

WALDEMAR ŻYNGIEL, HALINA KOLENDA

## WPLYW WYSOKICH CIŚNIEŃ NA ZAWARTOŚĆ SACHARYDÓW W SOKACH Z MARCHWI UTRWALONYCH TECHNOLOGIĄ HPP

### Streszczenie

Jedną z najnowszych metod przedłużenia trwałości produktów żywnościowych z zachowaniem ich wartości odżywczej i jakości sensorycznej oraz zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów jest technologia wysokociśnieniowa HPP (High Pressure Processing).

Celem pracy było określenie wpływu parametrów utrwalania metodą HPP oraz czasu przechowywania na zakres zmian zawartości sacharydów ogółem i sacharydów redukujących w badanych sokach przecierowych z marchwi. W czasie przechowywania analizowanych soków stwierdzono stopniowe obniżanie się zawartości sacharydów ogółem przy towarzyszącym wzroście zawartości sacharydów redukujących. Stopień zmian analizowanych wskaźników zależał od zastosowanych parametrów procesu kompresji i czasu przechowywania utrwalonych soków.

**Słowa kluczowe:** soki przecierowe z marchwi, sacharydy, parametry procesu HPP, czas przechowywania

### Wprowadzenie

Zainteresowanie żywnością minimalnie przetworzoną spowodowane jest nowym spojrzeniem na rodzaj produktów żywnościowych oferowanych na rynku, wynika też ze wzrostu świadomości i edukacji społeczeństwa w zakresie zasad racjonalnego żywienia oraz profilaktyki związanej z zagadnieniami ochrony zdrowia i środowiska.

Soki warzywne posiadają istotne znaczenie fizjologiczne, są cennym źródłem składników odżywczych i substancji o właściwościach prozdrowotnych, mających charakter związków biologicznie czynnych. Surowe, nie utrwalone soki warzywne charakteryzują się krótkim okresem trwałości ze względu na szybko postępujące niekorzystne zmiany mikrobiologiczne i enzymatyczne. Konwencjonalne, termiczne metody utrwalania stosowane w produkcji soków na skalę przemysłową powodują zmiany ich niektórych właściwości bioaktywnych i cech sensorycznych.

Rozwój nowych i modyfikacja technologii tradycyjnych ma na celu maksymalne ograniczenie procesów termicznych, powodujących istotne zmiany w strukturze i składnikach surowca. Koncepcja nowoczesnych, alternatywnych technologii utrwalania opiera się na założeniu „minimalnego przetwarzania” dla zachowania wysokiej wartości odżywczej i naturalnych cech sensorycznych żywności z jednoczesnym zapewnieniem trwałości oraz bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów. Wymagania te spełnia technologia wysokociśnieniowa HPP (High Pressure Processing) [2, 10, 11].

Zaletą tak utrwalonej żywności, określanej też terminem „*fresh like*”, jest wysoka jakość zdrowotna i trwałość, z zachowaniem naturalnych walorów odżywczych i sensorycznych w porównaniu z produktami utrwalonymi metodami klasycznymi [2, 5, 14, 15]. Szeroki asortyment produktów żywnościowych utrwalonych metodą HPP w skali przemysłowej oferowany jest na rynku konsumenta w Japonii, USA i niektórych krajach Europy [6, 7, 8]. Żywnością utrwalaną metodą HPP jest też zainteresowany m.in. Departament Obrony USA i NASA. Prowadzone na szeroką skalę prace badawcze i zastosowania aplikacyjne na potrzeby armii amerykańskiej prowadzone przez ośrodki naukowe i przemysłowe w USA koordynowane są przez ośrodek U.S. Army Natick Soldier Research, Development & Engineering Center (RDECOM), Combat Feeding Innovative Science Team, Natick, Massachusetts. Na zamówienie NASA wyprodukowano i poddano testom m.in. partie jogurtów owocowych o przedłużonym okresie trwałości, utrwalonych metodą HPP.

Warunkiem przydatności metody HPP do utrwalania żywności jest ustalenie takich parametrów procesu utrwalania, które nie powodują obniżenia wartości odżywczej i jakości sensorycznej produktu oraz wpływają bezpośrednio na jego trwałość w wyniku ograniczenia lub eliminacji zmian enzymatycznych i mikrobiologicznych [2, 3, 4, 5, 9, 12, 13].

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu parametrów procesu kompresji oraz czasu przechowywania na stopień zmian zawartości sacharydów w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych technologią HPP w czasie przechowywania utrwalonych soków przez okres 3 miesięcy w temperaturze  $4 \pm 6^{\circ}\text{C}$  na podstawie przeprowadzonych cyklicznie badań w odstępach miesięcznych.

### **Material i metody badań**

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  $50\text{ cm}^3$  i  $100\text{ cm}^3$ , wykonanych z polietylenu wysokociśnieniowego LDPE, posiadających atest dopuszczalnego kontaktu ze środkami spożywczymi. Surowe soki przecierowe z marchwi utrwalono metodą wysokociśnieniową z zastosowaniem zróżnicowanych parametrów procesu kompresji (ciśnie-

nie/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 i 600 MPa/10min./20°C. Proces utrwalania technologią HPP przeprowadzono w Instytucie Wysokich Ciśnień PAN - UNIPRESS w Warszawie. Zakres badań obejmował m.in. analizę zawartości sacharydów ogółem i zawartości sacharydów redukujących metodą kolorymetryczną wg Talburta i Sowokinosa w modyfikacji IHAR w sokach surowych oraz w sokach utrwalonych metodą HPP przy ustalonych parametrach procesu kompresji, przechowywanych w temperaturze  $4 \div 6^\circ\text{C}$  przez okres 3 miesięcy. Analizy badanych sacharydów wykonano w trzech równoległych powtórzeniach, cyklicznie w odstępach miesięcznych. Przeprowadzono analizę statystyczną uzyskanych wyników badań w zależności od zastosowanych parametrów procesu HPP i czasu przechowywania utrwalonych soków z wykorzystaniem programu StatSoft Statistica 6.0 PL. W pracy podano wartości statystyki testowej  $F$  i istotności testu dla analizy wariancji jednoczynnikowej i analizy post hoc (testu RIR Tukeya) na poziomie istotności  $p = 0,05$  [1].

### Wyniki i dyskusja

Analizując wpływ parametrów procesu utrwalania na stopień zmian zawartości sacharydów 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). Miary te pozwalają na wykonanie podstawowego opisu uzyskanych wyników badań zestawionych w Tab.1, przedstawionych w tab. 2 oraz na rys. 1 i 2.

We wszystkich utrwalonych sokach z marchwi odnotowano obniżenie się średniej zawartości sacharydów ogółem. Stopień zaobserwowanych zmian zależał od zastosowanych parametrów w procesie utrwalania techniką wysokich ciśnień. Największe obniżenie się zawartości sacharydów ogółem stwierdzono w sokach z marchwi utrwalonych przy wyższej temperaturze procesu kompresji: 350 MPa/20min./40°C i 400 MPa/20min./40°C. Niższy stopień zmian badanych sacharydów odnotowano w sokach utrwalonych przy 350 MPa/20min./20°C, 400 MPa/20min./20°C i 500 MPa/10min./20°C. Najniższe zmiany zawartości sacharydów ogółem stwierdzono w sokach utrwalonych z zastosowaniem wyższych wartości ciśnienia, tj. przy 600 MPa/10min./20°C i 500 MPa/20min./20°C (tab.2, rys. 1).

Zmniejszeniu się zawartości sacharydów ogółem w analizowanych sokach z marchwi utrwalonych metodą HPP przy różnych parametrach procesu towarzyszył obserwowany wzrost zawartości sacharydów redukujących (Tab. 2).

Tabela 1

Kształtowanie się zawartości sacharydów ogółem i sacharydów redukujących w badanych sokach z marchwi [g/100g]

The contents of total saccharides and reducing saccharides in the researched carrot juices [g/100g]

Lp. No.	Soki z badanych odmian marchwi Smoothies juices from selected carrot varieties	Parametry utrwalania HPP parameters [MPa/min./°C]	Soki surowe Raw juices		Soki utrwalone przechowywane w temp. 4 ÷ 6°C [miesiące] HPP processed juices stored at 4 ÷ 6°C [months]								
					0		1		2		3		
					*I	*II	*I	*II	*I	*II	*I	*II	*I
1.	FLACORO POL	350 MPa/20'/20°C	5,64	1,71	5,52	1,74	5,20	1,92	4,85	2,35	4,26	2,89	
	VITANA F1 NZ		6,53	2,42	6,47	2,46	6,29	2,84	6,08	3,23	5,81	3,54	
	NANDRIN F1 BZ		7,81	4,14	7,65	4,26	7,09	4,69	6,45	5,23	5,92	5,61	
	MONANTA RZ		8,13	2,99	8,10	3,06	7,86	3,51	6,78	4,10	6,40	4,19	
	Wartości średnie / Mean values		7,03	2,82	6,94	2,88	6,61	3,24	6,04	3,73	5,60	4,06	
	Odchylenia standardowe / SD		±1,15	±1,03	±1,17	±1,07	±1,14	±1,17	±0,84	±1,23	±0,93	±1,16	
2.	NANDRIN F1 BZ	350 MPa/20'/40°C	7,81	4,14	7,42	4,33	6,86	5,13	6,04	5,64	5,52	6,03	
	MONANTA RZ		8,13	2,99	7,92	3,11	7,18	3,84	6,65	4,26	5,97	4,40	
	Wartości średnie / Mean values		7,97	3,57	7,67	3,72	7,02	4,49	6,35	4,95	5,75	5,22	
	Odchylenia standardowe / SD		±0,93	±0,81	±0,35	±0,86	±0,23	±0,91	±0,43	±0,98	±0,32	±1,15	
3.	FLACORO POL	400 MPa/20'/20°C	5,64	1,71	5,56	1,72	5,34	1,84	4,91	2,29	4,42	2,74	
	VITANA F1 NZ		6,53	2,42	6,49	2,45	6,36	2,69	6,18	3,12	5,92	3,36	
	NANDRIN F1 BZ		7,81	4,14	7,73	4,18	7,12	4,55	6,70	5,01	6,19	5,43	
	MONANTA RZ		8,13	2,99	8,12	3,05	7,99	3,35	7,20	3,67	6,89	4,01	
	BARBARA F1 RZ		7,85	2,11	7,44	2,23	7,12	2,34	6,83	3,14	6,31	3,61	
	Wartości średnie / Mean values		7,19	2,67	7,07	2,73	6,79	2,94	6,36	3,45	5,95	3,83	
	Odchylenia standardowe / SD		±1,07	±0,94	±1,04	±0,94	±0,99	±1,05	±0,89	±1,00	±0,92	±1,01	
4.	NANDRIN F1 BZ	400 MPa/20'/40°C	7,81	4,14	7,53	4,20	6,97	4,94	6,12	5,49	5,64	5,89	
	MONANTA RZ		8,13	2,99	8,08	3,08	7,53	3,63	6,85	3,89	6,14	4,21	
	RIGA F1 RZ		4,87	1,76	4,77	1,80	4,10	1,93	3,46	2,22	3,10	2,41	
	Wartości średnie / Mean values		6,94	2,96	6,79	3,03	6,20	3,50	5,48	3,87	4,96	4,17	
	Odchylenia standardowe / SD		±1,80	±1,19	±1,77	±1,20	±1,84	±1,51	±1,78	±1,64	±1,63	±1,74	
5.	BARBARA F1 RZ	500 MPa/10'/20°C	7,85	2,11	7,67	2,16	7,22	2,25	7,07	2,87	6,75	3,22	
	RIGA F1 RZ		4,87	1,76	4,80	1,79	4,55	1,84	4,12	2,05	3,83	2,27	
	Wartości średnie / Mean values		6,36	1,94	6,24	1,98	5,89	2,05	5,60	2,46	5,29	2,75	
	Odchylenia standardowe / SD		±2,11	±0,25	±2,03	±0,26	±1,89	±0,29	±2,09	±0,58	±2,06	±0,67	
6.	KAZAN F1 BZ	500 MPa/20'/20°C	7,43	2,97	7,27	3,04	7,16	3,47	7,03	3,63	6,98	3,74	
	MACON F1 RZ		7,91	2,86	7,76	3,19	7,47	3,21	7,37	3,54	7,02	3,66	
	Wartości średnie / Mean values		7,67	2,92	7,52	3,12	7,32	3,34	7,20	3,59	7,00	3,70	
	Odchylenia standardowe / SD		±0,34	±0,08	±0,35	±0,11	±0,22	±0,18	±0,24	±0,06	±0,03	±0,06	

7.	KAZAN F1 BZ	600 MPa/10'/20°C	7,43	2,97	7,37	3,03	7,23	3,11	7,18	3,50	6,93	3,67
	MACON F1 RZ		7,91	2,86	7,83	3,12	7,64	3,22	7,52	3,30	7,26	3,49
	Wartości średnie / Mean values		7,67	2,92	7,60	3,08	7,44	3,17	7,35	3,40	7,10	3,58
	Odchylenia standardowe / SD		±0,34	±0,08	±0,33	±0,06	±0,29	±0,08	±0,24	±0,14	±0,23	±0,13
Wartości średnie / Mean values		7,21	2,81	7,07	2,90	6,73	3,21	6,30	3,63	5,89	3,92	
Odchylenia standardowe / SD		±1,11	±0,83	±1,09	±0,86	±1,09	±0,74	±1,12	±1,07	±1,14	±1,09	
*I – Zawartość sacharydów ogółem / Total saccharides content; *II – Zawartość sacharydów redukujących / Reducing saccharides content												

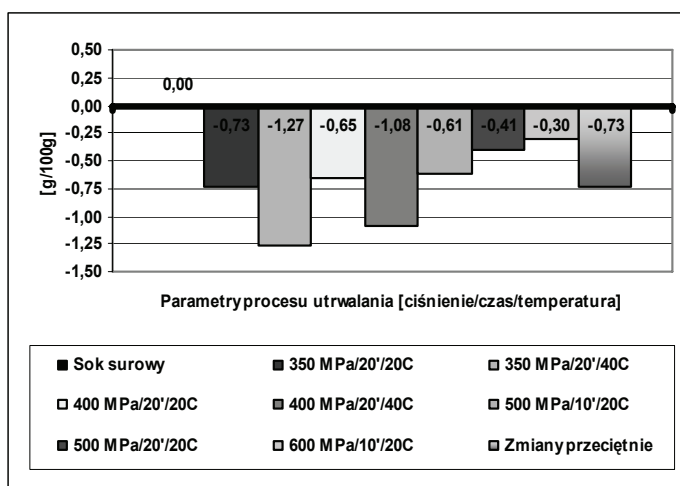
Wielkość zmian była istotnie zróżnicowana i kształtowała się w zależności od zastosowanych parametrów procesu kompresji. Najwyższy wzrost średniej zawartości sacharydów redukujących stwierdzono w sokach z marchwi utrwalonych przy wyższej temperaturze procesu HPP: 350 MPa/20min./40°C oraz 400 MPa/20min/40°C. Zawartość badanych sacharydów zwiększyła się w mniejszym stopniu w sokach utrwalonych przy parametrach: 350 MPa/20min/20°C, 400 MPa/20min/20°C i 500 MPa/20min/20°C). W sokach poddanych kompresji przez dwukrotnie krótszy okres czasu w porównaniu z pozostałymi sokami, tj. przy 500 MPa/10min./20°C i 600 MPa/10min./20°C, stwierdzono najniższy wzrost zawartości sacharydów redukujących (tab. 2, rys. 2).

Tabela 2

Kształtowanie się wartości średnich i odchyłeń standardowych dla różnic zawartości badanych sacharydów ogółem [g/100g] i sacharydów redukujących [g/100g] w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP w zależności od zastosowanych parametrów procesu utrwalania  
Mean values and standard deviations for differences of analyzed total saccharides content [g/100g] and reducing saccharides content [g/100g] in the pressurized carrot juices according to HPP parameters

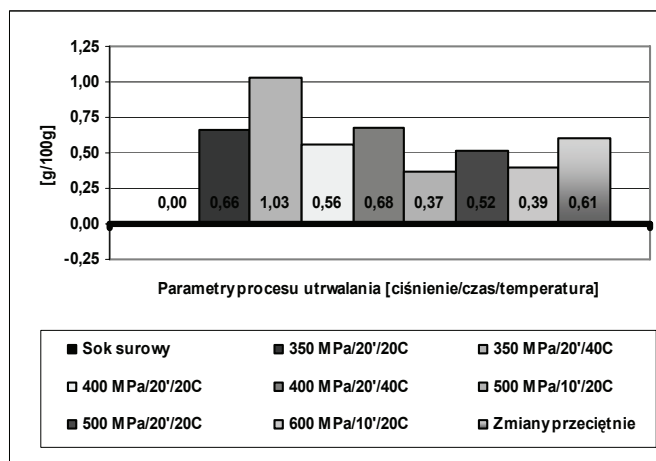
Parametry procesu utrwalania HPP parameters [MPa/min./°C]		350 MPa/20'/20°C	350 MPa/20'/40°C	400 MPa/20'/20°C	400 MPa/20'/40°C	500 MPa/10'/20°C	500 MPa/20'/20°C	600 MPa/10'/20°C	***Przeciętnie Average	
*I	Miara Value	Średnia / Mean	-0,732	-1,275	-0,651	-1,079	-0,609	-0,413	-0,300	-0,731
		Odchylenie / SD	0,622	0,777	0,515	0,742	0,384	0,239	0,204	0,608
*II	Miara Value	Średnia / Mean	0,661	1,028	0,565	0,678	0,371	0,520	0,390	0,606
		Odchylenie / SD	0,487	0,625	0,464	0,556	0,393	0,255	0,228	0,479
*I – Sacharydy ogółem / Total saccharides content [g/100g]										
**II – Sacharydy redukujące / Reducing saccharides content [g/100g]										
*** – Wartość średnia i odchylenie standardowe dotyczą miar liczonych na podstawie wszystkich wyników badanych wskaźników / The mean value and standard deviation are related to calculated measurements based on all results of researched factors										

Weryfikację wpływu parametrów procesu utrwalania metodą HPP na kształtowanie się zawartości sacharydów ogółem i zawartości sacharydów redukujących w badanych sokach z marchwi 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 badanych wskaźników (tab. 3).



Rys. 1. Wpływ parametrów procesu utrwalania metodą HPP na zmiany zawartości sacharydów ogółem w badanych sokach z marchwi [g/100g]

Fig. 1. The impact of HPP parameters on total saccharides content in the researched carrot juices [g/100g]



Rys. 2. Wpływ parametrów procesu utrwalania metodą HPP na zmiany zawartości sacharydów redukujących w badanych sokach z marchwi [g/100g]

Fig. 2. The impact of HPP parameters on reducing saccharides content in the researched carrot juices [g/100g]

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że parametry procesu utrwalania miały istotny wpływ na zakres zmian zawartości sacharydów ogółem w badanych sokach z marchwi, natomiast nie stwierdzono istotnie statystycznego wpływu parametrów procesu HPP na kształtowanie się zmian zawartości sacharydów redukujących (tab. 3). Celem dalszej analizy post hoc za pomocą testu rozsądnej istotnej różnicy (RIR) Tukeya było wskazanie grup parametrów procesu utrwalania HPP, po zastosowaniu których analizowane soki charakteryzowały się zbliżoną (statystycznie) wartością średnią sacharydów ogółem.

Tabela 3

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

The values of  $F$  test statistics and test's importance in the analysis of the impact of HPP parameters on total saccharides content and reducing saccharides content in the pressurized carrot juices

Badany wskaźnik Analyzed factor	Wartość statystyki $F$ $F$ test statistics value	*Istotność testu Test importance
Sacharydy ogółem Total saccharides	*3,389	0,005
Sacharydy redukujące Reducing saccharides	1,894	0,093
Wartość krytyczna statystyki testowej $F_{(6, 73; 0,05)} = 2,226$ / $F$ test statistics critical value		
* Istotność na poziomie $p = 0,05$ / Test importance level		

Tabela 4

Wyniki testu Tukeya dla istotności wpływu parametrów utrwalania na zawartość sacharydów ogółem w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP

The results of Tukey's test of HPP parameters significance impact on total saccharides content in the pressurized carrot juices

	Parametry procesu utrwalania / HPP parameters [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=-0,732	M=-1,275	M=-0,651	M=-1,079	M=-0,609	M=-0,413	M=-0,300
350/20/20							
350/20/40	0,287						
400/20/20	1,000	0,122					
400/20/40	0,667	0,987	0,366				
500/10/20	0,999	0,221	1,000	0,525			
500/20/20	0,841	*0,044	0,948	0,138	0,992		
600/10/20	0,564	*0,014	0,744	*0,048	0,925	1,000	
M – wartość średnia dla danego parametru utrwalania / Mean value for HPP parameter							
*Istotność różnic wartości średnich na poziomie $p=0,05$ / Significance differences of mean values							

Analiza post hoc wykazała, że istotne statystyczne różnice średniej zawartości sacharydów ogółem występują między sokami z marchwi utrwalonymi przy 350 MPa/20min/40°C, a 500 MPa/20min/20°C i 600 MPa/10min/20°C oraz między sokami

utrwalonymi przy 400 MPa/20min/40°C, a 600 MPa/10min/20°C. Soki utrwalone przy wyższych wartościach ciśnienia, tj. 500 MPa/20min/20°C i 600 MPa/10min/20°C, charakteryzowały się istotnie mniejszym stopniem obniżenia się średniej zawartości sacharydów ogółem w porównaniu z sokami utrwalonymi z zastosowaniem wyższej temperatury w procesie HPP przy ciśnieniu 350 i 400 MPa (tab. 4).

### Wpływ czasu przechowywania

Stopień zmian sacharydów ogółem i sacharydów redukujących w badanych sokach przecierowych z marchwi w zależności od czasu przechowywania, stwierdzony bezpośrednio po utrwaleniu metodą HPP oraz cyklicznie w odstępach miesięcznych podczas przechowywania utrwalonych soków w warunkach chłodniczych przez okres 3 miesięcy przedstawiono w tab. 5. i rys. 3. i 4.

Tabela 5

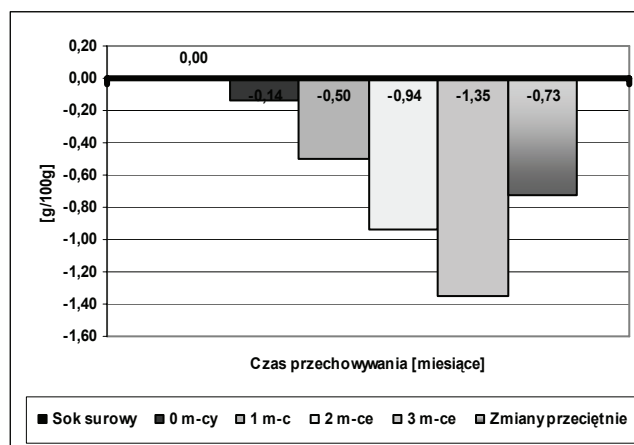
Kształtowanie się wartości średnich i odchyłeń standardowych dla różnic zawartości badanych sacharydów ogółem [g/100g] i sacharydów redukujących [g/100g] w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP w zależności od czasu przechowywania

Mean values and standard deviations for differences of analyzed total saccharides content [g/100g] and reducing saccharides content [g/100g] in the pressurized carrot juices according to storage period

Czas przechowywania [miesiące] Storage period [months]			0	1	2	3	**Przeciętnie Average
*I	Miara Value	Średnia / Mean	-0,136	-0,497	-0,942	-1,348	-0,731
		Odchylenie / SD	0,112	0,271	0,471	0,594	0,608
**II	Miara Value	Średnia / Mean	0,091	0,406	0,818	1,110	0,606
		Odchylenie / SD	0,082	0,258	0,322	0,375	0,479
*I – Sacharydy ogółem / Total saccharides content [g/100g]							
**II – Sacharydy redukujące / Reducing saccharides content [g/100g]							
*** – Wartość średnia i odchylenie standardowe dotyczą miar liczonych na podstawie wszystkich wyników badanych wskaźników / The mean value and standard deviation are related to calculated measurements based on all results of researched factors							

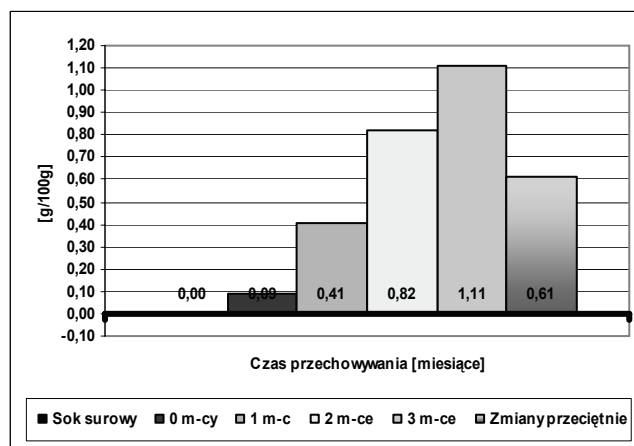
Podczas przechowywania utrwalonych soków z marchwi odnotowano istotne zmniejszenie się zawartości sacharydów ogółem na każdym etapie prowadzonych badań w odniesieniu do ich zawartości w sokach surowych (tab. 5, rys. 3). Stwierdzono systematyczny wzrost zawartości sacharydów redukujących w analizowanych sokach z marchwi w czasie całego okresu ich przechowywania w porównaniu z zawartością w sokach surowych (tab. 5, rys. 3 i 4).





Rys. 3. Wpływ czasu przechowywania na zmiany zawartości sacharydów ogółem w badanych sokach z marchwi [g/100g]

Fig. 3. The impact of storage period on total saccharides content in the researched carrot juices [g/100g]



Rys. 4. Wpływ czasu przechowywania na zmiany zawartości sacharydów redukujących w badanych sokach z marchwi [g/100g]

Fig. 4. The impact of storage period on reducing saccharides content in the researched carrot juices [g/100g]

*Wpływ czasu przechowywania na zakres zmian zawartości sacharydów ogółem i sacharydów redukujących w sokach z marchwi utrwalonych techniką wysokich ciśnień zweryfikowano na podstawie analizy statystycznej.*

Do interpretacji wyników badań zastosowano test analizy wariancji jednoczynnikowej w celu określenia istotności wpływu czasu przechowywania na kształtowanie się wartości średnich badanych wskaźników.

Wyniki analizy wariancji jednoczynnikowej wykazały istotny wpływ czasu przechowywania na kształtowanie się zmian zawartości sacharydów ogółem oraz sacharydów redukujących w utrwalonych sokach z marchwi (tab. 6).

Celem dalszej analizy post hoc z zastosowaniem testu rozsądnej istotnej różnicy (RIR) Tukeya było wskazanie przedziałów czasowych, w których poszczególne badane wskaźniki w analizowanych sokach charakteryzowały się zbliżoną (statystycznie) wartością średnią. Wyniki przeprowadzonych testów Tukeya wykazały istotny wpływ czasu przechowywania na kształtowanie się zawartości sacharydów ogółem i sacharydów redukujących w sokach z marchwi utrwalonych metodą HPP. Statystycznie istotne różnice stwierdzono pomiędzy wszystkimi wartościami średnimi badanych wskaźników na każdym etapie przeprowadzonych badań. W czasie przechowywania odnotowano obniżenie się wartości średnich sacharydów ogółem oraz wzrost wartości średnich sacharydów redukujących (tab. 7 i 8).

Tabela 6

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

The values of  $F$  test statistics and test's importance in the analysis of the impact of storage period on total saccharides content and reducing saccharides content in the pressurized processed carrot juices

Badany wskaźnik Analyzed factor	Wartość statystyki $F$ $F$ test statistics value	*Istotność testu Test importance
Sacharydy ogółem Total saccharides	*33,667	0,000
Sacharydy redukujące Reducing saccharides	*50,665	0,000
Wartość krytyczna statystyki testowej $F_{(3, 76; 0,05)} = 2,725$ / $F$ test statistics critical value * Istotność na poziomie $p = 0,05$ / Test importance level		

Tabela 7

Wyniki testu Tukeya dla istotności wpływu czasu przechowywania na zawartość sacharydów ogółem w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP

The results of Tukey's test of storage period significance impact on total saccharides content in the pressurized carrot juices

	Czas przechowywania [miesiące] / Storage period [months]			
	0	1	2	3
	M=-0,136	M=-0,497	M=-0,942	M=-1,348
0 m-cy				
1 m-c	*0,031			
2 m-ce	*0,000	*0,005		
3 m-ce	*0,000	*0,000	*0,012	
M – wartość średnia dla danego parametru utrwalania / Mean value for HPP parameter *Istotność różnic wartości średnich na poziomie $p=0,05$ / Significance differences of mean values				

Tabela 8

Wyniki testu Tukeya dla istotności wpływu czasu przechowywania na zawartość sacharydów redukujących w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP  
The results of Tukey's test of storage significance impact on reducing saccharides content in the pressurized carrot juices

	Czas przechowywania [miesiące] / Storage period [months]			
	0	1	2	3
	M=0,091	M=0,406	M=0,818	M=1,110
0 m-cy				
1 m-c	*0,004			
2 m-ce	*0,000	*0,000		
3 m-ce	*0,000	*0,000	*0,009	

M – wartość średnia dla danego parametru utrwalania / Mean value for HPP parameter  
\*Istotność różnic wartości średnich na poziomie  $p=0,05$  / Significance differences of mean values

*Interakcja wpływu parametrów procesu utrwalania metodą HPP i czasu przechowywania w efekcie wspólnym na zmiany zawartości analizowanych sacharydów w badanych sokach*

Przy ocenie jakości i trwałości soków przecierowych z marchwi utrwalonych techniką wysokich ciśnień istotnym zagadnieniem jest uwzględnienie wszystkich czynników wpływających na analizowane wskaźniki w materiale badawczym. W przeprowadzonej analizie statystycznej dotyczącej występowania efektu wspólnego (specyficznej interakcji) parametrów procesu utrwalania i czasu przechowywania zastosowano analizę wariancji dwuczynnikowej.

Tabela 9

Wartości statystyki testowej  $F$  oraz istotności testu w analizie interakcji wpływu parametrów procesu utrwalania i czasu przechowywania na badane wskaźniki w sokach przecierowych z marchwi utrwalonych metodą HPP  
The values of  $F$  test statistics and test's importance in the interaction impact analysis of HPP parameters and storage period on total saccharides content and reducing saccharides content in the pressurized processed carrot juices

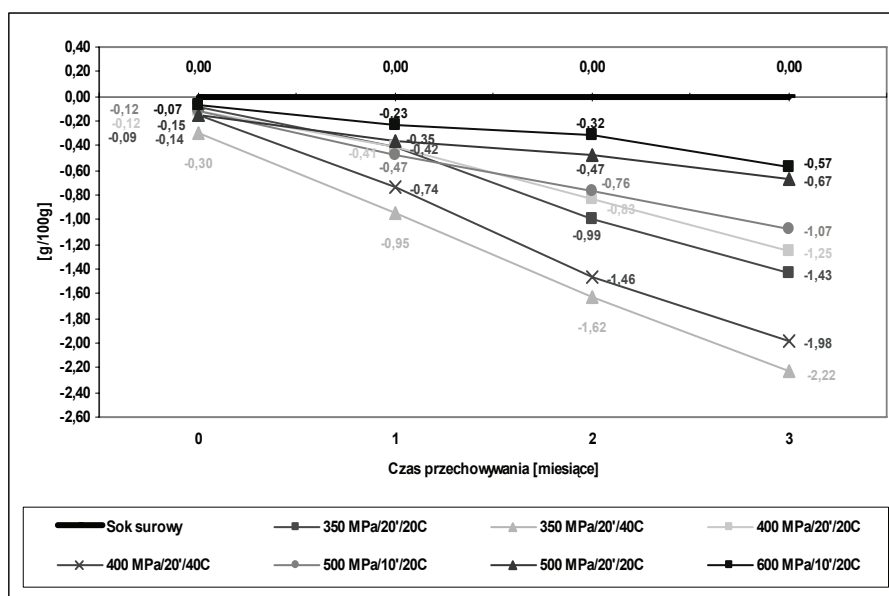
Badany wskaźnik Analyzed factor	Wartość statystyki $F$ $F$ test statistics value	*Istotność testu Test importance
Sacharydy ogółem Total saccharides	*2,238	0,012
Sacharydy redukujące Reducing saccharides	1,330	0,209

Wartość krytyczna statystyki testowej  $F_{(18, 52; 0,05)} = 1,806$  /  $F$  test statistics critical value  
\* Istotność na poziomie  $p = 0,05$  / Test importance level

Na podstawie analizy statystycznej nie stwierdzono efektu interakcji wpływu parametrów procesu kompresji i czasu przechowywania na kształtowanie się istotnych różnic w zawartości sacharydów redukujących w badanych sokach z marchwi utrwalo-

nych metodą wysokociśnieniową (tab. 9). Istotne różnice w kształtowaniu się zawartości sacharydów ogółem w badanych sokach przecierowych z marchwi w istotnym stopniu spowodowane były efektem interakcji pomiędzy zastosowanymi parametrami procesu utrwalania, a czasem przechowywania utrwalonych soków (tab. 9).

Tendencja zachodzących zmian w czasie przechowywania analizowanych soków wykazała, że zawartość sacharydów ogółem obniżyła się w istotnym stopniu w sokach z marchwi utrwalonych z zastosowaniem wyższej temperatury w procesie kompresji przy parametrach: 350 MPa/20min/40°C i 400 MPa/20min/40°C. Niższy stopień zmian badanych sacharydów stwierdzono w sokach utrwalonych z zastosowaniem wyższych wartości ciśnienia przy parametrach: 500 MPa/20min/20°C i 600 MPa/10min/20°C (rys. 5).



Rys. 5. Zmiany zawartości sacharydów ogółem [g/100g] w sokach z marchwi utrwalonych metodą HPP w porównaniu do soku surowego w zależności od zastosowanych parametrów procesu utrwalania i czasu przechowywania [ $F_{(18, 52)} = 2,54$ ;  $p < 0,0124$ ]

Fig. 5. The changes in total saccharides content [g/100g] in the pressurized carrot juices compared to the raw juice, depending of HPP parameters and storage time [ $F_{(18, 52)} = 2,54$ ;  $p < 0,0124$ ]

## Wnioski

1. Zastosowanie wyższych wartości ciśnienia w procesie utrwalania, 500 MPa i 600 MPa, miało istotny wpływ na mniejszy zakres zmian zawartości sacharydów ogółem i sacharydów redukujących w badanych sokach.

2. Zastosowanie wyższej temperatury w procesie utrwalania metodą HPP spowodowało większe obniżenie się zawartości sacharydów ogółem i wyższy wzrost zawartości sacharydów redukujących w analizowanych sokach z marchwi.
3. Stwierdzono istotny statystycznie wpływ parametrów procesu HPP na obniżanie się zawartości sacharydów ogółem w badanych sokach.
4. Czas przechowywania miał istotny statystycznie wpływ na obniżanie się zawartości sacharydów ogółem i wzrost zawartości sacharydów redukujących w sokach z marchwi utrwalonych metodą wysokociśnieniową.
5. Stwierdzono występowanie efektu wspólnego we wpływie parametrów procesu HPP i czasu przechowywania na zmiany zawartości sacharydów ogółem w badanych sokach.

### Literatura

- [1] Aczel A.D.: Statystyka w zarządzaniu. Wyd. Naukowe PWN. Warszawa 2000.
- [2] Barbosa-Canovas G.V., Tapia M.S., Cano P.M. (Eds.): Novel Food Processing Technologies. CRC Press Marcel Dekker Boca Raton London New York Washington D.C. 2005.
- [3] Butz P., Tauscher B.: Emerging technologies: Chemical aspects. *Food Res. Int.*, 2002, 35, 279-284.
- [4] Butz P., Edenharder R., Fernandez Garcia A., Fister H., Merkel C., Tauscher B.: Changes in functional properties of vegetables induced by high pressure treatment. *Food Res. Int.*, 2002, 35, 295-300.
- [5] Butz P., Garcia F.A., Lindauer R., Dieterich S., Bogner A., Tauscher B.: Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. *J. Food Eng.*, 2003, 56, 233-236.
- [6] Butz P., Needs E.C., Baron A., Bayer O., Geisel B., Gupta B., Oltersdorf U., Tauscher B.: Consumer attitudes to high pressure food processing. *Food Agri. Environ.*, 2003, 1, 30-34.
- [7] Cardello A.V., Schutz H.G., Leshner L.L.: Consumer perceptions of foods processed by innovative and emerging technologies: A conjoint analytic study. *Inn. Food Sci. Emerging Technol.*, 2007, 8, 73-83.
- [8] Deliza R., Rosenthal A., Silva A.L.S.: Consumer attitude towards information on non conventional technology. *Trends Food Sci. Tech.*, 2003, 14, 43-49.
- [9] Deliza R., Rosenthal A., Abadio F.B.D., Silva C.H.O., Castillo C.: Application of high pressure technology in the fruit juice processing: benefits perceived by consumers. *J. Food Eng.*, 2005, 67, 241-246.
- [10] Heldman D.R., Lund D.B. (Eds.): Handbook of Food Engineering, Second Edition. CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton New York London 2007.
- [11] Hendrix M.E.G., Knorr D.: Ultra High Pressure Treatment of Foods. Kluwer Academic/Plenum Publishers New York 2002.
- [12] Houska M., Strohalm J., Kocurova K., Totusek J., Lefnerova D., Riska J., Vrchotova N., Fiedlerova V., Holasova M., Gabrovska D., Paulickova I.: High pressure and foods – fruit/vegetable juices. *J. Food Eng.*, 2006, 77, 386-398.
- [13] Kim Y.-S., Park S.-J., Cho Y.-H., Park J.: Effects of combined treatment of high hydrostatic pressure and mild heat on the quality of carrot juice. *J. Food Sci.*, 2001, 66, 1355-1360.
- [14] Matser A.M., Krebbers B., van den Berg R.W., Bartels P.V.: Advantages of high pressure sterilization on quality of food products. *Trends Food Sci. Tech.*, 2004, 15, 79-85.
- [15] Torres J.A., Velazquez G.: Commercial opportunities and research challenges in the high pressure processing of foods. *J. Food Eng.*, 2005, 67, 95-112.

**THE INFLUENCE OF HIGH PRESSURES ON CONTENT OF SACCHARIDES  
IN PRESSURIZED CARROT JUICES**

## S u m m a r y

High pressure processing (HPP) is one of the emerging technologies in food processing and preservation which offers the opportunity of producing food of high quality, greater safety and increased shelf-life. The purpose of this study was to determine the impact of HPP parameters and storage time on the range of changes in total saccharides and reducing saccharides contents in the pressure processed carrot juices. During the reported storage period observed decrease of total saccharides content was associated with an increase of reducing saccharides content. The extent of noticed changes of analyzed factors depended of compression parameters and storage time of the researched carrot juices.

**Key words:** carrot juices, saccharides, HPP parameters, storage time ☒