

STABILNOŚĆ KAROTENOIDÓW W SOKACH PRZECIEROWYCH Z MARCHWI UTRWALONYCH TECHNOLOGIĄ WYSOKOCIŚNIENIOWĄ (HPP)

Celem pracy było określenie wpływu parametrów utrwalania technologią wysokociśnieniową (HPP) oraz czasu przechowywania na stabilność karotenoidów i β -karotenu w badanych sokach przecierowych z marchwi. Stwierdzono, że poziom analizowanych wskaźników chemicznych zależał od zastosowanych parametrów procesu kompresji i czasu przechowywania utrwalonych soków. W czasie przechowywania odnotowano stopniowe obniżanie się zawartości karotenoidów ogółem zachodzące w większym stopniu w sokach utrwalonych przy wyższych wartościach ciśnienia. Badanie aktywności enzymatycznej analizowanych soków z marchwi wykazało obecność peroksydazy (POD) na każdym etapie prowadzonych badań.

WPROWADZENIE

Nowoczesne, alternatywne technologie utrwalania żywności są w głównej mierze oparte na koncepcji „minimalnego przetwarzania” w celu zachowania wysokiej wartości odżywczej i naturalnych cech sensorycznych żywności przy eliminacji środków konserwujących. Technologia wysokociśnieniowa (*High Pressure Processing* – HPP) jest metodą pozwalającą na przedłużenie trwałości produktów żywnościowych z zachowaniem ich jakości sensorycznej i wartości odżywczej oraz zapewnieniem bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów. Zaletą tak utrwalonej żywności, określanej też terminem *freshnerized*, jest wysoka jakość zdrowotna i trwałość, a przede wszystkim zachowanie naturalnych walorów odżywczych i sensorycznych w porównaniu z produktami utrwalonymi metodami klasycznymi [2, 3, 4, 7, 11]. Warunkiem przydatności metody HPP do utrwalania żywności jest ustalenie takich parametrów procesu kompresji, które nie powodują obniżenia wartości odżywczej i cech sensorycznych produktu oraz pozwalają na zachowanie trwałości i jakości przez ograniczenie lub eliminację niekorzystnych procesów mikrobiologicznych i enzymatycznych [2, 5, 8].

CEL I METODYKA BADAŃ

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu parametrów utrwalania metodą techniki wysokich ciśnień oraz czasu przechowywania na stabilność karotenoidów w sokach przecierowych z marchwi.

Przedmiotem badań były soki surowe przecierowe i soki utrwalone techniką wysokich ciśnień, uzyskane z różnych odmian świeżej marchwi jadalnej. Próby surowych soków przecierowych z marchwi zapakowano do sterylnych, półsztywnych, całkowicie szczelnych pojemników o pojemności 50 cm³ i 100 cm³, wykonanych z polietylenu wysokociśnieniowego LDPE, mających atest dopuszczalnego kontaktu ze środkami spożywczymi. Surowe soki przecierowe z marchwi utrwalono techniką wysokich ciśnień z zastosowaniem zróżnicowanych parametrów procesu kompresji (ciśnienie / czas / temperatura): 350 MPa / 20 min / 20°C, 350 MPa / 20 min / 40°C, 400 MPa / 20 min / 20°C, 400 MPa / 20 min / 40°C, 500 MPa / 10 min / 20°C, 500 MPa / 20 min / 20°C i 600 MPa / 10 min / 20°C. Proces utrwalania technologią HPP przeprowadzono w Instytucie Wysokich Ciśnień PAN – UNIPRESS w Warszawie. Zakres badań obejmował m.in. analizę zawartości karotenoidów ogółem wg PN-EN 12136:2000, β -karotenu wg PN-90/A-75101/12 i oznaczenie aktywności enzymatycznej peroksydazy wg PN-90-A-75051 w sokach surowych, w sokach utrwalonych metodą HPP przy ustalonych parametrach procesu kompresji oraz podczas przechowywania utrwalonych soków w temperaturze 4–6°C przez 3 miesiące w odstępach miesięcznych. Analizy fizykochemiczne materiału badawczego wykonano w trzech równoległych powtórzeniach w laboratoriach J.S. Hamilton Poland Ltd. – Rzeczoznawstwo i Badanie Jakości – Laboratorium Specjalistyczne w Gdyni (certyfikat akredytacji PCA Nr AB 079). Wyniki badań przedstawiono jako średnią arytmetyczną przeprowadzonych analiz. Przeprowadzono analizę statystyczną uzyskanych wyników badań z wykorzystaniem programu StatSoft Statistica 6.0 PL. W pracy podano wartości statystyki testowej F i prawdopodobieństwo p będące istotnością testu dla analizy wariancji oraz prawdopodobieństwo p dla testu RIR Tukeya. Za wartość graniczną prawdopodobieństwa p (istotności testu) przyjęto $p = 0,05$ [1].

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Surowe soki przecierowe z marchwi przeznaczone do utrwalania metodą HPP wykazywały duże zróżnicowanie pod względem zawartości karotenoidów ogółem, która kształtowała się średnio w zakresie od 5,07 mg / 100 g do 29 mg / 100 g. Najniższą zawartość karotenoidów ogółem odnotowano w soku z marchwi odmiany Montana RZ (5,01 mg / 100g) i soku Nandrin F₁ BZ (5,12 mg / 100g). Najniższą zawartość karotenoidów ogółem odnotowano w soku z marchwi odmiany Montana RZ (5,01 mg / 100 g) i soku Nandrin F₁ BZ (5,12 mg / 100 g). Wyższą zawartością analizowanego wskaźnika charakteryzował się sok z marchwi odmiany Barbara F₁ RZ (7,67 g / 100 g), Vitana F₁ NZ (9,35 g / 100 g) oraz Riga F₁ RZ (10,13 g / 100 g).

Sok z marchwi Kazan F₁ BZ i sok z marchwi Macon F₁ RZ w porównaniu z pozostałymi sokami wyróżniały się zdecydowanie najwyższą zawartością karotenoidów ogółem (odpowiednio 30,00 mg / 100 g i 28,00 mg / 100 g) (tab. 1).

Tabela 1

Kształtowanie się zawartości karotenoidów ogółem w badanych sokach z marchwi [mg / 100 g]

Lp.	Soki przecierowe z badanych odmian marchwi	Parametry utrwalania [MPa/min/°C]	Sok surowy	Sok utrwalony przechowywany w temp. 4–6°C [miesiące]			
				0	1	2	3
1.	FLACORO POL	350/20/20	10,13	9,54	9,05	8,86	8,01
	VITANA F1 NZ		9,35	9,17	8,44	8,09	7,29
	NANDRIN F1 BZ		5,12	5,02	4,62	4,35	3,96
	MONANTA RZ		5,01	4,96	4,56	4,19	3,77
	x		7,40	7,17	6,67	6,37	5,76
	ξ		±2,72	±2,52	±2,41	±2,45	±2,21
2.	NANDRIN F1 BZ	350/20/40	5,12	4,72	4,57	4,23	3,81
	MONANTA RZ		5,01	4,92	4,36	4,08	3,65
	x		5,07	4,82	4,47	4,16	3,73
	ξ		±0,08	±0,14	±0,15	±0,11	±0,11
3.	FLACORO POL	400/20/20	10,13	9,81	9,27	8,93	8,35
	VITANA F1 NZ		9,35	9,24	8,73	8,18	7,42
	NANDRIN F1 BZ		5,12	4,94	4,61	4,39	4,05
	MONANTA RZ		5,01	4,98	4,56	4,23	3,98
	BARBARA F1 RZ		7,67	7,56	6,91	6,38	5,83
	x		7,46	7,31	6,82	6,42	5,93
	ξ		±2,36	±2,30	±2,22	±2,14	±1,96
4.	NANDRIN F1 BZ	400/20/40	5,12	4,68	4,39	3,93	3,71
	MONANTA RZ		5,01	4,88	4,32	3,79	3,53
	RIGA F1 RZ		10,90	10,78	9,32	9,05	8,46
	x		7,01	6,78	6,01	5,59	5,23
	ξ		±3,37	±3,47	±2,87	±3,00	±2,80
5.	BARBARA F1 RZ	500/10/20	7,67	7,59	7,13	6,61	6,12
	RIGA F1 RZ		10,90	10,82	9,65	9,29	8,73
	x		9,29	9,21	8,39	7,95	7,43
	ξ		±2,28	±2,28	±1,78	±1,90	±1,85
6.	KAZAN F1 BZ	500/20/20	30,00	28,00	23,34	21,00	20,00
	MACON F1 RZ		28,00	27,00	25,56	24,00	23,00
	x		29,00	27,50	24,45	22,50	21,50
	ξ		±1,41	±0,71	±1,57	±2,12	±2,12
7.	KAZAN F1 BZ	600/10/20	30,00	28,00	24,00	24,00	23,00
	MACON F1 RZ		28,00	28,00	26,00	23,00	21,00
	x		29,00	28,00	25,00	23,50	22,00
	ξ		±1,41	±0,00	±1,41	±0,71	±1,41
X			11,63	11,23	10,17	9,53	8,88
ξ			±9,18	±8,75	±7,74	±7,21	±6,87

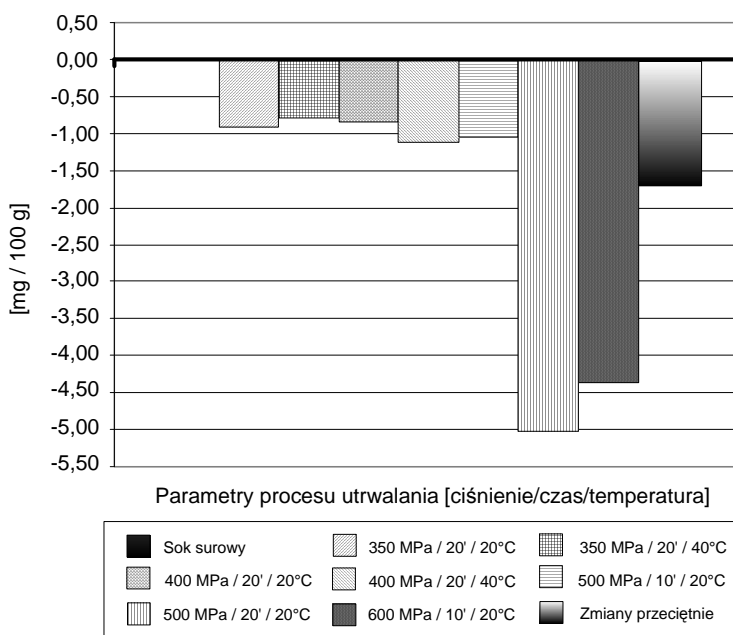
Analizując wpływ parametrów procesu utrwalań na kształtowanie się zawartości karotenoidów ogółem w badanych sokach przecierowych z marchwi utrwalo-nych metodą HPP, do opisu uzyskanej zbiorowości wykorzystano miary statystyki opisowej: wartość średnią (miara położenia) i odchylenie standardowe (miara roz-proszczenia). Miary te pozwalają na wykonanie podstawowego opisu uzyskanych wyników badań zestawionych w tabeli 1 i 2 oraz na rysunku 1.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotne różnice w kształ-towaniu się średniej zawartości karotenoidów ogółem w analizowanych sokach z marchwi. Zaobserwowane zmiany związane z obniżeniem się zawartości karote-noidów ogółem w sokach z marchwi utrwalo-nych metodą HPP charakteryzowały się dużą rozpiętością i zależały od zastosowanych wartości ciśnienia w procesie kompresji (tab. 2, rys. 1).

Tabela 2

Kształtowanie się wartości średnich i odchyłeń standardowych dla zmian zawartości badanych karotenoidów ogółem [mg / 100 g] w sokach przecierowych z marchwi utrwalo-nych metodą HPP w zależności od zastosowanych parametrów procesu kompresji

Parametry utrwalań [MPa/min/°C]		350/20/20	350/20/40	400/20/20	400/20/40	500/10/20	500/20/20	600/10/20	Przeciętnie
Miara	Średnia	-0,910	-0,773	-0,839	-1,107	-1,043	-5,013	-4,375	-1,678
	Odchylenie	0,615	0,438	0,579	0,707	0,756	3,302	2,669	2,054



Rys. 1. Wpływ parametrów procesu utrwalań na kształtowanie się różnic w zawartości karotenoidów ogółem w badanych sokach przecierowych z marchwi (mg / 100 g)

Weryfikację wpływu parametrów procesu utrwalania metodą HPP na kształtowanie się zawartości karotenoidów ogółem przeprowadzono na podstawie analizy statystycznej. Do interpretacji wyników badań zastosowano test analizy wariancji jednoczynnikowej w celu określenia istotności wpływu parametrów utrwalania na kształtowanie się wartości średnich badanego wskaźnika. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że parametry procesu utrwalania miały istotny wpływ na kształtowanie się zmian karotenoidów ogółem w badanych sokach z marchwi (tab. 3).

Tabela 3

Wartości statystyki testowej F oraz istotności testu w analizie wpływu parametrów procesu utrwalania na kształtowanie się różnic w zawartości karotenoidów ogółem w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP

Badany wskaźnik	Wartość statystyki F	Istotność testu*
Karotenoidy ogółem	15,050*	0,000

Wartość krytyczna statystyki testowej $F_{(6; 73; 0,05)} = 2,226$

* Istotność na poziomie $p = 0,05$

W związku ze stwierdzeniem istotnego wpływu parametrów utrwalania na zmiany zawartości karotenoidów ogółem przeprowadzono dalszą analizę *post hoc* za pomocą testu rozsądnej istotnej różnicy (RIR) Tukeya. Celem analizy *post hoc* było wskazanie grup parametrów procesu utrwalania HPP, po których zastosowaniu badany wskaźnik charakteryzował się zbliżoną (statystycznie) wartością średnią (tab. 4).

Tabela 4

Wyniki testu Tukeya dla istotności wpływu parametrów utrwalania na różnice w zawartości karotenoidów ogółem w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP

	Parametry utrwalania [MPa/min/°C]						
	350/20/20	350/20/40	400/20/20	400/20/40	500/10/20	500/20/20	600/10/20
	$M = -0,910$	$M = -0,773$	$M = -0,839$	$M = -1,107$	$M = -1,043$	$M = -5,012$	$M = -4,375$
350/20/20							
350/20/40	1,000						
400/20/20	1,000	1,000					
400/20/40	1,000	0,999	0,999				
500/10/20	1,000	1,000	1,000	1,000			
500/20/20	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*		
600/10/20	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,973	

M – wartość średnia dla danego parametru utrwalania

* Istotność różnic wartości średnich na poziomie $p = 0,05$

Na podstawie przeprowadzonego testu Tukeya stwierdzono istotnie większy spadek średniej zawartości karotenoidów ogółem w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych przy wyższych wartościach ciśnienia: 500 MPa/20min/20°C i 600 MPa/10 min/20°C (odpowiednio o 5,01 mg/100 g i 4,37 mg/100 g), w po-

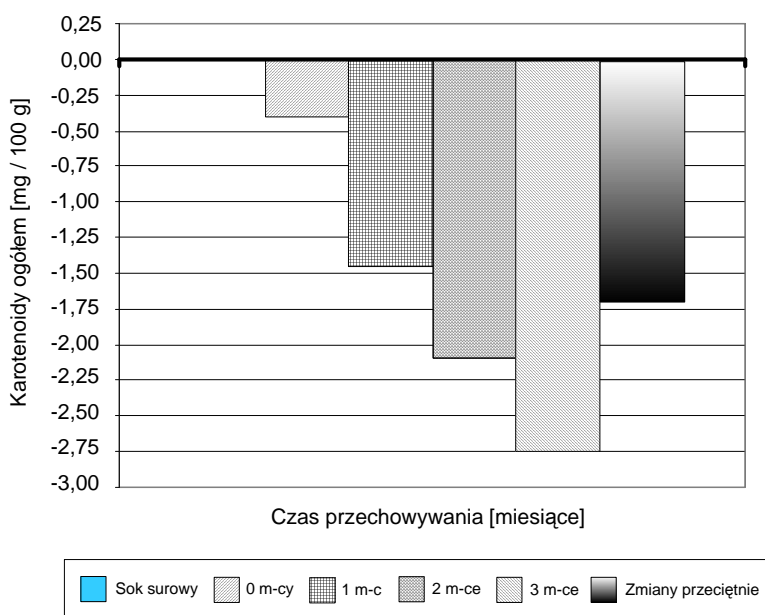
równaniu z sokami utrwalonymi przy innych parametrach procesu HPP. Soki z marchwi utrwalone przy pozostałych parametrach procesu kompresji nie różniły się istotnie między sobą pod względem zmian w zawartości karotenoidów ogółem, których średnia zawartość obniżyła się w zakresie od 0,77 mg / 100 g do 1,11 mg / 100 g, w zależności od zastosowanych parametrów HPP (tab. 4).

Stopień zmian karotenoidów ogółem w badanych sokach przecierowych z marchwi w zależności od czasu przechowywania, stwierdzony bezpośrednio po utrwaleniu metodą HPP oraz cyklicznie w odstępach miesięcznych w czasie przechowywania utrwalonych soków w warunkach chłodniczych przez 3 miesiące, przedstawiono w tabeli 5 i na rysunku 2.

Tabela 5

Kształtowanie się wartości średnich i odchyłeń standardowych dla różnic w zawartości badanych karotenoidów ogółem (mg / 100 g) w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP w zależności od czasu przechowywania

Czas przechowywania [miesiące]		0	1	2	3	Przeciętnie
Miara	Średnia	-0,401	-1,462	-2,102	-2,748	-1,678
	Odchylenie	0,596	1,751	2,193	2,481	2,054



Rys. 2. Wpływ czasu przechowywania na kształtowanie się różnic w zawartości karotenoidów ogółem w badanych sokach przecierowych z marchwi (mg / 100 g)

Wpływ czasu przechowywania na charakter zmian zawartości karotenoidów ogółem w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych techniką wysokich ciśnień zweryfikowano za pomocą analizy statystycznej. Interpretację wyników badań odnośnie do istotności wpływu czasu przechowywania na kształtowanie się wartości średnich badanego wskaźnika przeprowadzono na podstawie analizy wariancji jednoczynnikowej (tab. 6).

Tabela 6

Wartości statystyki testowej F oraz istotności testu w analizie wpływu czasu przechowywania na kształtowanie się różnic w zawartości karotenoidów ogółem w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP

Badany wskaźnik	Wartość statystyki F	Istotność testu*
Karotenoidy ogółem	5,564*	0,000

Wartość krytyczna statystyki testowej $F_{(3; 76; 0,05)} = 2,725$

* Istotność na poziomie $p = 0,05$

W związku ze stwierdzeniem istotnego wpływu czasu przechowywania na zmiany zawartości karotenoidów ogółem przeprowadzono dalszą analizę *post hoc* za pomocą testu rozsądnej istotnej różnicy (RIR) Tukeya. Celem analizy *post hoc* było wskazanie przedziałów czasowych, w których badany wskaźnik charakteryzował się zbliżoną (statystycznie) wartością średnią.

Na podstawie testu Tukeya statystycznie istotne różnice w kształtowaniu się średniej zawartości karotenoidów stwierdzono tylko między sokami bezpośrednio po procesie utrwalania metodą HPP a utrwalonymi sokami z marchwi przechowywanymi przez dwa i trzy miesiące. W pozostałych przypadkach różnice wartości średnich były statystycznie nieistotne (tab. 7).

Tabela 7

Wyniki testu Tukeya dla istotności wpływu czasu przechowywania na różnice w zawartości karotenoidów ogółem w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP

Liczba miesięcy	Czas przechowywania [miesiące]			
	0	1	2	3
	$M = -0,401$	$M = -1,462$	$M = -2,102$	$M = -2,747$
0				
1	0,296			
2	0,029*	0,710		
3	0,001*	0,149	0,705	

M – wartość średnia dla danego okresu przechowywania

* Istotność różnic wartości średnich na poziomie $p = 0,05$

Przy ocenie jakości i trwałości soków przecierowych z marchwi utrwalonych techniką wysokich ciśnień istotnym zagadnieniem jest uwzględnienie wszystkich czynników wpływających na badane wskaźniki fizykochemiczne w materiale badawczym. Przeprowadzona analiza statystyczna wyników badań za pomocą anali-

zy wariacji dwuczynnikowej wykazała, że zakres zmian w kształtowaniu się zawartości karotenoidów ogółem w badanych sokach przecierowych z marchwi w istotnym stopniu spowodowany był występowaniem efektu wspólnego (specyficznej interakcji) pomiędzy zastosowanymi parametrami procesu utrwalania HPP a czasem przechowywania utrwalonych soków (tab. 8, rys. 3).

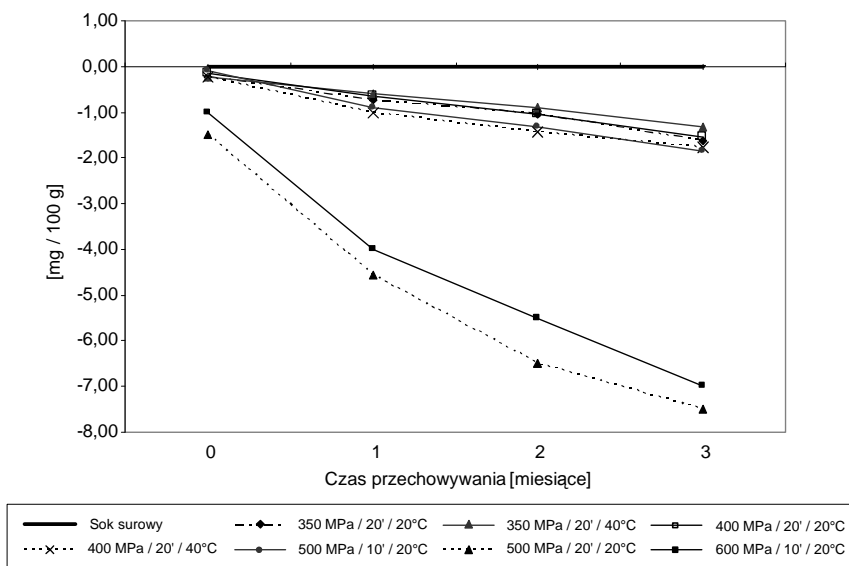
Tabela 8

Wartości statystyki testowej F oraz istotności testu w analizie wpływu parametrów procesu utrwalania i czasu przechowywania na kształtowanie się różnic w zawartości karotenoidów ogółem w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP

Badany wskaźnik	Wartość statystyki F	Istotność testu*
Karotenoidy ogółem	2,278*	0,011

Wartość krytyczna statystyki testowej $F_{(18; 52; 0,05)} = 1,806$

* Istotność na poziomie $p = 0,05$



Rys. 3. Kształtowanie się różnic w zawartości karotenoidów ogółem [mg / 100 g] w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP w porównaniu do soku surowego w zależności od zastosowanych parametrów procesu utrwalania i czasu przechowywania ($F_{(18,52)} = 2,54$, $p < 0,0108$)

W sokach z marchwi utrwalonych z zastosowaniem wyższych wartości ciśnienia w procesie kompresji: 500 MPa / 20 min / 20°C i 600 MPa / 10 min / 20°C stwierdzono istotne obniżenie się zawartości karotenoidów ogółem po pierwszym, drugim i trzecim miesiącu przechowywania. Zobrazowane zmiany były kilkakrotnie wyższe w porównaniu z sokami utrwalonymi przy pozostałych parametrach

procesu HPP, w których zawartość karotenoidów ogółem obniżyła się w mniejszym stopniu, charakteryzując się podobnym, prawie liniowym zakresem zmian badanych karotenoidów (rys. 3).

Zasadniczymi przemianami, jakim podlegają karotenoidy, są procesy utleniania i zmiany w konfiguracji przestrzennej. W zniszczonych i uszkodzonych komórkach roślinnych reakcje fotochemicznego utlenienia karotenoidów zachodzą bardzo szybko, zwłaszcza w obecności tlenu atmosferycznego, a obecność chlorofilu przyspiesza ten proces. W zmacerowanych, żywych komórkach roślinnych również aktywnie przebiega proces utlenienia karotenoidów pod wpływem lipooksydazy w obecności wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i tlenu atmosferycznego. Proces utleniania karotenoidów zachodzi także przy udziale tlenu, zawartego w soku komórkowym, pochodzącym ze zmacerowanej, rozdrobnionej tkanki roślinnej, czego przykładem są soki warzywne. Karotenoidy związane są z częściami nierozpuszczalnymi roślin, dlatego też soki z roślin bogatych w karotenoidy są nieklarowane – klarowanie pozbawiłoby je karotenoidów [6].

Karotenoidy łatwo ulegają utlenianiu ze względu na obecność wiązań podwójnych. Mechanizm tego procesu nie jest do końca wyjaśniony. W przypadku β -karotenu utlenianie pod wpływem tlenu molekularnego rozpoczyna się od nienasyconych wiązań w pierścieniu β -jonowym. Procesy te najpierw prowadzą do utraty właściwości prowitaminy A, a następnie do zmiany zabarwienia. Nie wszystkie karotenoidy ulegają utlenieniu w jednakowym stopniu. Końcowe produkty utlenienia β -karotenu charakteryzuje często nieprzyjemny smak i zapach. Utlenienie karotenoidów zachodzi zarówno na drodze nieenzymatycznej, jak i enzymatycznej. Reakcje nieenzymatycznego utlenienia karotenoidów mogą być spowodowane bezpośrednim oddziaływaniem tlenu cząsteczkowego i sprzężonym utlenianiem (np. w przypadku jęlczenia tłuszczów katalizowanego przez obecność jonów metali). Reakcje te występują często razem, ponieważ obecność jonów metali powoduje również katalizę utleniania nienasyconych kwasów tłuszczowych. Utlenianie enzymatyczne może zachodzić pod wpływem peroksydazy i lipooksydazy. W większości przypadków reakcje te mają charakter reakcji sprzężonych z utlenianiem nienasyconych kwasów tłuszczowych [6].

W żywych komórkach roślinnych karotenoidy występują w plastydach, prawdopodobnie w formie rozpuszczalnych w wodzie połączeń z białkiem lub w formie krystalicznej (w połączeniu ze skrobią). W tej postaci karotenoidy są stosunkowo stabilne. Ogrzewanie powoduje denaturację białka, przerwanie wiązania i uwolnienie karotenoidu. Destrukcyjny wpływ oddziaływania wysokiego ciśnienia na strukturę białek, powodujący ich denaturację, może również stymulować oddzielenie się karotenoidów związanych z kompleksem białkowym [9, 10].

Oznaczanie aktywności enzymatycznej peroksydazy występującej w warzywach jest ważnym wskaźnikiem prawidłowego procesu blanszowania warzyw w produkcji przetworów warzywnych; umożliwia ponadto określenie ich podatności na przemiany enzymatyczne. Katalizuje reakcje utleniania związków organicznych nadtlenkami wodoru lub innymi nadtlenkami organicznymi oraz tlenem cząsteczkowym. Peroksydaza, katalizując utlenianie nienasyconych kwasów tłuszcz-

czowych pełni istotną rolę w kształtowaniu cech smakowo-zapachowych produktu żywnościowego. Czynniki kształtujące aromat powstają jako produkty rozkładu wodorotlenków kwasów tłuszczowych; są nimi głównie aldehydy i ketony. Powstające produkty rozkładu biorą udział w reakcjach Maillarda, wpływając m.in. na pociemnienie barwy soków. Peroksydaza wykazuje optymalną aktywność enzymatyczną przy ok. pH 5,0 w temp. 20–50°C [6].

Badanie aktywności enzymatycznej analizowanych soków przecierowych z marchwi wykazało obecność peroksydazy (POD) na każdym etapie prowadzonych badań. Peroksydaza jest enzymem baroopornym i do jego inaktywacji wymagane jest zastosowanie wyższych wielkości ciśnienia rzędu 700–800 MPa lub połączenie oddziaływania wysokiego ciśnienia i wyższej temperatury w czasie procesu kompresji [9, 10].

WNIOSKI

1. Zastosowanie technologii wysokociśnieniowej (HPP) umożliwia zachowanie trwałości i wybranych cech jakości utrwalonych soków przecierowych z marchwi przechowywanych do jednego miesiąca w warunkach chłodniczych.
2. Zastosowanie wyższych wartości ciśnienia w procesie kompresji miało istotny wpływ na obniżenie się zawartości analizowanych karotenoidów.
3. Stwierdzono statystycznie istotny wpływ parametrów procesu utrwalania HPP i czasu przechowywania na zakres zmian zawartości karotenoidów ogółem w badanych sokach przecierowych z marchwi.

LITERATURA

1. Aczel A.D., *Statystyka w zarządzaniu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
2. Barbosa-Canovas G.V. i inni, *Novel Food Processing Technologies*, CRC Marcel Dekker, Boca Raton, London, New York, Washington D.C. 2005.
3. Butz P. i inni, *Consumer attitudes to high pressure food processing*, Food, Agri. & Environment, 2003, 1, s. 30–34.
4. Butz P. i inni, *Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products*, J. Food Eng., 2003, 56, s. 233–236.
5. Cardello A.V. i inni, *Consumer perceptions of foods processed by innovative and emerging technologies: A conjoint analytic study*, Inn. Food Sci. & Emerging Technol., 2007, 8, s. 73–83.
6. *Chemia żywności*, Z.E. Sikorski (red.), WNT, Warszawa 2007.
7. Deliza R. i inni, *Application of high pressure technology in the fruit juice processing: benefits perceived by consumers*, J. Food Eng., 2005, 67, s. 241–246.
8. Houska M. i inni, *High pressure and foods – fruit/vegetable juices*, J. Food Eng., 2006, 77, s. 386–398.

9. Kim Y.-S., *Effects of combined treatment of high hydrostatic pressure and mild heat on the quality of carrot juice*, J. Food Sci., 2001, 9, s. 1355–1360.
10. Soysal C. i inni, *Effect of high hydrostatic pressure and temperature on carrot peroxidase inactivation*, Eur. Food Res. Technol., 2004, 218, s. 152–156.
11. Torres J.A., Velazquez G., *Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods*, J. Food Eng., 2005, 67, s. 95–112.

CAROTENOIDS STABILITY IN HIGH PRESSURE PROCESSED CARROT JUICES

Summary

The aim of the research was to determine the impact of HPP parameters and storage time on carotenoids and β -carotene stability in the pressure processed carrot juices. It was found that the level of analyzed factors in the researched juices depended of compression parameters and time of storage. During the reported period total carotenoids and β -carotene concentrations decreased in greater extent in carrot juices processed at higher pressure values. The analyzed enzymatic activity of researched juices showed the presence of peroxidase (POD) at each stage of the study.