

MAGDALENA MICHALCZYK, RYSZARD MACURA, GRZEGORZ FIUTAK

WPLYW WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA NA ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH W NIEUTRWALONYCH TERMICZNIE SOKACH OWOCOWYCH I WARZYWNYCH

Streszczenie

Nieutrwalone termicznie soki owocowe i warzywne o krótkim dopuszczalnym okresie przechowywania są popularnymi produktami o niskim stopniu przetworzenia. Wytwarza się je m.in. z owoców cytrusowych, jabłek, marchwi, buraków, a także innych warzyw. Celem pracy była ocena stabilności wybranych produktów w czasie ich składowania. Ocenie poddano świeże oraz przechowywane handlowe soki marchwiowe, marchwiowo-selerowe i jabłkowe. Produkty składowano bez dostępu światła w temp. 0 ± 1 °C i 6 ± 1 °C oraz przy jego dostępie w temp. 6 ± 1 °C. W wyrobach oznaczono zawartość karotenoidów, polifenoli ogółem, witaminy C, suchej masy, barwę w systemie CIE $L^*a^*b^*$, aktywność polifenolooksydazy oraz właściwości antyoksydacyjne. Zawartość karotenoidów ogółem w świeżych sokach marchwiowych i marchwiowo-selerowych wynosiła $55 \div 78$ mg·kg⁻¹. Zawartość polifenoli ogółem w sokach jabłkowych wynosiła $1740 \div 1810$ mg·kg⁻¹, a w marchwiowych i marchwiowo-selerowych – $651 \div 882$ mg·kg⁻¹. W przewidzianym okresie przechowywania bardzo dobrą stabilnością pod względem zawartości badanych składników bioaktywnych cechowały się soki składowane w temp. 0 ± 1 °C bez dostępu światła. Różnica barwy (ΔE) między próbkami świeżymi a składowanymi we wszystkich warunkach wynosiła poniżej 2. Uzyskane wyniki wskazują, że ze względu na dość dużą zawartość oznaczonych substancji bioaktywnych surowe soki mogą być rozważane jako substytut świeżych owoców i warzyw.

Słowa kluczowe: surowe soki, przechowywanie, karotenoidy, witamina C, polifenole ogółem

Wprowadzenie

Wzrastające zapotrzebowanie na różnego rodzaju owocowe i warzywne produkty nisko przetworzone spowodowało, że nieutrwalone termicznie soki o bardzo krótkim okresie przydatności do spożycia znalazły się w stałej ofercie handlowej. Zalecany przez producentów dopuszczalny czas przechowywania tych produktów zależy od

Dr hab. inż. M. Michalczyk, dr hab. inż. R. Macura, dr inż. G. Fiutak, Katedra Chłodnictwa i Koncentratów Spożywczych, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: rrmichal@cyf-kr.edu.pl

gatunku surowca wykorzystywanego do produkcji i wynosi zwykle od jednego do kilku dni. Surowcem do produkcji wyrobów nisko przetworzonych są najczęściej owoce cytrusowe, marchew, seler, jabłka, buraki i jarmuż, czasem sprzedawane są również soki z kiszanej kapusty. Jednak rozwój tego sektora przemysłu jest ograniczany właśnie krótkim okresem przydatności soków [25]. Oceną jakości mikrobiologicznej soków marchwiowych dostępnych w handlu zajmowały się Gientka i wsp. [9]. Nie stwierdziły one obecności drobnoustrojów patogennych w analizowanych próbkach. Po okresie przechowywania odnotowały natomiast wzrost zanieczyszczenia mikrobiologicznego soków w części grup oznaczanych mikroorganizmów, w tym ogólnej liczby drobnoustrojów.

Newman i wsp. [15] zwracają uwagę, że informacje na temat zawartości składników odżywczych w tych produktach są bardzo ograniczone, a spożycie neutralnych soków może mieć duży udział w dostarczaniu cennych składników codziennej diety. Stąd też, zdaniem cytowanych autorów, niezbędna jest bardziej dokładna charakterystyka świeżych soków warzywnych i owocowych pod względem ich wartości odżywczej i prozdrowotnej. Takie soki mogą być też dla części konsumentów bardziej atrakcyjne sensorycznie niż surówki uzyskane z tych samych warzyw i dzięki temu stanowić istotną część jadłospisu pod względem dietetycznym. W licznych badaniach udowodniono, że spożycie surowych warzyw ma zdecydowanie korzystny wpływ na zdrowie [1, 10, 26]. W niektórych publikacjach [1, 8] podkreśla się znaczenie surowych warzyw, ponieważ ich autorzy nie zaobserwowali podobnie korzystnego wpływu warzyw gotowanych na zmniejszenie zapadalności na badane choroby nowotworowe. Steinmetz i Potter [26] podają, że w 85 % analizowanych przez nich badań wskazuje się na ochronny wpływ surowych warzyw przeciw zachorowaniom na nowotwory. Wśród warzyw o najbardziej korzystnym wpływie na zdrowie autorzy wymieniają warzywa cebulowe, kapustowate, warzywa zielone, a także marchew i pomidory.

Celem pracy była ocena wpływu warunków przechowywania na zawartość substancji bioaktywnych w handlowych, neutralnych termicznie sokach marchwiowym, marchwiowo-selerowym i jabłkowym.

Material i metody badań

Surowcem do badań przechowalniczych były neutralne cieplnie soki składowane w butelkach z bezbarwnego szkła, pochodzące od różnych producentów (I i II). Oceniano soki: marchwiowy, marchwiowo-selerowy i jabłkowy. Próbki przechowywano w temp. 0 ± 1 °C bez dostępu światła oraz w temp. 6 ± 1 °C w wersjach z dostępem światła rozproszonego (szklana witryna chłodnicza) oraz bez dostępu światła. Analizom poddawano produkty świeże oraz po jednej dobie przechowywania soków marchwiowych i marchwiowo-selerowych i po trzech dobach przechowywania soków jabłkowych.

Suchą masę oznaczano w suszarce próżniowej w obecności czynnika odwadniającego w temp. 70 °C. Próbkę suszono do stałej masy.

Sumę karotenoidów oznaczano spektrofotometrycznie według AOAC [2]. Absorbancję mierzono przy długości fali $\lambda = 436$ nm przy użyciu spektrofotometru CECIL CE-9500 (Cecil Instruments, Cambridge, England). Rozdział barwników karotenoidowych przeprowadzono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) według Chena i Tanga [6] w układzie izokratycznym, przy użyciu chromatografu La-Chrom (Merck-Hitachi). Stosowano kolumnę oktadecylsilanową LichroCART 4-250 RP-18 i detektor diodowy DAD L-7450. Jako fazę ruchomą zastosowano mieszaninę metanolu i dichlorometanu (99 : 1 v/v) w przepływie 1 ml/min i przy temperaturze kolumny 30 °C. Z zarejestrowanych map DAD wyodrębniano profile chromatograficzne przy długości fali $\lambda = 450$ nm i wyznaczano względne zawartości luteiny, α -karotenu i β -karotenu.

Zawartość polifenoli ogółem oznaczano metodą Singletona i Rossiego [24] z użyciem odczynnika Folina-Ciocalteu'a. Pomiarów absorbancji dokonywano przy $\lambda = 750$ nm. Wyniki wyrażano w mg/100 g jako ekwiwalent kwasu gallusowego (GAE).

Aktywność polifenolooksydazy mierzono zgodnie z procedurą podaną przez Cano i wsp. [5]. W tym celu do 0,1 g próbki dodawano 2,9 ml 0,07 M roztworu katecholu w 0,05 M buforze fosforanowym (pH 7,0) i mierzono przyrost absorbancji przy długości fali $\lambda = 420$ nm w spektrofotetrze Cecil UV/VIS CE 9500. Aktywność polifenolooksydazy, wyrażaną jako $\Delta A \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ soku, obliczano na podstawie nachylenia liniowej części krzywej w ciągu do 3 min.

Zawartość witaminy C oznaczano z wykorzystaniem HPLC (chromatograf La-Chrom Merck-Hitachi) zgodnie z normą PN-EN-14130:2004 [21]; do ekstrakcji stosowano kwas metafosforowy. Detekcję prowadzono przy długości fali $\lambda = 265$ nm.

Siłę redukującą (określającą właściwości przeciwutleniające poprzez zdolność ekstraktu uzyskanego z surowca do redukcji jonów Fe^{3+} do Fe^{2+}) oznaczano metodą opisaną przez Yena i Chena [29], mierząc absorbancję próbek przy długości fali $\lambda = 700$ nm, 7 min po rozpoczęciu reakcji. Rezultaty wyrażano w mg/100 g jako ekwiwalent kwasu L-askorbinowego (AAE).

Pomiary pH wykonywano pehametrem HI 9025 (Hanna Instruments, USA).

Analizę barwy wykonywano w systemie CIE $L^*a^*b^*$ w szklanych naczyniach pomiarowych przy użyciu spektrofotometru Konica-Minolta CM-5 ustawionego na światło dzienne D65 i 2° obserwatora kalibrowanego na wzorcu bieli i czerni. Zmiany barwy ΔE po okresie przechowywania w stosunku do soków świeżych obliczano z równania: $\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$.

Pomiary badanych parametrów wykonano w trzech powtórzeniach (analizowano trzy opakowania produktów z tej samej partii). Pomiary barwy wykonano w co najmniej pięciu powtórzeniach. Wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji

(ANOVA). Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Scheffe ($p < 0,05$). Pomiedzy siłą redukującą a zawartością polifenoli, witaminy C i zawartością karotenoidów wyznaczono współczynniki korelacji. Obliczenia wykonywano przy użyciu pakietu Statistica (Stat Soft, Inc., USA).

Wyniki i dyskusja

Zawartość suchej masy w sokach marchwiowych, marchwiowo-selerowych i jabłkowych (tab. 1, 2 i 3) była zbliżona w obrębie danego gatunku surowca. Dla porównania, zawartość suchej masy w różnych odmianach marchwi na podstawie danych literaturowych wynosi $9,5 \div 14$ % [11, 14, 22], a w jabłkach średnio 15 % ($9 \div 18$ %) [19], zawartość ekstraktu – $10 \div 15,5$ % [20]. Uzyskane wyniki wskazują, że badane soki prawdopodobnie zachowały większość składników obecnych w surowcach.

Zawartość karotenoidów w przechowywanych sokach przedstawiono w tab. 1. i 2. Statystycznie istotne straty tego składnika nastąpiły w części przypadków w produktach przechowywanych w temp. 6 ± 1 °C przy dostępie rozproszonego światła. Największe ubytki w tych warunkach składowania zaobserwowano w odniesieniu do luteiny. Ksantofil ten ma zasadnicze znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania wzroku [27]. Działanie czynników utleniających i wolnych rodników na karotenoidy powoduje pękanie sprzężonych wiązań podwójnych i przekształcanie się ich do pochodnych karbonylowych lub epoksydów. Towarzyszy temu utrata barwy [27]. Zawartość karotenoidów w pomarańczowych odmianach marchwi wynosi ok. $5 \div 18$ mg/100 g [3, 14], a w odmianach wysokokarotenoidowych nawet ok. 40 mg/100 g [3]. Zawartość karotenoidów w sokach marchwiowych na poziomie ok. 7 mg/100 g jest wynikiem mieszczącym się w podanym zakresie. Chen, Peng i Chen [7] analizowali zmiany zawartości karotenoidów w zakwaszonych, pasteryzowanych sokach marchwiowych przechowywanych przez 3 miesiące w temp. 4, 25 i 35 °C z dostępem oraz bez dostępu światła i również stwierdzili, że wraz ze wzrostem temperatury przechowywania zmniejszała się zawartość omawianych związków. W pracy tych autorów także dostęp światła przyczyniał się do większych strat. Jednak różnica pomiędzy warunkami z dostępem i bez dostępu światła nie była duża.

Zawartość witaminy C przedstawiono w tab. 1., 2., i 3. Soki marchwiowe zawierały niewielkie jej ilości, natomiast jabłkowe były w nią dość bogate. Producenci nie deklarowali dodatku witaminy C. Zawartość witaminy C w jabłkach wynosi $0,6 \div 46$ mg w 100 g. Zwłaszcza kwaśniejsze i stare odmiany są w nią bogate [20]. Wyższa ze stosowanych temperatur przechowywania powodowała większe ubytki witaminy C. Ogólnie w soku jabłkowym związek ten wykazał dużą stabilność w trakcie przechowywania. Zawartość witaminy C w różnych odmianach marchwi według Nawirskiej i Król [14] wynosi $1,6 \div 6$ mg/100 g.

Zawartość polifenoli i aktywność polifenoloksydazy przedstawiono w tab. 1., 2. i 3. Polifenoloksydaza ma zdolność przekształcania *o*-dihydroksyfenoli w *o*-benzochinony, czego następstwem jest brązowienie wpływające zarówno na barwę, jak i smakowitość produktów [13]. W sokach warzywnych zaobserwowano wysoką aktywność tego enzymu i mniejszą zawartość polifenoli, natomiast w sokach jabłkowych odwrotnie. Łoś i wsp. [12] na podstawie badań różnych gatunków owoców odnotowali, że te charakteryzujące się niższą kwasowością, np. gruszki, cechują się równocześnie wysoką aktywnością polifenolooksydazy. Aktywność tego enzymu różni się w zależności od odmiany jabłek. Sieliwanowicz i wsp. [23] w soku przecierowym z jabłek odmiany 'Lobo' oznaczyli ją na poziomie 11 razy wyższym niż w produkcie z odmiany 'Szampion'. Po okresie przechowywania analizowanych w niniejszej pracy produktów aktywność tego enzymu w sokach jabłkowych obniżyła się znacząco, a w produktach warzywnych wzrosła ponad dwukrotnie. W sokach jabłkowych zawartość polifenoli ogółem zmniejszyła się nieznacznie w produkcie przechowywanym przez 3 dni w temp. 6 ± 1 °C, natomiast w produktach przechowywanym w temp. 0 ± 1 °C nie zaobserwowano żadnych zmian. W sokach warzywnych zmiany zawartości tych składników były niewielkie. Tobolková i wsp. [28] podali, że niezależnie od warunków świetlnych w pasteryzowanych sokach ananasowych przechowywanych w temp. 7 °C przez 26 tygodni stwierdzono niewielkie zmniejszenie stężenia składników polifenolowych. Zawartość polifenoli w różnych odmianach jabłek oznaczona tą samą metodą wynosiła $31,4 \div 222,2$ mg/100 g [4], więc zawartość tych związków na poziomie $170 \div 180$ mg/100 g w świeżym soku jabłkowym mieści się w górnym zakresie dla tego surowca. W literaturze podkreśla się zdecydowanie wyższą aktywność prozdrowotną soków mętnych niż klarowanych [16, 17, 18]. Nieutralane termicznie, bogate w związki fenolowe soki jabłkowe dobrze wpisują się w te tendencje.

Większą wartością siły redukującej, będącej wskaźnikiem właściwości antyoksydacyjnych, charakteryzowały się soki jabłkowe w porównaniu z marchwiowymi, co najprawdopodobniej wynika z różnic zawartości polifenoli oraz witaminy C w obu tych produktach. Wartości wskaźnika właściwości antyoksydacyjnych soków jabłkowych nie ulegały istotnym zmianom w trakcie przechowywania, natomiast soków warzywnych wyraźnie obniżały się zwłaszcza w temp. 6 ± 1 °C. Współczynnik korelacji pomiędzy siłą redukującą a zawartością polifenoli wynosił $r = 0,98$, pomiędzy siłą redukującą a zawartością witaminy C $r = 0,99$, natomiast siłą redukującą a zawartością karotenoidów $r = 0,05$.

Tabela 1. Wartości wybranych parametrów w przechowywanych sokach marchwiowych
 Table 1. Values of selected parameters of stored carrot juices

Warunki przechowywania Storage conditions [°C]	Zawartość suchej masy Dry matter content	Zawartość witaminy C Vitamin C content	Zawartość β -karotenu β -carotene content	Zawartość α -karotenu α -carotene content	Zawartość luteiny Lutein content	Sila redukująca Reducing power AAE	Zawartość polifenoli ogółem Total polyphenols content	Aktywność polifenoloksydazy Polyphenoloxidase activity
	[%]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[Δ Amin ⁻¹ g ⁻¹]
I								
Świeży / Fresh	7,4 ^a ± 0,4	1,1 ^{ab} ± 0,1	5,1 ^a ± 0,2	2,1 ^a ± 0,1	0,6 ^a ± 0,0	23,6 ^a ± 1,5	65,1 ^a ± 3,5	0,5 ^a ± 0,0
0 ÷ 1 D	-	1,4 ^a ± 0,2	5,1 ^a ± 0,3	2,1 ^a ± 0,2	0,6 ^{ab} ± 0,1	19,0 ^b ± 1,2	60,3 ^{ab} ± 3,6	1,2 ^b ± 0,1
6 ± 1 D	-	1,6 ^a ± 0,3	4,7 ^a ± 0,2	2,0 ^a ± 0,1	0,6 ^{ab} ± 0,1	13,4 ^c ± 0,8	56,6 ^b ± 4,3	1,3 ^b ± 0,1
6 ± 1 L	-	0,9 ^b ± 0,2	4,6 ^a ± 0,3	2,0 ^a ± 0,1	0,5 ^b ± 0,0	14,9 ^c ± 1,6	62,1 ^{ab} ± 3,9	1,2 ^b ± 0,0
II								
Świeży / Fresh	7,0 ^a ± 0,3	2,1 ^a ± 0,3	4,3 ^a ± 0,2	2,1 ^a ± 0,1	0,5 ^a ± 0,1	27,7 ^a ± 1,4	71,0 ^a ± 3,9	0,5 ^a ± 0,0
0 ÷ 1 D	-	1,8 ^a ± 0,2	4,2 ^a ± 0,2	2,0 ^a ± 0,1	0,5 ^a ± 0,0	21,4 ^b ± 1,2	65,0 ^a ± 3,4	1,0 ^b ± 0,0
6 ± 1 D	-	1,7 ^{ab} ± 0,3	3,8 ^{ab} ± 0,3	2,0 ^a ± 0,1	0,5 ^a ± 0,1	15,5 ^c ± 1,0	58,6 ^b ± 3,8	1,2 ^c ± 0,0
6 ± 1 L	-	1,2 ^b ± 0,2	3,7 ^b ± 0,2	1,6 ^b ± 0,0	0,3 ^b ± 0,0	16,3 ^c ± 1,5	65,9 ^{ab} ± 7,0	1,0 ^b ± 0,1

Objaśnienia / Explanatory notes:

D – próbki przechowywane bez dostępu światła / samples stored without light;

L – próbki przechowywane przy dostępie dziennego światła rozproszonego / samples stored under diffuse daylight;

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviation; a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0,05$).

Tabela 2. Wartości wybranych parametrów w przechowywanych sokach marchwiowo-selerowych
 Table 2. Values of selected parameters of stored carrot-celery juices

Warunki przechowywania Storage conditions [°C]	Zawartość suchej masy Dry matter content	Zawartość witaminy C Vitamin C content	Zawartość β -karotenu β -carotene content	Zawartość α -karotenu α -carotene content	Zawartość luteiny Lutein content	Sila redukująca Reducing power AAE	Zawartość poli-fenoli ogółem Total polyphenols content	Aktywność polifenolo-oksydazy Polyphenolo-oxidase activity
	[%]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[$\Delta A \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$]
I								
Świeży / Fresh	7,2 ^a ± 0,3	1,6 ^a ± 0,2	3,7 ^a ± 0,1	1,4 ^a ± 0,1	0,4 ^a ± 0,0	22,6 ^a ± 2,2	84,5 ^a ± 2,3	0,5 ^a ± 0,0
0 ÷ 1 D	-	1,6 ^a ± 0,3	3,8 ^a ± 0,1	1,4 ^a ± 0,1	0,4 ^a ± 0,0	21,2 ^a ± 1,9	78,3 ^b ± 2,8	1,3 ^b ± 0,1
6 ± 1 D	-	1,0 ^a ± 0,3	3,5 ^{ab} ± 0,2	1,4 ^a ± 0,1	0,4 ^a ± 0,0	11,5 ^b ± 1,6	76,3 ^b ± 3,6	1,2 ^b ± 0,1
6 ± 1 L	-	1,2 ^a ± 0,2	3,4 ^b ± 0,1	1,3 ^a ± 0,0	0,4 ^a ± 0,0	19,7 ^c ± 1,1	79,3 ^{ab} ± 3,0	1,3 ^b ± 0,0
II								
Świeży / Fresh	6,8 ^a ± 0,3	2,1 ^a ± 0,2	3,8 ^a ± 0,1	1,7 ^{ab} ± 0,1	0,3 ^a ± 0,0	30,9 ^a ± 1,5	88,2 ^a ± 3,1	0,6 ^a ± 0,0
0 ÷ 1 D	-	1,8 ^a ± 0,1	3,8 ^a ± 0,1	1,6 ^a ± 0,0	0,3 ^a ± 0,0	23,9 ^b ± 1,4	82,3 ^{ab} ± 2,9	1,5 ^b ± 0,0
6 ± 1 D	-	1,2 ^b ± 0,1	3,1 ^b ± 0,1	1,8 ^b ± 0,1	0,3 ^a ± 0,0	14,6 ^c ± 2,0	80,1 ^b ± 2,8	1,2 ^c ± 0,1
6 ± 1 L	-	1,3 ^b ± 0,1	2,7 ^c ± 0,1	1,4 ^c ± 0,0	0,2 ^b ± 0,0	16,7 ^c ± 1,8	83,4 ^{ab} ± 3,2	1,3 ^c ± 0,0

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Tabela 3. Wartości wybranych parametrów w przechowywanych sokach jabłkowych
 Table 3. Values of selected parameters of stored apple juices

Warunki przechowywania Storage conditions [°C]	Zawartość suchej masy Dry matter content	Zawartość witaminy C Vitamin C content	Siła redukująca Reducing power AAE	Zawartość polifenoli ogółem Total polyphenols content	Aktywność polifenolo- oksydazy Polyphenolo- oxidase activity
	[%]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[mg/100 g]	[$\Delta\text{Amin}^{-1}\text{g}^{-1}$]
I					
Świeży / Fresh	9,6 ^a ± 0,3	17,3 ^a ± 0,9	85,2 ^a ± 5,5	174,2 ^a ± 6,8	0,28 ^a ± 0,01
0 ÷ 1 D	-	17,9 ^a ± 0,8	86,3 ^a ± 3,9	174,3 ^a ± 7,8	0,09 ^b ± 0,02
6 ± 1 D	-	16,9 ^a ± 0,8	77,8 ^a ± 4,6	152,2 ^b ± 5,3	0,07 ^b ± 0,01
6 ± 1 L	-	17,2 ^a ± 0,5	75,8 ^a ± 5,7	150,3 ^b ± 4,6	0,06 ^b ± 0,01
II					
Świeży / Fresh	9,5 ^a ± 0,1	19,0 ^a ± 1,1	84,0 ^a ± 5,6	181,2 ^a ± 8,2	0,25 ^a ± 0,02
0 ÷ 1 D		18,4 ^{ab} ± 1,1	84,6 ^a ± 6,0	180,3 ^a ± 7,1	0,04 ^b ± 0,00
6 ± 1 D		16,1 ^b ± 1,0	83,4 ^a ± 5,2	177,5 ^a ± 6,0	0,05 ^b ± 0,01
6 ± 1 L		16,3 ^b ± 0,9	78,6 ^a ± 4,7	170,1 ^a ± 5,1	0,04 ^b ± 0,01

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

W sokach przechowywanych w temp. 0 ÷ 1 °C różnica barwy między próbkami świeżymi a składowanymi wynosiła poniżej 0,2. Natomiast w sokach składowanych w temp. 6 ± 1 °C różnica ta zawierała się w przedziale 1,14 ÷ 1,88. Pierwsza zauważalna różnica barwy dla doświadczonego obserwatora to właśnie wartości ΔE z zakresu ok. 2.

Zmiany pH soków marchwiowych, marchwiowo-selerowych i jabłkowych w czasie przechowywania były nieznaczne i zawierały się odpowiednio w zakresach: 6,58 ÷ 6,51, 6,56 ÷ 6,45 i 3,59 ÷ 3,46.

Wnioski

1. Oceniane soki charakteryzowały się dość dużą zawartością substancji bioaktywnych charakterystycznych dla danego surowca.
2. Największą stabilnością pod względem zawartości takich składników, jak karotenoidy ogółem, polifenole ogółem oraz witamina C cechowały się soki przechowywane w temp. 0 ÷ 1 °C bez dostępu światła.
3. W składowanych produktach nie stwierdzono znaczących zmian barwy.
4. Uzyskane wyniki wskazują, że ze względu na dość dużą zawartość substancji bioaktywnych surowe soki mogą być rozważane jako atrakcyjny substytut świeżych owoców i warzyw.

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.

Literatura

- [1] Adzersen K.H., Jess P., Freivogel W., Gerhard I., Bastert G.: Raw and cooked vegetables, fruits, selected micronutrients, and breast cancer risk: A case-control study in Germany. *Nutr. Cancer*, 2003, 46 (2), 131-137.
- [2] AOAC Official Method 941.15. Carotene in fresh plant materials and silages. In: AOAC Official Methods of Analysis. 15th ed. Ed. K. Helrich. AOAC International, Washington 1995.
- [3] Barański R., Allender C., Klimek-Chodacka M.: Towards better tasting and more nutritious carrots: Carotenoid and sugar content variation in carrot genetic resources. *Food Res. Int.*, 2012, 47, 182-187.
- [4] Biegańska-Marecik R., Czapski J.: Porównanie przydatności odmian jabłek do produkcji plastrów o małym stopniu przetworzenia. *Acta Sci. Pol., Technol. Alim.*, 2003, 2 (2), 115-127.
- [5] Cano M.P., de Ancos B., Lobo M.G., Santos M.: Improvement of frozen banana (*Musa cavendishii*, cv. Enana) colour by blanching: Relationship between browning, phenols and polyphenol oxidase and peroxidase activities. *Eur. Food Res. Technol.*, 1997, 204, 60-65.
- [6] Chen B.H., Tang Y.C.: Processing and stability of carotenoid powder from carrot pulp waste. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, 46, 2312-2318.
- [7] Chen H.E., Peng H.Y., Chen B.H.: Stability of carotenoids and vitamin A during storage of carrot juice. *Food Chem.*, 1996, 57 (4), 497-503.
- [8] Franceschi S., Favero A., La Vecchia C., Negri E., Dal Maso L., Salvini S., Decarli A., Giacosa A.: Influence of food groups and food diversity on breast cancer risk in Italy. *Int. J. Cancer*, 1995, 63, 785-789.
- [9] Gientka I., Chlebowska-Śmigiel A., Sawikowska K.: Zmiany jakości mikrobiologicznej soków marchwiowych podczas próby przechowalniczej. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2012, XLV, 3, 397-401.
- [10] Katsouyanni K., Trichopoulos D., Boyle P., Xirouchaki E., Trichopoulou A., Lisseos B., Vasilaros S., MacMahon B.: Diet and breast cancer: A case-control study in Greece. *Int. J. Cancer*, 1986, 38, 815-820.
- [11] Katulski B., Zawirska-Wojtasiak R., Wąsowicz E.: Zachowanie aromatu, zdolność rehydracyjna i cechy sensoryczne suszów marchwi otrzymanych metodą mikrofalowo-próżniową. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, 4 (29), 57-65.
- [12] Łoś J., Wilska-Jeszka J., Pawlak M.: Enzymatic oxidation of polyphenols in fruit products and model solutions. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 1996, 46 (5), 83-93.
- [13] Martinez M.V., Whitaker J.R.: The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends Food Sci. Technol.*, 1995, 6, 195-200.
- [14] Nawirska A., Król A.: Marchew. Porównanie wybranych składników chemicznych czterech odmian. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2004, 1, 25-26.
- [15] Newman V., Faerber S., Zoumas-Morse C., Rock C.L.: Amount of raw vegetables and fruits needed to yield 1 c juice. *J. Am. Diet. Assoc.*, 2002, 102 (7), 975-977.
- [16] Oszmiański J., Wojdyło A.: Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *Eur. Food Res. Technol.*, 2009, 228 (4), 623-631.
- [17] Oszmiański J., Wojdyło A.: Soki naturalnie mętne – dobry kierunek w przetwórstwie jabłek. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2006, 50 (2), 20-21.
- [18] Oszmiański J., Wolniak M., Wojdyło A., Wawer J.: Comparative study of polyphenolic content and antiradical activity of cloudy and clear apple juices. *J. Sci. Food Agric.*, 2007, 87 (4), 573-579.

- [19] Pijanowski E. (Red.): *Technologia produktów owocowych i warzywnych*. Tom 1. PWRiL, Warszawa 1976.
- [20] Pijanowski E., Mrożewski S., Horubała A., Jarczyk A.: *Technologia produktów owocowych i warzywnych*. PWRiL, Warszawa 1973.
- [21] PN-EN 14130:2004. *Artykuły żywnościowe. Oznaczanie witaminy C metodą HPLC*.
- [22] Sharma K.D., Karki S., Thakur N.S., Attri S.: Chemical composition, functional properties and processing of carrot-a review. *J. Food Sci. Technol.*, 2012, 49 (1), 22-32.
- [23] Sieliwanowicz B., Hałasińska A.G., Trzcińska M., Jakubowski A., Lipowski J., Skąpska S.: Zmiany zawartości związków fenolowych, parametrów barwy i aktywności przeciwutleniającej w czasie przechowywania soków z wybranych odmian jabłek. *Acta Sci. Pol., Technol. Alim.*, 2005, 4 (1), 83-91.
- [24] Singleton V.L., Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdc-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.*, 1965, 16, 144-158.
- [25] Song H.P., Byun M.W., Jo C., Lee C.H., Kim K.S., Kim D.H.: Effects of gamma irradiation on the microbiological, nutritional, and sensory properties of fresh vegetable juice. *Food Control*, 2007, 18, 5-10.
- [26] Steinmetz K.A., Potter J.D.: Vegetables, fruit, and cancer prevention: A review. *J. Am. Diet. Assoc.*, 1996, 96 (10), 1027-1039.
- [27] Szterk A., Lewicki P.P.: Karotenoidy i ich funkcje biologiczne. *Przem. Spoż.*, 2007, 7, 32-34.
- [28] Tobolková R., Durec J., Belajová E., Mihalíková M., Polovka M., Suhaj M., Daško L., Šimko P.: Effect of light conditions on physico-chemical properties of pineapple juice with addition of small pineapple pieces during storage. *J. Food Nutr. Res.*, 2013, 52 (3), 181-190.
- [29] Yen G.C., Chen H.Y.: Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, 43, 27-32.

EFFECT OF STORAGE CONDITIONS ON THE CONTENT OF BIOACTIVE COMPOUNDS OF THERMALLY NON-PRESERVED FRUIT AND VEGETABLE JUICES

S u m m a r y

Thermally non-preserved fruit and vegetable juices with a very short shelf life are popular, low-processed products. They are produced, among other things, from citrus fruits, apple, carrot, beetroot, and other vegetables. The objective of the research study was to evaluate the stability of some selected products during their storage. Evaluated were commercial carrot, carrot-celery and apple juices, both fresh and stored. The products analyzed were stored at 0 ± 1 °C and 6 ± 1 °C in the dark and at 6 ± 1 °C under daylight. The following was determined in the juices: contents of carotenoids, total polyphenols, vitamin C, and of dry matter, colour in the CIE system ($L^*a^*b^*$), polyphenoloxidase activity, and antioxidant properties of the juices. The total carotenoids content in fresh carrot and carrot-celery juices varied from 55 to 78 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The total polyphenol content in apple juices ranged between 1740 and 1810 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, while the carrot and carrot-celery juices contained from 651 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ to 882 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of polyphenols. During the stipulated storage period, the juices stored at 0 ± 1 °C without light were characterized by a very good stability in terms of the content of bioactive ingredients analyzed. The colour difference (ΔE) between fresh samples and those stored under all the conditions was below 2. The results obtained indicate that due to the relatively high content of analyzed bioactive substances fresh juices may be considered as a substitute for fresh fruits and vegetables.

Key words: raw juices, storage, carotenoids, vitamin C, total phenolics 