

Waldemar Żyngiel

STABILNOŚĆ KAROTENOIDÓW W SOKACH PRZECIEROWYCH Z MARCHWI UTRWALONYCH TECHNIKĄ WYSOKICH CIŚNIEŃ (HPP)

Katedra Handlu i Usług Akademii Morskiej w Gdyni
Kierownik: prof. zw. dr hab. inż. *E. Babicz-Zielińska*

Zbadano wpływ wysokiego ciśnienia oraz czasu przechowywania na stabilność karotenoidów w okresie przechowywania soków przecierowych z marchwi utrwalonych technologią wysokociśnieniową (HPP) z zastosowaniem ustalonych parametrów procesu kompresji.

Hasła kluczowe: technologia wysokociśnieniowa (HPP), soki z marchwi, karotenoidy.

Key words: high pressure processing (HPP), carrot juices, carotenoids.

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 „*fresherized*”, jest wysoka jakość zdrowotna i trwałość, a przede wszystkim zachowanie naturalnych walorów odżywczych i sensorycznych w porównaniu z produktami utrwalonymi metodami konwencjonalnymi (1-3). 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 (1, 4-7).

Celem pracy było określenie wpływu parametrów procesu utrwalania techniką wysokich ciśnień oraz czasu przechowywania na stabilność karotenoidów w badanych sokach przecierowych z marchwi. W komórkach roślinnych karotenoidy występują w plastydach w formie stosunkowo stabilnych,

rozpuszczalnych w wodzie połączeń z białkiem lub w formie krystalicznej (w połączeniu ze skrobią). Ogrzewanie powoduje denaturację białka, przerwanie wiązania i uwolnienie karotenoidów. Destrukcyjny wpływ oddziaływania wysokiego ciśnienia na strukturę białek, powodujący ich denaturację, może również stymulować oddzielenie się karotenoidów związanych z kompleksem białkowym (8, 9).

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były soki surowe przecierowe i soki utrwalone techniką wysokich ciśnień, uzyskane z różnych odmian marchwi jadalnej. Próby surowych soków przecierowych z marchwi zapakowane do sterylnych, półsztywnych, całkowicie szczelnych pojemników o pojemności 50 cm³ i 100 cm³ wykonanych z polietylenu wysokociśnieniowego LDPE posiadających atest dopuszczalnego kontaktu ze środkami spożywczymi, utrwalono metodą HPP z zastosowaniem zróżnicowanych parametrów procesu kompresji (ciśnienie/czas/temperatura): 350 MPa/20min/20°C, 350 MPa/20min/40°C, 400 MPa/20min/20°C, 400 MPa/20min/40°C, 500 MPa/10min/20°C, 500 MPa/20min/20°C, 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 w sokach surowych oraz w sokach utrwalonych metodą HPP przy ustalonych parametrach kompresji podczas ich przechowywania w temperaturze 4 ± 6°C przez okres 3 miesięcy w odstępach miesięcznych. Analizy materiału badawczego wykonano w trzech równoległych powtórzeniach. 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 (istotność testu) dla analizy wariancji oraz prawdopodobieństwo p dla testu RIR *Tukeya* (10).

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Analizując wpływ parametrów procesu utrwalania na kształtowanie się zawartości karotenoidów ogółem w badanych sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP, do opisu uzyskanej zbiorowości wykorzystano miary statystyki opisowej: wartość średnią (miara położenia) i odchylenie standardowe (miara rozproszenia).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotne różnice w kształtowaniu się średniej zawartości karotenoidów ogółem w analizowanych sokach z marchwi. Zaobserwowane zmiany związane z obniżeniem się zawartości karotenoidów ogółem w sokach z marchwi utrwalonych metodą HPP

charakteryzowały się dużą rozpiętością i zależały od zastosowanych wartości ciśnienia w procesie kompresji (tab. I).

Tabela I. Kształtowanie się wartości średnich i odchyłeń standardowych dla różnic w zawartości karotenoidów ogółem [mg/100g] w badanych sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP w zależności od zastosowanych parametrów procesu kompresji oraz wartości statystyki testowej F i istotności testu w analizie wpływu parametrów procesu kompresji na kształtowanie się różnic w zawartości analizowanych karotenoidów ogółem

Table I. Mean values and standard deviations for differences of analyzed total carotenoids concentration [mg/100g] in the pressurized carrot juices according to HPP parameters and F test statistics and test's importance values in the analysis of the pressure processing parameters impact on analyzed total carotenoids concentration differences

Karotenoidy ogółem [mg/100g]	Parametry utrwalania [MPa/min/°C]		350 MPa/20'/20°C	350 MPa/20'/40°C	400 MPa/20'/20°C	400 MPa/20'/40°C	500 MPa/10'/20°C	500 MPa/20'/20°C	600 MPa/10'/20°C
	Miara	Średnia [\bar{x}]	-0,910	-0,773	-0,839	-1,107	-1,043	-5,013	-4,375
		Odchylenie [ξ]	0,615	0,438	0,579	0,707	0,756	3,302	2,669
Wartość statystyki F		15,050*							
Istotność testu*		0,000							

Wartość krytyczna statystyki testowej $F_{(6, 73; 0,05)} = 2,226$; * Istotność na poziomie $p = 0,05$.

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. I).

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 zastosowaniu których badany wskaźnik charakteryzował się zbliżoną (statystycznie) wartością średnią (tab. II).

Na podstawie przeprowadzonego testu *Tukeya* stwierdzono istotnie większy spadek średniej zawartości karotenoidów ogółem w sokach utrwalonych przy wyższych wartościach ciśnienia: 500 MPa/20min/20°C i 600 MPa/10min/20°C (odpowiednio o 5,01 mg/100g i 4,37 mg/100g), w porównaniu 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/100g do 1,11 mg/100g, w zależności od zastosowanych parametrów procesu kompresji (tab. II).

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

Table II. The results of Tukey's test of HPP parameters significance impact on total carotenoids concentration differences in the pressurized carrot juices

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
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 $p=0,05$.

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 okres 3 miesięcy przedstawiono w tabeli III.

Tabela III. Kształtowanie się wartości średnich i odchyłeń standardowych dla różnic w zawartości karotenoidów ogółem [mg/100g] w badanych sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP w zależności od czasu przechowywania oraz wartości statystyki testowej F i istotności testu w analizie wpływu czasu przechowywania na kształtowanie się różnic w zawartości analizowanych karotenoidów ogółem

Table III. Mean values and standard deviations for differences of analyzed total carotenoids concentration [mg/100g] in the pressurized carrot juices according to storage time and F test statistics and test's importance values in the analysis of the storage time impact on analyzed total carotenoids concentration differences

Karotenoidy ogółem [mg/100g]	Czas przechowywania [miesiące]		0	1	2	3
	Miara	Średnia [\bar{x}]	-0,401	-1,462	-2,102	-2,748
		Odchylenie [ξ]	0,596	1,751	2,193	2,481
Wartość statystyki F		5,564*				
Istotność testu*		0,000				

Wartość krytyczna statystyki testowej $F_{(3, 76; 0,05)} = 2,725$; * Istotność na poziomie $p = 0,05$.

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 istotności wpływu czasu przechowywania na kształtowanie się wartości średnich badanego wskaźnika przeprowadzono na podstawie analizy wariancji jednoczynnikowej (tab. III).

W związku ze stwierdzeniem istotnego wpływu czasu przechowywania na zmiany zawartości karotenoidów ogółem w badanych sokach z marchwi 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. IV).

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

Table IV. The results of *Tukey's* test of storage time significance impact on total carotenoids concentration differences in the pressurized carrot juices

Czas przechowywania [miesiące]	0	1	2	3
	M=-0,401	M=-1,462	M=-2,102	M=-2,747
0 m-cy				
1 m-c	0,296			
2 m-ce	0,029*	0,710		
3 m-ce	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 analizy wariancji 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. V). W sokach z marchwi utrwalonych z zastosowaniem wyższych wartości ciśnienia w procesie kompresji: 500 MPa/20min/20°C i 600 MPa/10min/20°C, stwierdzono istotne obniżenie się zawartości karotenoidów ogółem po pierwszym, drugim i trzecim miesiącu przechowywania. Stwierdzone zmiany były kilkakrotnie wyższe w porównaniu z sokami z marchwi utrwalonymi przy pozostałych parametrach procesu HPP, w których zawartość karotenoidów ogółem obniżyła się w mniejszym stopniu.

Tabela V. 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

Table V. The values of *F* test statistics and test's importance in the analysis of the impact of HPP parameters and storage time on differences in total carotenoids concentration in the pressurized carrot juices

Badany wskaźnik	Wartość statystyki <i>F</i>	Istotność testu*
Karotenoidy ogółem	2,278*	0,011

Wartość krytyczna statystyki testowej $F_{(18, 52; 0,05)} = 1,806$; * Istotność na poziomie $p = 0,05$.

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 karotenoidów w analizowanych sokach.
3. Stwierdzono statystycznie istotny wpływ parametrów procesu utrwalania metodą HPP i czasu przechowywania na zakres zmian zawartości karotenoidów ogółem w badanych sokach przecierowych z marchwi.

W. Żyngiel

CAROTENOIDS STABILITY IN HIGH PRESSURE PROCESSED CARROT JUICES

Summary

Alternative food preservation technologies are generally based on the concept of “minimal processing” which aims to maintain natural nutritional and sensory properties of food. High pressure processing (HPP) as one of the emerging technologies in food processing and preservation offers the opportunity of producing high quality food, greater safety and increased shelf-life as a result of significant microorganism and enzyme inactivation when compared to traditional thermal methods.

The aim of the research was to determine the impact of HPP parameters and storage time on carotenoids stability in the pressure processed carrot juices. It was found that the level of analyzed factors in the researched juices depended of the compression parameters and storage time. During the reported period total carotenoids concentrations decreased to a greater extent in carrot juices processed at higher pressure values.

PIŚMIENNICTWO

1. *Barbosa-Canovas G.V. i in.*: Novel Food Processing Technologies. CRC Marcel Dekker, Boca Raton, London, New York, Washington D.C., 2005. – 2. *Cardello A.V. i in.*: Consumer perceptions of foods processed by innovative and emerging technologies: A conjoint analytic study. *Inn. Food Sci. & Emerging Technol.*, 2007; 8: 73-83. – 3. *Deliza R. i in.*: Application of high pressure technology in the fruit juice processing: Benefits perceived by consumers. *J. Food Eng.*, 2005; 67: 241-246. – 4. *Devahastin S. (Ed.)*: Physicochemical Aspects of Food Engineering and Processing. Contemporary Food Engineering Series. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton-London-New York, 2010. – 5. *Farid M.M. (Ed.)*: Mathematical Modelling of Food Processing Contemporary Food Engineering Series. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton-London-New York, 2010. – 6. *Houska M. i in.*: High pressure and foods – fruit/vegetable juices. *J. Food Eng.*, 2006; 77: 386-398. – 7. *Singh P.R., Heldman D.R.*: Introduction to Food Engineering. Academic Press, Boston-London-Paris, 2008. – 8. *Kim Y.-S i in.*: Effects of combined treatment of high hydrostatic pressure and mild heat on the quality of carrot juice. *J. Food Sci.* 2001; 66: 1355-1360. – 9. *Park S.-J., Lee I., Park J.*: Effects of a combined process of high pressure carbon dioxide and high hydrostatic pressure on the quality of carrot juice. *J. Food Sci.* 2002; 5: 1827-1834. – 10. *Aczel A.D.*: Statystyka w zarządzaniu. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2000: 388-421. –

Adres: 81-225 Gdynia, ul. Morska 81-87.