło się do $4,12 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a w temperaturze 121°C do $2,42 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Dodanie $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ w ilości 100, 200 i $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ do przecieru nieogrzewanego spowodowało zmniejszenie stężenia likopenu z wartości $5,12 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (próbka kontrolna) odpowiednio do: 4,63; 4,11 i $3,52 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (rys. 4–A).



▤ K – próbka kontrolna (bez dodatku soli metali) – control sample (without metal salts addition).

▣ $100 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ▤ $200 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ▥ $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$: próbki z dodatkiem soli metali – sample with metal salts addition.

Rys. 4. Stężenie likopenu w przecierach pomidorowych przed sterylizacją (PS) i po sterylizacji w temperaturze 115°C (S115°C) i 121°C (S121°C) w czasie 30 min z dodatkiem soli metali $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (A), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) i SnCl_2 (C) oraz próbki kontrolnej (K) (bez dodatku tych soli metali)

Fig. 4. Lycopene concentration in tomato pulps before (PS) and after sterilization in 115°C/30 min (S115°C) and 121°C/30 min (S121°C) with $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) and SnCl_2 (C) addition and control sample (K) (without $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (B) and SnCl_2 (C) addition)

W przypadku próbek sterylizowanych wzrost stężenia $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ oraz temperatura spowodowały dalsze straty barwnika. Przeciery ogrzewane z $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ wykazywały istotny statystycznie 32-procentowy spadek stężenia likopenu w temperaturze 115°C i 34-procentowy

w temperaturze 121°C w porównaniu z próbką kontrolną (bez dodatku $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ogrzewaną w takich samych warunkach. Stwierdzono, że $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (w ilości $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) istotnie wpływał na zmiany stężenia likopenu w odniesieniu do próbki kontrolnej niż mniejsze jego dawki – przeciwnie było przy mniejszych jego dawkach.

Podobny spadek stężenia likopenu w przecierach nieogrzewanych z $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ obserwowano w przypadku $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (rys. 4–A, B). Natomiast w próbkach przed sterylizacją dodatek $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ w ilości 100, 200 i $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ spowodował obniżenie stężenia barwnika odpowiednio o: 8, 27 i 38% w porównaniu z próbką kontrolną (bez dodatku $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

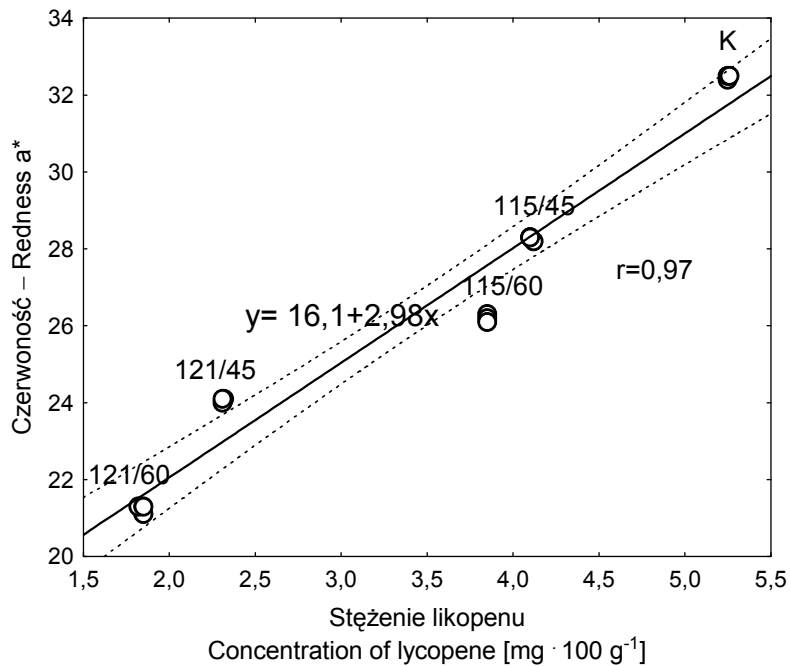
W wyniku ogrzewania w temperaturze 115°C stężenie likopenu w przecierach z $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ zmniejszyło się o 41%, a w temperaturze 121°C o 58% w stosunku do próbek kontrolnych (bez dodatku $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). W przecierach sterylizowanych w temperaturze 121°C wzrost $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ze 100 do $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ obniżył stężenie barwnika o około 52%, podczas gdy $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ o 27%.

W odróżnieniu od $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ i $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dodatek SnCl_2 w stężeniu 100 i $200 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ spowodował podwyższenie stężenia likopenu w przecierach nieogrzewanych o 8% w porównaniu z próbką kontrolną (bez dodatku SnCl_2) – rys. 4–C.

Zwiększenie natomiast SnCl_2 do $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ wpłynęło na obniżenie stężenia barwnika. Zauważono, że zastosowany SnCl_2 w takiej dawce działał negatywnie na barwnik pomidora, co potwierdziły jego 8-procentowe straty w przecierach przed sterylizacją w stosunku do próbki kontrolnej (bez jego dodatku). Po ogrzewaniu w temperaturze 115 i 121°C przecieri z SnCl_2 w stężeniu 100–200 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ charakteryzowały się mniejszym stężeniem likopenu jak przed procesem sterylizacji. W przypadku próbek sterylizowanych z SnCl_2 w ilości 100–200 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ stwierdzono o 18% wyższe stężenie likopenu w porównaniu z ogrzewaną próbką kontrolną (bez dodatku SnCl_2). Natomiast w przecierach ogrzewanych w temperaturach 115 i 121°C z SnCl_2 w stężeniu 300 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ stężenie barwnika obniżyło się odpowiednio o 5 i 17% w stosunku do sterylizowanej próbki kontrolnej (bez dodatku SnCl_2).

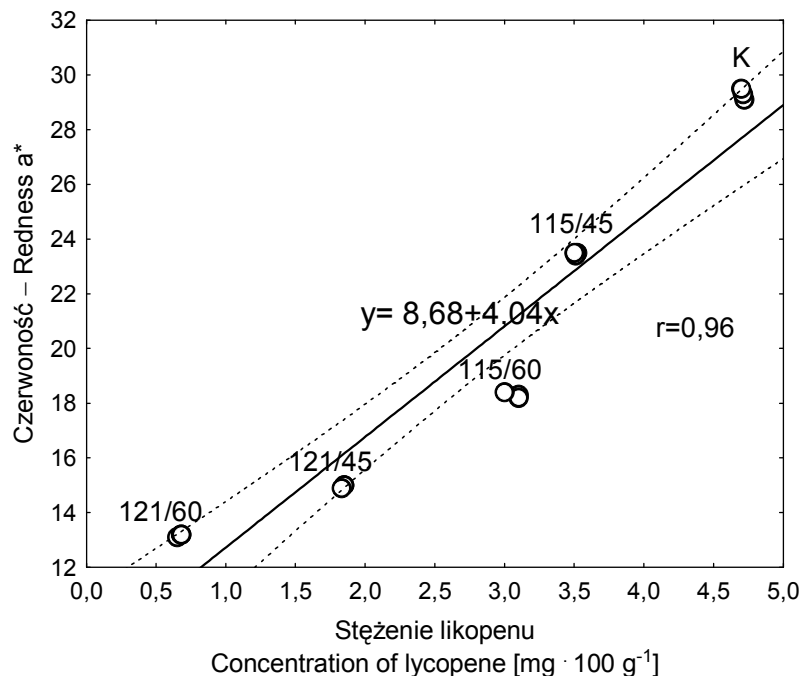
Rozpatrując z kolei stężenie likopenu w przecierach bez napowietrzenia i z napowietrzeniem zauważono, że wzrost czasu i temperatury sterylizacji miał istotny wpływ na obniżenie stabilności barwnika. W napowietrzonym przecierze pomidorowym, przed ogrzewaniem stężenie likopenu było o 10% niższe w porównaniu z próbką kontrolną (bez napowietrzania). W wyniku obróbki termicznej stężenie barwnika w próbkach napowietrzonych obniżyło się z $4,71 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (przed sterylizacją) do $0,67 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (po sterylizacji). Przecieri bez napowietrzenia, po obróbce termicznej charakteryzowały się o 65% niższym stężeniem likopenu w porównaniu z próbką kontrolną (przed ogrzewaniem), podczas gdy próby napowietrzone wykazywały jeszcze większy 87-procentowy jego spadek.

Wyznaczone korelacje między stężeniem likopenu w próbkach bez napowietrzenia i z napowietrzeniem a czerwonością barwy pozwoliły potwierdzić zależność jednej zmiennej (X) od drugiej (Y). Na przedstawionych wykresach można zauważyć, że spadek czerwoności barwy w przecierach był wysoko skorelowany (0,96 i 0,97) z obniżeniem stężenia likopenu (rys. 5 i 6).



K – próbka kontrolna (przed sterylizacją) – controls sample (before sterilization);
 115, 121 – temperatura sterylizacji – temperature sterilization;
 45, 60 – czas sterylizacji – time sterilization.

Rys. 5. Zależność między stężeniem likopenu (X) a czerwonoscą barwy (Y) w przecierach pomidorowych (bez napowietrzenia) przed (K) i po sterylizacji w temperaturze 115°C i 121°C przez 45 i 60 min
 Fig. 5. Correlation between lycopene content (X) and the colour redness of (Y) in tomato pulps (without air admission) before (K) and after 115°C/45 and 60 min and 121°C/45 and 60 min sterilization



K – próbka kontrolna (przed sterylizacją) – controls sample (before sterilization);
 115, 121 – temperatura sterylizacji – temperature sterilization;
 45, 60 – czas sterylizacji – time sterilization.

Rys. 6. Zależność między stężeniem likopenu (X) a czerwonoscą barwy (Y) w przecierach pomidorowych (napowietrzonych) przed (K) i po sterylizacji w temperaturze 115 i 121°C przez 45 i 60 min
 Fig. 6. Correlation between lycopene content (X) and the colour redness (Y) in tomato pulps (after air admission) before (K) and after 115°C/45 and 60 min and 121°C/45 and 60 min sterilization

Ocena sensoryczna barwy przecierów przed sterylizacją i po sterylizacji

Wyniki oceny sensorycznej skorelowane były z rezultatami analizy zmian barwy badanych prób. Głównym wyznacznikiem była czerwoność, co w ocenie konsumenckiej określano jako czerwona – typowa, czerwona – intensywna. W wyniku zastosowanego procesu sterylizacji stwierdzono spadek intensywności barwy z czerwonej – intensywnej, charakterystycznej dla obecności likopenu nie poddanego działaniu ciepła, w kierunku barwy ciemnobrunatnej. Jedynie dodatek SnCl_2 spowodował utrzymanie barwy czerwonej w temperaturze 115°C. Analizując zmiany barwy z punktu statystycznego, w grupach tego samego dodatku wykazano, że intensywność barwy ulegała istotnemu pogorszeniu po zastosowaniu obróbki w 121°C dla SnCl_2 i $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, a w przypadku dodania $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ stwierdzono zmiany istotne zarówno w temperaturze 115°C, jak i 121°C. W grupach dla tej samej temperatury procesu stwierdzono, że dodatek SnCl_2 różnił się istotnie od pozostałych we wszystkich badanych temperaturach obróbki cieplnej, jak i bezpośrednio po dodaniu przed procesem sterylizacji.

W przypadku próbek bez napowietrzenia i z napowietrzeniem stwierdzono statystycznie istotne ($\alpha = 0,05$) różnice w wizualnej ocenie barwy wraz z czasem i temperaturą sterylizacji. W próbkach napowietrzonych wyraźnie pogłębiał się udział barwy brunatnej, kosztem zaniku barwy czerwonej, typowej dla produktu.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Utrzymanie właściwej barwy przetworzonych produktów roślinnych jest czynnikiem determinującym atrakcyjność danego wyrobu na rynku konsumenckim. W przypadku przydatności technologicznej pomidorów do przetwórstwa decydującym kryterium jest zawartość likopenu. Likopen, podobnie jak inne naturalnie występujące w przyrodzie barwniki, jest szczególnie podatny na działanie wysokiej temperatury oraz procesów oksydacyjnych. Niezbędne w nowoczesnej technologii produkcji zabiegi rozdrabniania, mieszania oraz cięcia potęgują procesy degradacyjne barwników, przyczyniając się do obniżenia jakości wyrobów końcowych.

W niniejszej pracy określono wpływ dwóch zabiegów technologicznych: dodatku soli metali ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, SnCl_2) oraz procesu napowietrzania na zmiany podstawowych składowych barwy. Obowiązujące przepisy plasują chlorek cyny (E 512) na pozytywnej liście dodatków w grupie środków pomocniczych, przypisując mu określenie przeciwutleniacza i stabilizatora barwy (Rozporządzenie Ministra Zdrowia 2004). Zgodnie z powyższym rozporządzeniem chlorek cyny dodawany jest do białych szparagów przetwarzanych na konserwy w maksymalnej dawce $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Według PN-A-77606, zawartość jonów cyny w przecierach pomidorowych, pakowanych w opakowania metalowe, nie powinna być wyższa niż $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Z kolei zdaniem FAO/WHO maksymalny poziom cyny w żywności w puszkach nie powinien być wyższy niż $250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Codex Alimentarius

Commission 2001). Uwzględniając powyższe wytyczne, można przyjąć, że dodatek jonów cyny stosowany w stężeniu 63 i 125 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ w niniejszych badaniach jest w pełni bezpieczny z punktu widzenia zdrowia konsumenta. Jeżeli chodzi o stężenie pozostałych soli metali ich użycie w badaniach miało charakter czysto eksperymentalny, jako element porównawczy.

Jak podaje Gould (1983) oraz Thakur i in. (1996), głównymi czynnikami przyspieszającymi utlenianie produktów pomidorowych są: obecność tlenu, wysoka aktywność wody, temperatura, obecność jonów metali (miedź, żelazo) oraz niestabilność obecnych antyoksydantów i lipidów. Monselise i Berck (1954) wykazali, że główną przyczyną degradacji likopenu w produkcji przecieru pomidorowego był tlen, który powodował 30-procentowe straty w procesie ogrzewania (w temperaturze 100°C), podczas gdy w obecności CO₂ straty wynosiły jedynie 5%. Doświadczenia przeprowadzone przez Kenta i Poretta (1990) potwierdziły również, że proces utleniania może zachodzić gwałtownie przy ekstrakcji soku pomidorowego, co było wynikiem wystawienia jego dużej powierzchni na działanie tlenu i jonów metali. Sharma i Le Maquer (1996) stwierdzili, że wysoka temperatura, powietrze i światło miały szczególny wpływ na degradację likopenu w pulpach pomidorowych. Cole i Kapur (1975b) zaobserwowali natomiast 25-procentowe straty likopenu w obecności tlenu i jedynie 5 do 8% przy CO₂ w ogrzewanych (przez dwie godziny) pulpach pomidorowych w temperaturze 100°C.

Zastosowane w przecierach pomidorowych dodatki soli metali oraz proces napowietrzania spowodowały istotne zmiany w barwie oraz w zawartości likopenu. W przypadku CuSO₄ · 5H₂O i FeSO₄ · 7H₂O zmiana barwy próbek była tym intensywniejsza im wyższe było ich stężenie i temperatura obróbki termicznej. W przecierach napowietrzanych, oprócz temperatury sterylizacji, barwę i zawartość likopenu różnicował wydłużony czas trwania procesu.

Dodanie CuSO₄ · 5H₂O w stężeniu 300 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ do przecieru nieogrzewanego spowodowało obniżenie jego jasności barwy o 17% w stosunku do próbki kontrolnej (bez dodatku CuSO₄ · 5H₂O). Dla porównania ten sam przecier, ale po procesie sterylizacji (w temperaturze 121°C) charakteryzował się jeszcze niższą o 32% wartością L*.

Podobną tendencję zmian w parametrze L* wykazywały przecieri z dodatkiem FeSO₄ · 7H₂O. W przypadku parametru a* jego wartość w przecierze z CuSO₄ · 5H₂O, po sterylizacji w temperaturze 115 i 121°C, była o 25% niższa niż w próbce kontrolnej (bez dodatku CuSO₄ · 5H₂O) ogrzewanej w takich samych warunkach. Natomiast w przecierach z FeSO₄ · 7H₂O czerwoność barwy zmniejszyła się o 30 i 32%. Uwzględniając wartości parametru b*, stwierdzono, że w badanych przecierach z dodatkiem CuSO₄ · 5H₂O i FeSO₄ · 7H₂O parametr ten uległ największym zmianom po obróbce termicznej. Przeciery ogrzewane w temperaturze 115°C i 121°C z dodatkiem tych soli metali wykazywały wyższą żółtość barwy, odpowiednio o: 28% i 40% w porównaniu z próbką kontrolną (bez dodatku CuSO₄ · 5H₂O i FeSO₄ · 7H₂O), ogrzewaną w takich samych warunkach. Uzyskane dane eksperymentalne potwierdzają

znane z literatury negatywne działanie jonów Cu^{2+} i Fe^{2+} (Shi i in. 1999) na barwę przecierów pomidorowych, przejawiającą się spadkiem jasności i czerwoności barwy kosztem wzrostu jej żółtości.

Poza niekorzystnymi zmianami barwy przecierów pomidorowych, jony Cu^{2+} i Fe^{2+} powodowały obniżenie stężenia likopenu, co potwierdza ich prooksydacyjne działanie na badany barwnik (Czarnecka-Skubina i Sałek 2003). Dla porównania wzrost $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ze 100 do $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ zmniejszył stężenie likopenu w przecierach sterylizowanych w temperaturze 121°C o 52%, podczas gdy $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ o 26%. Otrzymane straty w stężeniu barwnika pozwoliły stwierdzić, że mocniejszy wpływ na degradację barwnika wykazywał $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ niż $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, jednakże ze statystycznego punktu widzenia działanie obu soli metali było podobne.

W odróżnieniu od $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ i $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ inny wpływ na obiektywne parametry barwy i stężenie likopenu wykazywał dodatek SnCl_2 . Przeciery sterylizowane z dodatkiem SnCl_2 charakteryzowały się niższą jasnością barwy niż próbki nieogrzewane, ale wyższą o 9% (w temperaturze 115°C) i o 33% (w temperaturze 121°C) w porównaniu do próbki kontrolnej (bez dodatku SnCl_2) ogrzewanej w takich samych warunkach. W przypadku parametru a^* przeciery przed sterylizacją z SnCl_2 w stężeniu 100 i $200 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ wykazywały nieznaczny jego wzrost w stosunku do nieogrzewanej próbki kontrolnej (bez dodatku SnCl_2). Przy wyższym stężeniu ($300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) dodatek SnCl_2 nie powodował już wzrostu tylko spadek czerwoności barwy przecieru. Podobny przebieg zmian w parametrze a^* wraz ze wzrostem stężenia SnCl_2 wykazywały próbki po obróbce termicznej. Wartość parametru a^* w przecierach sterylizowanych z SnCl_2 (w stężeniu 100 i $200 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) obniżyła się o 8 i 15% w porównaniu z próbkami nieogrzewanymi (z dodatkiem SnCl_2). Stwierdzono również, że sterylizowane przeciery z SnCl_2 wykazywały o 9% mniejsze straty w czerwoności barwy niż próbka kontrolna (bez dodatku SnCl_2). Natomiast w przecierach z SnCl_2 w stężeniu $300 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ wartość parametru a^* była o 15% niższa niż w próbce kontrolnej (bez dodatku SnCl_2) ogrzewanej w takich samych warunkach. W przypadku parametru b^* wzrost stężenia dodatku SnCl_2 spowodował w przecierach nieogrzewanych spadek jego wartości o 8% w stosunku do próbki kontrolnej (bez dodatku SnCl_2). Po obróbce termicznej przeciery z dodatkiem SnCl_2 charakteryzowały się również nieznacznym obniżeniem żółtości barwy.

Uwzględniając przebieg zmian obiektywnych parametrów barwy w przecierach z SnCl_2 (w ilości 100– $200 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$), stwierdzono dużą skuteczność tego dodatku na trwałość barwy produktu zarówno przed, jak i po procesie sterylizacji. Jony cyny w przyjętym zakresie stężeń 63 i $125 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, oprócz stabilizowania barwy, ochronnie działały na likopen. W przecierach nieogrzewanych dodatek jonów Sn^{2+} w tych stężeniach spowodował podwyższenie stężenia barwnika o około 8% w porównaniu z próbką kontrolną (bez dodatku jonów Sn^{2+}). Zwiększenie jonów cyny do $188 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ nie wpływało już pozytywnie na stabilność barwnika, co potwierdzają 8-procentowe jego straty w przecierach nieogrzewanych w porównaniu z próbką kontrolną (bez dodatku jonów cyny).

Po sterylizacji przeciery z dodatkiem jonów cyny w stężeniu 63 i 125 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ charakteryzowały się mniejszym stężeniem likopenu niż przed obróbką termiczną. Jednak w porównaniu z ogrzewaną próbką kontrolną (bez dodatku jonów cyny) przeciery z dodatkiem tych jonów wykazywały średnio o 18% wyższą zawartość likopenu. Podwyższenie stężenia likopenu w przecierach pomidorowych było tak charakterystyczne, iż można stwierdzić, że jony cyny mogą być wykorzystane nie tylko jako czynnik redukujący w cieplnej hydrolizie białek (Alexander i in. 1966), ale również jako antyoksydant karotenoidów poddanych obróbce termicznej. Przy wyższym stężeniu 188 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ jony Sn^{2+} spowodowały w przecierach sterylizowanych w temperaturze 121°C obniżenie stężenia barwnika o 17% w porównaniu z ogrzewaną próbką kontrolną w takich samych warunkach. Można zatem przypuszczać, że zbyt wysokie stężenia jonów cyny mogły z kolei inicjować procesy oksydacyjne likopenu, z czym wiązały się zmiany barwy i straty jego stężenia w badanych przecierach.

Badanie, poza solami metali, wpływu procesu napowietrzania pozwoliło potwierdzić negatywny jego wpływ na barwę wyrobu i degradację likopenu. Największym spadkiem wartości parametru L^* o 62% w stosunku do próbki kontrolnej (K) charakteryzował się przecier napowietrzony, sterylizowany w temperaturze 121°C w czasie 60 min. Podobną tendencję zmian obserwowano w parametrze a^* i b^* , których wartości po sterylizacji obniżyły się odpowiednio o 60 i 51% w porównaniu z próbką kontrolną.

Natomiast stężenie barwnika w napowietrzonym przecierze pomidorowym przed ogrzewaniem było o 10% niższe w porównaniu z próbką kontrolną (bez napowietrzania). W wyniku obróbki termicznej stężenie barwnika w próbce napowietrzanej obniżyło się z 4,71 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (przed ogrzewaniem) do 0,67 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (po ogrzewaniu). Przeciery bez napowietrzania po sterylizacji wykazywały o 65% niższe stężenie likopenu niż próba kontrolna (przed ogrzewaniem), podczas gdy próbki napowietrzane charakteryzowały się większym 87-procentowym jego spadkiem. Straty barwnika w przecierach bez napowietrzania i z napowietrzeniem korelowały z obniżeniem czerwoności barwy.

WNIOSKI

1. Zastosowane sole metali $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ i $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ powodują pogorszenie barwy produktu (spadek parametru L^* i a^* oraz zwiększenie b^*) wraz ze wzrostem stężenia i temperaturą obróbki cieplnej.
2. Wysokie straty w stężeniu likopenu do 62%, przy dodatku $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ i do 26% przy dodatku $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, potwierdzają ich prooksydacyjne działanie na badany barwnik.
3. Dodatek SnCl_2 w ilościach 100 i 200 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ korzystnie wpływa na składowe barwy (L^* , a^* i b^*) oraz stabilność likopenu zarówno przed, jak i po ogrzewaniu. Przy wyższym stężeniu 300 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ dodatek nie wykazuje już działania pozytywnego.
4. Wizualna ocena barwy umożliwiła stwierdzenie, że jedynie SnCl_2 pozwala efektywnie utrzymać czerwoność w barwie produktu, który poddano procesowi sterylizacji.

5. Proces napowietrzania przecieru wpływa degradacyjnie na barwę oraz stabilność likopenu we wszystkich analizowanych przypadkach.
6. W próbach napowietrzonych wzrost czasu i temperatury sterylizacji powodują spadek jasności i czerwoności barwy średnio o około 60%, a parametru b^* o 51% w stosunku do nienapowietrzanej próby kontrolnej (bez ogrzewania).
7. Straty likopenu w przecierach bez napowietrzania i z napowietzeniem są wysokokorelowane z obniżeniem czerwoności barwy.

PODZIĘKOWANIE

Autorzy składają serdeczne podziękowania Panu prof. dr. hab. inż. Edwardowi Kołakowskiemu za pomoc i cenne wskazówki przy pisaniu niniejszej pracy.

PIŚMIENNICTWO

- Akhtar M.S., Goldschmidt E.F., John I., Rodoni S., Matile P., Grieson D.** 1999. Altered patterns of senescence and ripening in *gf*, a stay-green mutant of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). J. Exp. Bot. 50, 1115–1122.
- Alexander P., Lundgren H.P.** 1966. A Laboratory Manual of Analytical Methods of Protein Chemistry. Pergamon Press LTd. Oxford, London–Toronto–New York–Paris–Frankfurt.
- Bouvier F., Backhaus R.A., Camara B.** 1998. Induction and control of chromoplast specific carotenoid genes by oxidative stress. J. Biol. Chem. 273, 30651–30659.
- Castenmiller J.J.M., West C.E.** 1998. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. Ann. Rev. Nutr. 18, 19–38.
- Clinton S.K.** 1998. Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease. Nutr. Rev. 56, 35–51.
- Codex Alimentarius Commission – Procedural Manual.** 2001. Foods and Agriculture Organization of the UN/World Health Organization. Microchim. Acta 141 (2003), 149–155.
- Cole E.R., Kapur N.S.** 1975. The stability of lycopene. II. Oxidation during heating of tomato pulps. J. Sci. Food Agric. 8, 366–368.
- Czarnecka-Skubina E., Salek M.** 2003. Zmiany barwy produktów żywnościowych podczas przygotowania potraw. [w: Podstawy Technologii Gastronomicznej]. Red. S. Zalewski. WNT, Warszawa.
- Davies B.H.** 1976. Chemistry and biochemistry of plant pigments. Academic Press, London, New York–San Francisco, 2.
- Fish W.W., Perkins-Veazie P., Collins J.K.** 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. J. Food Comp. Anal. 15, 309–317
- Gould W.A.** 1983. Tomato Production. Processing and Quality Evaluation. 2nd ed. Westport, AVI Publishing, Connecticut.
- Gould W.V.** 1992. Tomato Production. Processing and Technology. CTI Publications, Baltimore.
- Hart D.J., Scott K.J.** 1995. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. Food Chem. 54, 101–111.
- Hutchings J.B.** 1994. Food colour and appearance. Blackie Academic & Professional Londyn, 375–390.

- Jakubowski A.** 2005. Likopen – prozdrowotny barwnik pomidorów. *Przem. Ferment. Owoc.-Warz.* 5, 25.
- Kent M., Poretta M.** 1990. Standardization of the measurement of tomato paste color using a new color reference tile. *Industria Converse* 65, 9–16.
- Marx M., Stuparic M., Schieber A., Carle R.** 2003. Effect of thermal processing on trans-cis- isomerization of β -carotene in carrot juices and carotene-containing preparations. *Food Chem.* 83, 609–617.
- Monselise J.J., Berck Z.** 1954. Some observation on the oxidative destruction of lycopene during the manufacture of tomato puree. *Bull. Res. Council. Isr.* 4, 188–191.
- PN–A–77606.** Przecier pomidorowy.
- PN–91–R–75368.** Ocena jakości pomidorów świeżych.
- PN–90/A–75101/12.** Oznaczanie zawartości karotenoidów.
- PN–EN 12823–2.** Oznaczanie zawartości karotenoidów.
- Rao A.V., Agarwal S.** 1999. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: a review. *Nutr. Res.* 19, 305–323.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23. IV. 2004 r.** W sprawie dozwolonych substancji dodatkowych, substancji pomagających w przetwarzaniu i warunków ich stosowania (DzU nr 94., poz. 933).
- Sharma S.K., Le Maquer M.** 1996. Kinetic of lycopene degradation in tomato pulp solid under different processing and storage conditions. *Food Res. Intst.* 29, 309–315.
- Shi J., Le Maguer M.** 2000. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Crit. Rev. Biotechnol.* 20, 293–334.
- Shi J., Le Maguer M., Kakuda Y., Liptay A.** 1999. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. *Food Res. Intst.* 32, 15–21.
- Statistica® 8.0 PL** (StatSoft., Inc., USA) 2008.
- Thakur B.R., Singh R.K., Nelson P.E.** 1996. Quality attributes of processed tomato products: a review. *Food Res. Intst.* 12, 375–401.
- Tonucci L.H., Holden J.M., Beecher G.R., Khachik F., Davis C.S., Mulokozi G.** 1995. Carotenoid contents of thermally processed tomato-based food products. *J. Agric. Food Chem.* 43, 579–586.