

ELŻBIETA DŁUŻEWSKA, ARKADIUSZ SZTERK

WPŁYW WYBRANYCH PRZECIWUTLENIACZY NA STABILNOŚĆ BARWY NAPOJÓW BEZALKOHOLOWYCH Z DODATKIEM β -KAROTENU

Streszczenie

Celem pracy było zwiększenie stabilności barwy napojów bezalkoholowych otrzymanych z emulsji napojowych zawierających naturalny β -karoten. Zakres pracy obejmował określenie wpływu rodzaju i ilości przeciwutleniacza na stabilność barwy napojów. Naturalne przeciwutleniacze (kwas L-askorbinowy lub/i (+)-katechinę) dodawano bezpośrednio do napojów w ilości od 100 do 400 mg/l napoju.

Stabilność barwy napojów określano na podstawie wyników testu przechowalniczego, czasu połowicznego rozpadu β -karotenu oraz oznaczenia zawartości karotenoidów przy użyciu HPLC. Stwierdzono, że najefektywniejszym przeciwutleniaczem była (+)-katechina dodana do napojów w ilości 200 mg/l. Kwas L-askorbinowy stabilizował barwę napojów, lecz nie zapobiegł całkowitemu rozkładowi β -karotenu. Barwa napojów z dodatkiem 200 mg/l kwasu L-askorbinowego ulegała ciemnieniu. Jednoczesne zastosowanie (+)-katechiny i kwasu L-askorbinowego nie spowodowało poprawy trwałości barwy napojów w porównaniu z próbkami zawierającymi 200 mg (+)-katechiny.

Słowa kluczowe: napoje, barwa, β -karoten, kwas L-askorbinowy, katechina

Wprowadzenie

Napoje bezalkoholowe o smaku owocowym i zmętnieniu typowym dla naturalnych soków są otrzymywane z emulsji substancji aromatycznych. Emulsje stosowane w przemysłowej produkcji napojów bezalkoholowych należą do emulsji typu olej w wodzie. Produkowane są w formie skoncentrowanej, a następnie rozcieńczane w roztworze cukru lub innej substancji słodzącej w celu otrzymania napoju [29]. W napojach bezalkoholowych emulsje zapewniają zapach, smak, barwę oraz odpowiednie zmętnienie [1]. Typowymi składnikami emulsji napojowej są aromaty i czynniki obciążające w fazie olejowej oraz woda, emulgatory, kwasy spożywcze, konser-

wanty w fazie wodnej. W zależności od rodzaju preparatu barwnika może on być dodawany do fazy olejowej lub wodnej [2]. Barwniki naturalne oraz syntetyczne różnią się znacznie właściwościami fizycznymi, a tym samym stabilnością i odpornością na działanie czynników fizycznych i chemicznych. Zanika natomiast podział na barwniki rozpuszczalne w wodzie i w tłuszczach. Stosowanie emulgatorów czy odpowiedniego rozdrobnienia umożliwia otrzymanie barwnika o różnej rozpuszczalności [6].

Jednym z problemów technologicznych przemysłu napojów bezalkoholowych jest zmniejszanie się intensywności zabarwienia napojów w czasie przechowywania. Przyczyną tego zjawiska jest utlenianie się naturalnych barwników [7].

Zwiększenie stabilności naturalnych karotenoidów uzyskuje się przez dodanie przeciwutleniaczy oraz synergentów [10]. Większą odporność karotenoidów na utlenianie można uzyskać dzięki synergistycznemu oddziaływaniu niektórych emulgatorów z naturalnymi przeciwutleniaczami [7].

Barwę napojów może stabilizować dodatek kwasu cytrynowego lub askorbinowego. Kwasy te wykazują działanie przeciwutleniające. Pełnią one również wiele innych ważnych funkcji w napojach m.in. przez obniżanie pH środowiska zapobiegają rozwojowi drobnoustrojów, regulują poziom kwasowości i wzmacniają cechy smakowe napoju [27]. Kwas L-askorbinowy wykazuje zdolność do neutralizacji wielu wolnych rodników oraz tlenu singletowego [13]. Jednak kwas askorbinowy może w czasie obróbki termicznej powodować ciemnienie napojów, a nawet destabilizację barwników [10].

W ostatnich latach coraz większym zainteresowaniem technologów żywności cieszą się ekstrakty z różnych ziół i przypraw. Zawarte w tych ekstraktach związki wykazują silne właściwości przeciwutleniające. Takie właściwości ma również herbata. Zawdzięcza je obecności katechin. Flawonoidy, w tym katechiny, mogą tworzyć kompleksy z jonami metali katalizującymi reakcje utleniania, zapobiegać reakcjom wywołanym przez aktywny atom tlenu, unieczynniać wolne rodniki, hamować aktywność enzymów utleniających [14]. Aktywność przeciwutleniającą katechiny zawdzięczają obecności grup hydroksylowych w pierścieniu benzenowym [12]. Katechiny biorą udział w przerywaniu utleniania różnych związków poprzez oddanie atomu wodoru grupy hydroksylowej i przekształcenie się w rodniki fenoksyłowe [14, 17]. Właściwości przeciwutleniające (+)-katechiny są zbliżone do właściwości kwasu L-askorbinowego i α -tokoferolu [21] i silniejsze niż niektórych przeciwutleniaczy pochodzących z ziół [18].

Celem pracy było zwiększenie trwałości barwy napojów bezalkoholowych otrzymanych z emulsji napojowych zawierających naturalny β -karoten poprzez dodatek przeciwutleniaczy oraz porównanie efektywności działania kwasu L-askorbinowego, katechiny i ich mieszaniny.

Material i metody badań

Do badań użyto preparatów gumy arabskiej (Valgum i Valspray A), preparatu estryfikowanej kalafonii (Valrosin) firmy Valmar, naturalnego olejku pomarańczowego firmy JAR – Jaskulski Aromaty, kwasu cytrynowego, kwasu L-askorbinowego oraz benzoesanu sodu firmy Polskie Odczynniki Chemiczne, Gliwice, (+)-katechinę C1251 firmy Sigma-Aldrich.

Ekstrakt olejowy β -karotenu otrzymywano z marchwi odmiany Karotka. Wyciśnięty sok z marchwi poddawano koagulacji, następnie z koagulatu ekstrahowano β -karoten olejem rzepakowym zgodnie z procedurą przedstawioną w pracy Dłużewskiej i Bednarek [8].

Emulsje napojowe otrzymywano zgodnie z recepturą: aromat (olejek pomarańczowy) – 5%, czynnik obciążający (Valrosin) – 10%, ekstrakt β -karotenu – 5%, guma arabska (Valgum + Valspray 1: 1) – 12%, benzoesan sodu – 0,1%, kwas cytrynowy – 1%, woda destylowana do 100%.

Emulsje otrzymywano stosując homogenizację dwustopniową przy użyciu homogenizatora typu APV 1000, firmy APV. Na pierwszym stopniu homogenizacji stosowano ciśnienie 55 MPa, na drugim 18 MPa.

Napoje otrzymywano przez zdyspergowanie 3 g emulsji w 1 l 5% wodnego roztworu cukru. Napoje zakwaszano 2 M kwasem cytrynowym do $\text{pH} = 3,5$. Do napojów dodawano 100, 200 i 400 mg (+)-katechiny lub 100 i 200 mg kwasu L-askorbinowego lub mieszaninę katechiny i kwasu L-askorbinowego w ilości 200 lub 300 mg na 1 l napoju.

Zawartość β -karotenu oznaczano zgodnie z PN-90 A-75101/12 [24]. Absorbancję napojów rozcieńczonych wodą destylowaną w stosunku 1:10 mierzono przy długości fali 450 nm, przy użyciu spektrofotometru Helios β - Thermo Spectronic.

W celu wyznaczenia czasu połowicznego rozpadu β -karotenu pomiary absorbancji wykonywano przez siedem kolejnych dni prowadzenia testu przechowalniczego i uzyskane wyniki przeliczano na zawartość β -karotenu w napoju. Do matematycznego opisu zależności stężenia β -karotenu od czasu zastosowano logarytmiczny model pierwszego stopnia, który scharakteryzowano zgodnie z równaniem:

$$\ln S = \ln S_0 - k_1 t$$

gdzie t – czas, S – stężenie β -karotenu w czasie t , S_0 – stężenie β -karotenu w czasie t_0 , k_1 – stała prędkości pierwszego rzędu. Połowiczny czas rozpadu β -karotenu wyliczano przy użyciu programu Microsoft Excel, stosując statystyczną metodę regresji.

Karotenoidy rozdzielano przy użyciu HPLC [5, 11, 23]. Ekstrakcję karotenoidów (30 min, temp. $20 \pm 2^\circ\text{C}$) z próbek napojów prowadzono mieszaniną acetonu i heksanu (1: 1, v/v). Do mieszaniny dodawano 100 $\mu\text{g/l}$ butylohydroksytoluenu. Po rozdzieleniu faz i osuszeniu bezwodnym siarczanem sodu fazę heksanową odparowywano i prze-

noszono ilościowo, po przefiltrowaniu roztworu przez filtr teflonowy o porowatości 0,45 μm , przy użyciu mieszaniny dichlorometanu w metanolu (45: 50), do fiolek o pojemności 2 ml. W przypadku analizy preparatu barwnika pobierano dwie krople ekstraktu β -karotenu (0,08 ml) i rozpuszczano w mieszaninie dichlorometanu w metanolu. Rozdział prowadzono przy użyciu kolumny Hewlett Packard ODS Hypersil (100 mm $\times$ 4,6 mm, średnica ziaren 5 μm). Stosowano fazę ruchomą (acetonitryl) o przepływie 0,5 ml/min oraz detektor UV-Vis SPD – M10AVP firmy Shimadzu. Na szczycie kolumny наносzono 10 μl próbki, detekcję karotenoidów prowadzono przy długości fali $\lambda = 450 \text{ nm}$.

Test przechowalniczy prowadzono przez 12 tygodni w temp. $20 \pm 2^\circ\text{C}$ przy dostępie światła dziennego. Napoje przechowywano w butelkach z PET o pojemności 1 l. Stosowano oznaczenia: (–) – całkowity zanik barwy, (+) – barwa lekko intensywna, (+ +) – barwa średnio intensywna, (+ + +) – barwa intensywna.

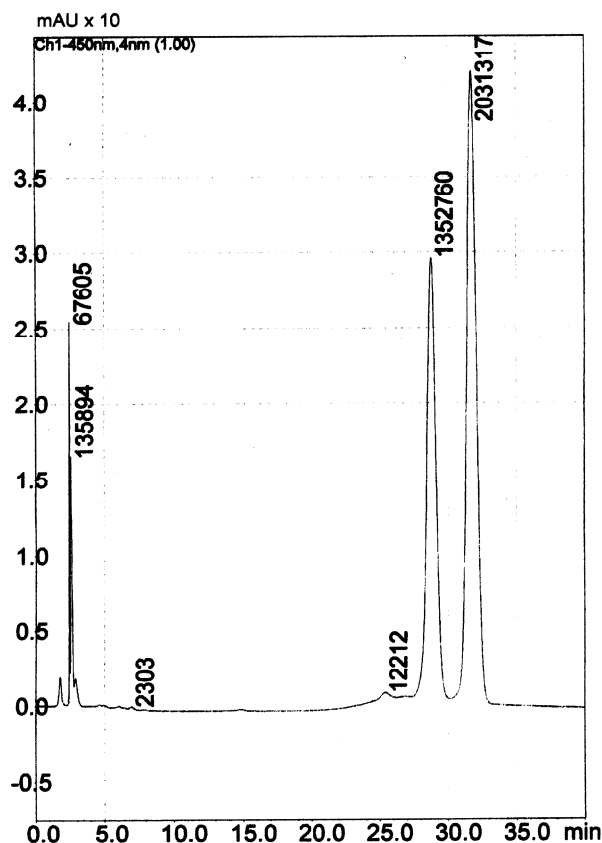
Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu komputerowego Statgraphics, Plus Version 5.1, stosując jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA oraz wieloczynnikowy test porównawczy. Obliczenia statystyczne prowadzono przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Napoje bezalkoholowe barwiono olejowym ekstraktem β -karotenu otrzymanym z marchwi. Chromatogram karotenoidów preparatu barwnika przy długości fali $\lambda = 450 \text{ nm}$ przedstawiono na rys. 1. W preparacie barwnika stwierdzono obecność α - i β -karotenu. Wymienionym karotenoidom odpowiadają piki uzyskane w 29. i 33. min analizy. Potwierdzeniem tego stwierdzenia jest porównanie widma obu pików w świetle widzialnym (rys. 2) z widmami przedstawionymi przez Rodriguez-Amaya [25]. Stosunek zawartości α - i β -karotenu w marchwi zależy od odmiany oraz wielu czynników środowiskowych i wynosi średnio 1: 2 [25]. Otrzymany preparat charakteryzował się stosunkiem zawartości izomeru α do β 1: 1,5. Prawdopodobnie mniejsza zawartość β -karotenu w preparacie barwnika niż w świeżej marchwi spowodowana była przekształceniem się, w procesie otrzymywania preparatu, formy β w bardziej stabilną formę α -karotenu.

Biorąc pod uwagę stosunkowo niską stabilność naturalnego β -karotenu [4, 8, 26] podjęto próbę zwiększenia trwałości barwy napojów poprzez dodatek kwasu L-askorbinowego, (+)-katechiny lub mieszaniny wymienionych przeciwutleniaczy.

Stwierdzono zmniejszenie zawartości karotenoidów w czasie przechowywania napojów zarówno w przypadku próbek napojów z dodatkiem, jak i bez dodatku kwasu L-askorbinowego (rys. 3 i 5). Jednak już w pierwszym dniu pomiarów zauważono

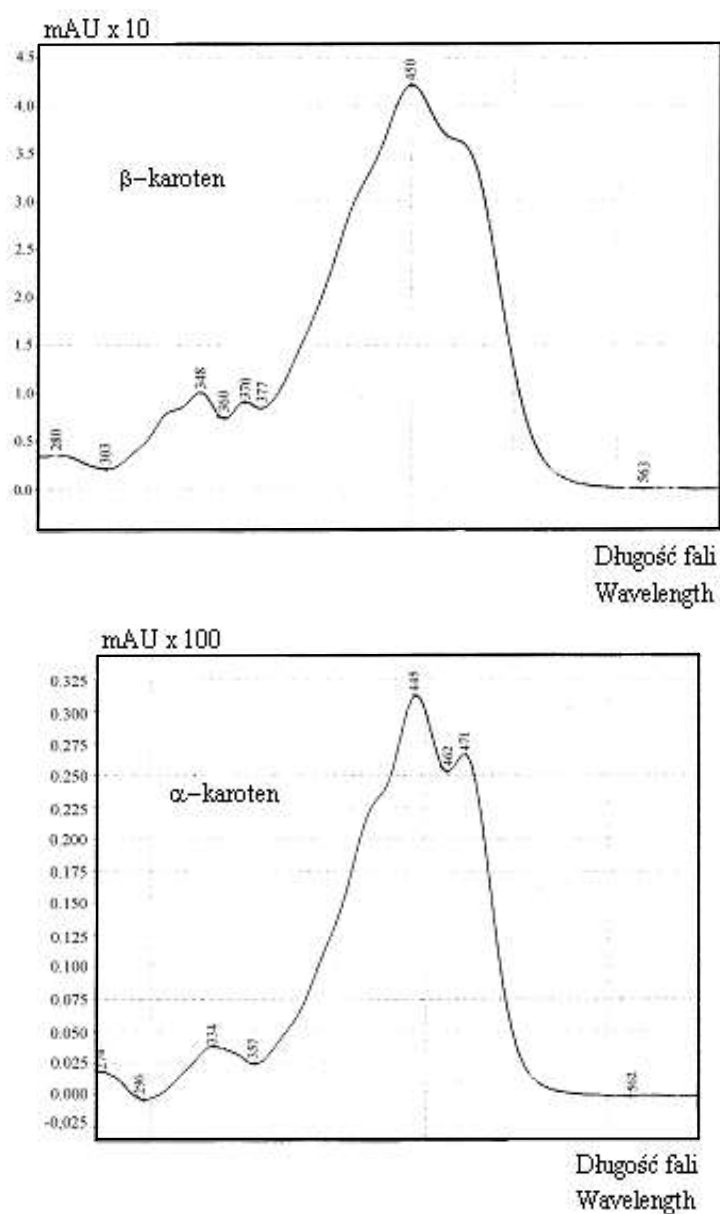


Rys. 1. Chromatogram HPLC karotenoidów zawartych w ekstrakcie β-karotenu.

Fig. 1. Carotenoid HPLC profile of β-carotene extract.

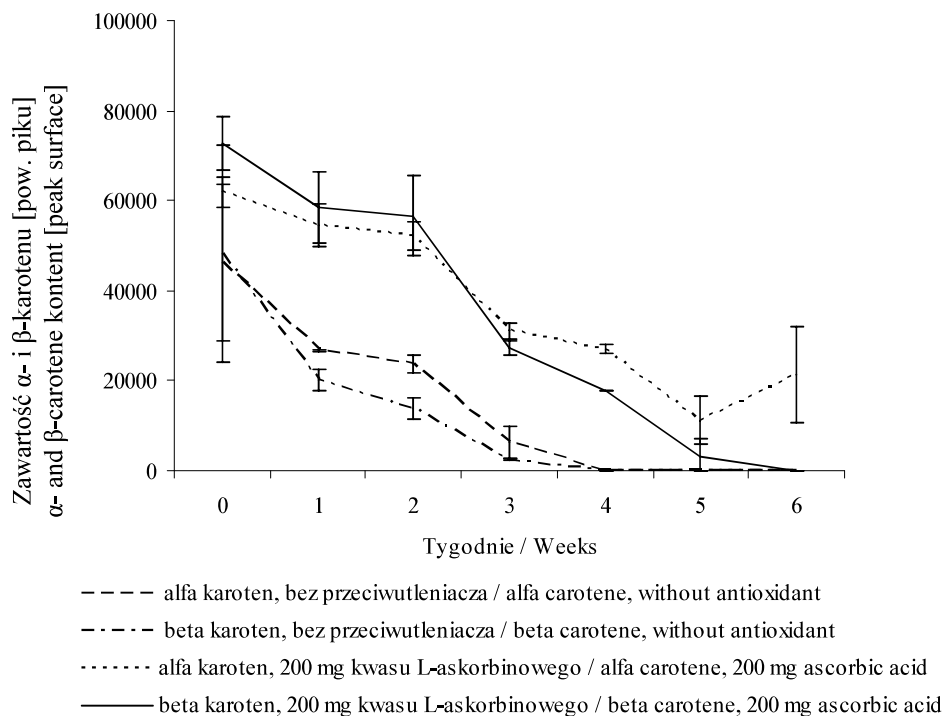
korzystny wpływ dodatku kwasu L-askorbinowego na stabilność α - i β -karotenu. Zawartość obu form karotenoidów była większa w napojach z dodatkiem kwasu. Napoje w procesie otrzymywania są intensywnie napowietrzane, gdy emulsja napojowa mieszana jest z roztworem cukru. Destrukcyjne oddziaływanie na karotenoidy tak wprowadzonego do napojów tlenu zostało znacznie ograniczone na skutek dodatku kwasu L-askorbinowego. W próbkach napojów bez dodatku kwasu obie formy karotenoidów uległy całkowitemu rozkładowi po 4 tygodniach przechowywania. Natomiast w próbkach zawierających kwas L-askorbinowy β -karoten uległ rozłożeniu dopiero po 6 tygodniach przechowywania (rys. 3). Wprawdzie obserwowano również spadek zawartości α -karotenu, ale po 6 tygodniach przechowywania α -karoten był obecny w próbkach napojów stabilizowanych kwasem L-askorbinowym. Na podstawie analizy wyników stwierdzono, zgodnie z sugestiami Sweeneya i Marsha [28], że forma β -karotenu jest mniej stabilna niż α -karotenu. A żółta barwa napojów utrzymująca się przez 8 tygodni

przechowywania (tab. 1) była wynikiem obecności w próbkach napojów α -karotenu, jak również innych produktów przemian karotenoidów. Napoje bez dodatku kwasu po 8 tygodniach uległy całkowitemu odbarwieniu.



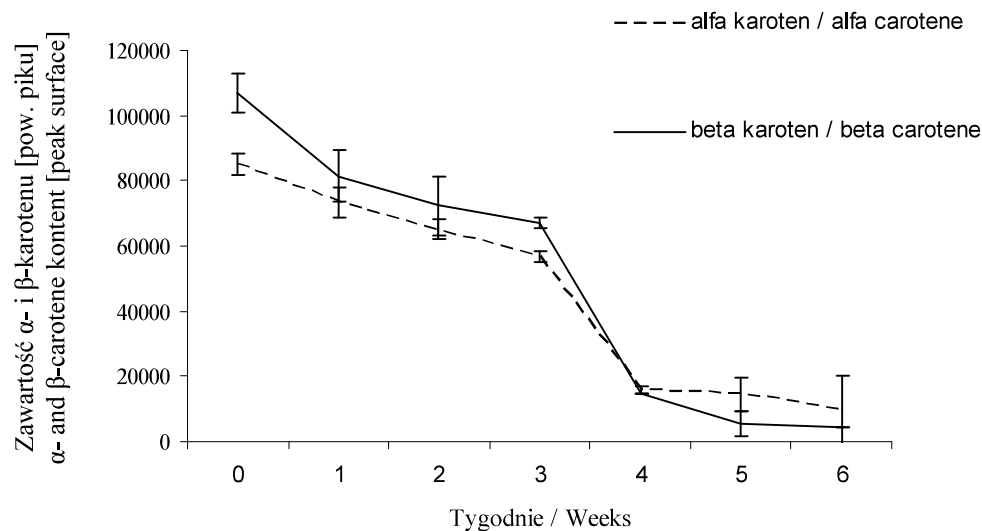
Rys. 2. Widmo absorpcyjne w świetle widzialnym α - i β -karotenu.

Fig. 2. The visible Light absorption spectrum of α - and β -carotene.



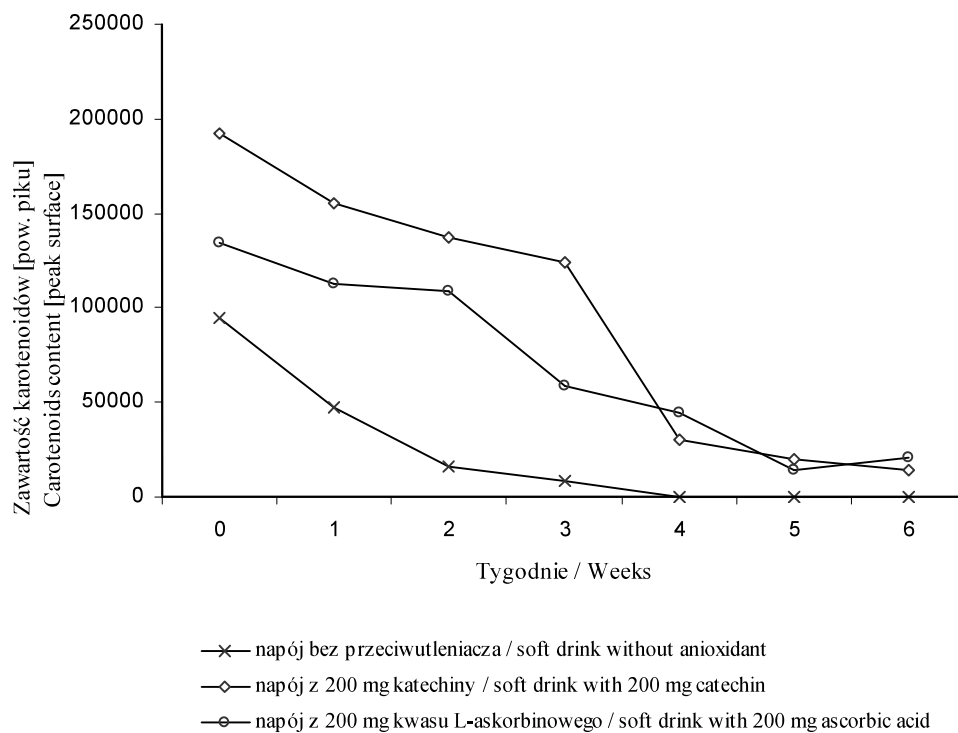
Rys. 3. Zawartość α - i β -karotenu w napojach bezalkoholowych.

Fig. 3. α - and β -carotene content in beverages.



Rys. 4. Zawartość α - i β -karotenu w napojach z dodatkiem 200 mg katechiny.

Fig. 4. α - i β -carotene content in beverages with 200 mg catechin.



Rys. 5. Zawartość sumy karotenoidów w napojach bezalkoholowych.

Fig. 5. Carotenoids content in soft beverages.

Uzyskane wyniki są częściowo zgodne z danymi literaturowymi, w których wykazano, że kwas L-askorbinowy ma właściwości ochronne w stosunku do β -karotenu [3, 9, 15]. Kwas L-askorbinowy stabilizował β -karoten w procesie otrzymywania napojów i istotnie wydłużył jego czas połowicznego rozpadu, ale w większym stopniu stabilizował α -karoten i nie zapobiegł całkowitemu rozpadowi β -karotenu po 6 tygodniach przechowywania próbek napojów.

Zwiększenie stężenia kwasu L-askorbinowego w zakresie od 100 do 200 mg/l napoju spowodowało wzrost stabilności karotenu, ale równocześnie ciemnienie napojów (tab. 1). Napoje, do których dodano 200 mg kwasu L-askorbinowego zmieniały barwę w trakcie przechowywania na żółto-brunatną. Taką zmianę barwy napojów można tłumaczyć tym, że kwas L-askorbinowy chroniąc karotenoidy przed działaniem tlenu sam ulega utlenieniu. Produkty rozpadu kwasu L-askorbinowego, takie jak furfural i jego pochodne, łatwo reagują z aminokwasami według mechanizmu reakcji Maillarda i tworzą produkty o zabarwieniu brunatnym [20]. Poza tym w wyniku utleniania β -karotenu powstaje 5,6-epoksyd, który ulega izomeryzacji do 5,8-epoksydu mutachromu, dalszy rozpad β -karotenu prowadzi do tworzenia się bardzo aktywnych mało-

cząsteczkowych związków karbonylowych [19]. Powstałe związki karbonylowe mogą uczestniczyć w reakcjach Maillarda przyspieszając proces brunatnienia.

Tabela 1

Czas połowicznego rozpadu β -karotenu oraz wyniki testu przechowalniczego.
The half-life disintegration of β -carotene and results of storage test.

Rodzaj przeciwutleniacza Kind of antioxidant	Wielkość dodatku [mg/l napoju] Amount of additive [mg/l soft drink]	Czas połowicznego rozpadu [dni] Half-life disintegration [days]	Intensywność barwy Intensity of colour			
			dzień 1 day 1	po 4 tyg. after 4 weeks	po 8 tyg. after 8 weeks	po 12 tyg. after 12 weeks
Brak Lack	0	20 ^a	+++	+	–	–
Kwas L-askorbinowy Ascorbic acid	100	34 ^b	+++	++	+	–
	200	47 ^c	+++	+++	++	++
(+)–katechina (+)–catechin	100	49 ^c	+++	++	++	+
	200	101 ^f	+++	+++	++	++
	400	179 ^g	+++	+++	+++	++
Kwas L-askorbinowy Ascorbic acid + (+)–katechina (+)–catechin	100 + 100	68 ^d	+++	++	++	+
	100 + 200	85 ^e	+++	++	++	++

Wartości średnie oznaczone różnymi indeksami różnią się między sobą statystycznie istotnie ($\alpha = 0,05$) / Mean values denoted by the different indices differ statistically significantly from each other ($\alpha = 0.05$).

Wykazano korzystny wpływ dodatku (+)–katechiny na stabilność barwy napojów bezalkoholowych (tab. 1). Stwierdzono, że dodatek (+)–katechiny do napojów istotnie wydłużył okres połowicznego rozpadu β –karotenu. Czas połowicznego rozpadu barwnika w napojach bez dodatku przeciwutleniacza wynosił 20 dni, natomiast napojów z dodatkiem 200 mg (+)–katechiny 100 dni. Zwiększenie stężenia katechiny do 400 mg spowodowało dalsze wydłużenie czasu połowicznego rozpadu β –karotenu. Jednak w napojach z dodatkiem 400 mg (+)–katechiny obserwowano po 12 tygodniach przechowywania niewielką zmianę tonu barwy napojów. Takiej zmiany nie obserwowano w przypadku napojów z 200 mg dodatkiem katechiny. Napoje te charakteryzowały się intensywną żółtą barwą przez cały czas prowadzenia testu przechowalniczego.

Na rys. 4. przedstawiono zmiany zawartości α i β –karotenu w napojach z dodatkiem 200 mg/l (+)–katechiny. Stwierdzono, że (+)–katechina, tak jak kwas L-askorbinowy, stabilizowała karotenoidy już w czasie otrzymywania napojów (większa początkowa zawartość karotenoidów w napojach z dodatkiem przeciwutleniacza

niż w napojach bez dodatku katechiny). W czasie przechowywania napojów z dodatkiem katechiny obserwowano zmniejszenie zawartości obu form karotenoidów. Bezpośrednio po otrzymaniu napojów zawartość β -karotenu była większa niż α -karotenu o 22 000 jednostek powierzchni pików. Jednak już po pierwszym tygodniu przechowywania nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między zawartością obu karotenoidów w napojach z dodatkiem katechiny. Po 6 tygodniach przechowywania w napojach był obecny zarówno α - jak i β -karoten. Nie stwierdzono całkowitego rozkładu β -karotenu, tak jak w przypadku napojów z dodatkiem kwasu L-askorbinowego. Można zatem wnioskować, że (+)-katechina wykazuje silniejsze działanie przeciwutleniające w stosunku do β -karotenu niż kwas L-askorbinowy. Powyższe stwierdzenie jest zgodne z wynikami pracy Nako i wsp. [21], którzy wykazali silniejsze działanie przeciwutleniające (+)-katechiny niż kwasu L-askorbinowego.

Po 6 tygodniach przechowywania średnia zawartość karotenoidów (rys. 5) w napojach z dodatkiem (+)-katechiny nie różniła się istotnie od zawartości barwników w napojach stabilizowanych kwasem L-askorbinowym i jednocześnie była mniejsza o ok. 90% od zawartości karotenoidów w napojach analizowanych bezpośrednio po ich otrzymaniu. Sugeruje to, że barwa tych napojów powinna zdecydowanie ulec osłabieniu. Na podstawie wyników testu przechowalniczego nie stwierdzono istotnej zmiany barwy, po 12 tygodniach została ona oceniona jako średnio intensywna. Prawdopodobnie żółta barwa napojów pochodziła nie tylko od karotenoidów, ale również od barwnych produktów ich przemian oraz (+)-katechiny. Utlenianie katechin prowadzi do powstania rodników fenoksylowych, które ulegają dalszemu utlenianiu do chinonów lub mogą się włączyć do innych reakcji charakterystycznych dla rodników [14]. Można przypuszczać, że produkty rozpadu katechin mogą reagować z karotenoidami lub ich pochodnymi w wyniku czego powstają produkty o żółtym zabarwieniu.

W ostatnich latach ukazuje się wiele prac na temat oddziaływań synergistycznych pomiędzy różnymi przeciwutleniaczami [13, 15, 16, 22]. W pracy również podjęto próbę stabilizacji β -karotenu mieszaniną (+)-katechiny i kwasu L-askorbinowego. Stosując mieszaninę przeciwutleniaczy uzyskano istotne wydłużenie okresu połowicznego rozpadu β -karotenu w porównaniu z próbkami napojów bez dodatku przeciwutleniacza (tab. 1), lecz czas ten był krótszy w porównaniu z próbkami, do których dodano 200 mg (+)-katechiny. Tak samo barwa napojów z dodatkiem mieszaniny przeciwutleniaczy została oceniona jako jaśniejsza niż barwa napojów z dodatkiem samej katechiny. Z kolei zwiększenie wielkości dodatku kwasu L-askorbinowego w mieszaninie do 200 mg na 1 l napoju spowodowało, podobnie jak w napojach z dodatkiem samego kwasu, wyraźne pociemnienie barwy napojów.

Wnioski

1. Kwas L-askorbinowy stabilizował barwę napojów, lecz nie zapobiegł całkowitemu rozkładowi β -karotenu. Żółta barwa napojów z dodatkiem kwasu L-askorbinowego po 6 tygodniach przechowywania była wynikiem obecności w napojach α -karotenu oraz produktów rozpadu β -karotenu. Zwiększenie dodatku kwasu ze 100 do 200 mg na 1 l napoju powodowało ciemnienie napojów.
2. Dodatek (+)-katechiny do napojów w większym stopniu powodował poprawę trwałości ich barwy niż dodatek kwasu L-askorbinowego. Po 6 tygodniach przechowywania napoje z dodatkiem 200 mg/l (+)-katechiny zawierały zarówno α -, jak i β -karoten.
3. Jednoczesne zastosowanie (+)-katechiny i kwasu L-askorbinowego nie spowodowało poprawy trwałości barwy napojów w porównaniu z próbkami zawierającymi 200 mg (+)-katechiny. Barwa napojów zawierających 100 mg/l katechiny i 200 mg/l kwasu L-askorbinowego ciemniała w czasie przechowywania.
4. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń można następująco uszeregować efektywność stosowanych przeciwutleniaczy: (+)-katechina > mieszanina przeciwutleniaczy > kwas L-askorbinowy.

Literatura

- [1] Buffo R., Reineccius G.: Beverage emulsions and the utilization of gum acacia as emulsifier/stabilizer. *Perfumer & Flavorist*, 2000, **25**, 24-44.
- [2] Buffo R., Reineccius G.: Factors affecting the emulsifying and rheological properties of gum acacia in beverage emulsions. *Food Hydrocolloids*, 2001, **15**, 53-66.
- [3] Burton G.W., Ingold K.U.: β -carotene: an unusual type of lipid antioxidant. *Science*, 1984, **224**, 569-573.
- [4] Chen B.H., Chen T.M., Chien J.T.: Kinetic model for studying the isomerization of α - and β -carotene during heating and illumination. *J. Agric. Food Chem.*, 1994, **42**, 2391-2397.
- [5] Chen B.H., Peng H.Y., Chen H.E.: Changes of carotenoids, color, and vitamin A contents during processing of carrot juice. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, **43**, 1912-1918.
- [6] Czapski J.: Rola i kształtowanie barwy produktów spożywczych. W: Materiały konferencyjne „Food product development – Opracowanie nowych produktów żywnościowych”. Poznań 1995, s. 173-183.
- [7] Czapski J.: Naturalne barwniki spożywcze – kierunki rozwoju. *Przem. Spoż.*, 1999, **4**, 16-17.
- [8] Dłużewska E., Bednarek P.: Wpływ wybranych czynników na stabilność β -karotenu w napojach bezalkoholowych. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2005, **4**, (2), 59-69.
- [9] Gasik A., Mitek M.: Bezalkoholowe napoje orzeźwiające cz. I. Surowce i materiały pomocnicze. *Przem. Spoż.*, 2005, **6**, 36-41.
- [10] Giese J.: Developments in beverage additives. *Food Technol.*, 1995, (49), **9**, 64-72.
- [11] Goldman M., Horev B., Saguy I.: Decolorization of β -carotene in model systems simulating dehydrated foods. Mechanism and kinetic principles. *J. Food Sci.*, 1983, **48**, 751-754.
- [12] Heijnen C.G.M., Haenen G.R.M., Vekemans J.A.J., Bast A.: Peroxynitrite scavenging of flavonoids: structure activity relationship. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 2001, **10**, 199-206.

- [13] Hras A. R., Hadolin M., Kenez Z.: Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with α -tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food Chem.*, 2000, **71**, 229-233.
- [14] Janeiro P., Brett A.M.: Catechin electrochemical oxidation mechanisms. *Analytical Chemical Acta*, 2004, **518**, 109-115.
- [15] Krinsky N.I., Yeum K.J.: Carotenoid – radical interactions. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2003, **305**, 754-760.
- [16] Madsen H.L., Bertelsen G.: Spices as antioxidants. *Trends Food Sci. Technol.*, 1995, **6**, 271-277.
- [17] Martinez S., Valek L., Petrovic Z., Metikos-Hukovic, Piljac M.J.: Catechin antioxidant action at various pH studied by cyclic voltammetry and PM3 semiempirical calculations. *J. Electroanalytical Chem.*, 2005, **584**, 92-99.
- [18] McCarthy T.L., Kerry J.P., Kerry J.F., Lynch P.B., Buckley D.J.: Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Sci.*, 2001, **57**, 45-52.
- [19] Minguez-Mosquera M.I., Hornero-Mendez D., Perez-Galvez A.: Carotenoids and provitamin A in functional foods. CRC Press LLC, 2002.
- [20] Moszczyński P., Pyć R.: *Biochemia witamin (cz. II). Witaminy lipofilne i kwas askorbinowy*. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa 1999, s.117.
- [21] Nako M., Takio S., Ono K.: Alkyl peroksy radical-scavenging activity of catechins. *Phytochemistry*, 1998, **49**, 2379-2382.
- [22] Nogala-Kalucka K., Korczak J., Dratwia M., Lampart-Szczapa E., Siger A., Buchowski A.: Changes in antioxidant activity and free radical scavenging potential of rosemary extract and tocopherols in isolated rapeseed oil triacylglycerols during accelerated test. *Food Chem.*, 2005, **93**, 227-235.
- [23] Pesek C.A., Warthesen J.J.: Characterisation of the photodegradation of β -carotene in aqueous model systems. *J. Food Sci.*, 1988, **(53)**, **5**, 1517-1520.
- [24] PN-90A-75101/12. *Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczenie sumy karotenoidów i β -karotenu*.
- [25] Rodriguez-Amaya D.B.: Some physicochemical properties of carotenoids. In: *A guide to Carotenoid analysis in foods*. ILSI Press USA, 2001, pp. 14-22.
- [26] Rodriguez-Amaya D.B., Kimura M.: *Harvest Plus Handbook for Carotenoid Analysis*, 2004, pp. 2-25.
- [27] Rutkowski A.: Substancje dodatkowe w produkcji napojów bezalkoholowych. *Przem. Spoż.*, 1996, **2**, 16-18.
- [28] Sweeney J.P. Marsh A.C.: Effect of processing on provitamin A in vegetables. *J. Am. Diet. Assoc.*, 1971, **59**, 238-234.
- [29] Tan C.-T., Hilmes J.W.: Stability of beverage emulsions. *Perfumer & Flavorist*, 1988, **13**, 23-41.

EFFECT OF SELECTED ANTIOXIDANTS ON COLOUR STABILITY OF SOFT BEVERAGES WITH ADDITION OF β -CAROTENE

S u m m a r y

The aim of the paper was to improve of colour stability in soft beverages obtained from beverage emulsions with natural β -carotene addition. The influence of the kind and amount of antioxidants on the stability of beverage colour was determined.

The natural antioxidants (L-ascorbic acid and/or (+)-catechin) were added directly to the beverages from 100 to 400 mg/l. Colour stability were investigated on the basis of the store test. The half-life disintegration of β -carotene was calculated. The amount of carotenoids was determined by HPLC techniques.

As a conclusion it was affirmed that the most effective antioxidant was the (+)-catechin once added to the beverages in amount 200 mg/l. The colour stability was increased by adding the L-ascorbic acid but it did not prevent against the total degradation of β -carotene. The soft drinks with 200 mg/l L-ascorbic acid were darkening. Mixing of the antioxidants did not give improvement of colour stability in soft drinks in comparison with beverages with (+)-catechin.

Key words: beverages, colour, β -carotene, ascorbic acid, catechin 