

RAFAŁ WOŁOSIAK

PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCYCH PREPARATÓW KAROTENOIDÓW UZYSKANYCH Z OWOCÓW POMIDORA I PAPRYKI

Streszczenie

Badano aktywność przeciwutleniającą preparatów karotenoidów pomidora, papryki oraz β -karotenu wobec wolnych rodników, w procesie autooksydacji kwasu linolowego oraz w reakcji enzymatycznej katalizowanej przez lipooksygenazę. Stwierdzono lepsze właściwości β -karotenu w zastosowanych układach oksydacyjnych w odniesieniu do pozostałych preparatów. Preparat ten wykazywał 100% aktywności zastosowany w ilości 15 mg% wobec wolnych rodników, a także całkowicie hamował reakcję autooksydacji kwasu linolowego oraz enzymatycznego utleniania przez lipooksygenazę. W stosunku do wolnych rodników i w reakcji autooksydacji niewiele gorsze właściwości wykazywał preparat karotenoidów pomidora, podczas gdy preparat karotenoidów papryki miał wyraźnie mniejszą aktywność. Wszystkie badane karotenoidy najstabiliej hamowały powstawanie wtórnych produktów utleniania (preparat z pomidora do 10%, β -karoten do 30%), a preparat z owoców papryki wykazał tendencje prooksydacyjne w wyższych stężeniach. Zmiana układu, w którym prowadzono reakcję enzymatyczną, z jednofazowego na emulsyjny spowodowała wyraźne polepszenie działania preparatów.

Słowa kluczowe: karotenoidy, pomidor, papryka, β -karoten, przeciwutleniacz, wolne rodniki, autooksydacja, lipooksygenaza.

Wstęp

Procesy oksydacyjne zachodzące w produktach żywnościowych podczas ich przerobu i przechowywania w poważnym stopniu ograniczają ich trwałość i wartość żywieniową [1, 2]. Powszechnie stosowanym sposobem zapobiegania niekorzystnym zmianom oksydacyjnym jest stosowanie przeciwutleniaczy [16]. Do naturalnych substancji o dużej skuteczności hamowania reakcji utleniania należą karotenoidy, jednak dotychczas zwracano przede wszystkim uwagę na ich zdolność do dezaktywacji tlenu singletowego [8, 15]. Niektórzy autorzy prowadzili także prace nad zdolnością karote-

noidów do „zmiatania” rodników. Była ona uzależniona od ilości i przestrzennego ułożenia podwójnych wiązań w ich cząsteczkach. W badaniach z użyciem kwasu 2,2'-azynobis-(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonowego), jako źródła rodników, stwierdzono następujące uszeregowanie aktywności przeciwrodnikowej badanych karotenów: likopen > β -karoten > α -karoten, podczas gdy w układach oksydacyjnych innego typu ta kolejność ulegała zmianie [3]. Podstawienie pierścieni grupami polarnymi, np. karbonylową lub hydroksylową, różnie wpływa na aktywność karotenoidów. Efekt ten jest w dużym stopniu uzależniony od środowiska, w jakim prowadzi się reakcję [5].

Celem niniejszej pracy było zbadanie właściwości preparatów karotenoidów o różnej budowie wobec wolnych rodników, w reakcji autooksydacji oraz w procesach utleniania katalizowanych enzymatycznie prowadzonych w układach jednofazowym i emulsyjnym.

Materiał i metody badań

W badaniach zastosowano preparaty karotenoidów z owoców pomidora (gdzie w przewodzie występuje acykliczny karoten - likopen), papryki (której głównym karotenoidem jest ksantofil kapsantyna, zawierająca atomy tlenu w formie grup ketonowych i hydroksylowych) oraz, w celach porównawczych, jeden z najbardziej rozpowszechnionych w przyrodzie karotenoidów, β -karoten w formie syntetycznego preparatu.

Preparaty karotenoidów z owoców pomidora i papryki uzyskano metodą dwukrotnej ekstrakcji heksanem surowca poddanego homogenizacji i odwodnieniu przez dodatek bezwodnego siarczanu(VI) sodu (stosunek masowy homogenizatu i $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 1:2$). Heksan odparowywano pod zmniejszonym ciśnieniem, a otrzymane preparaty przepłukiwano strumieniem gazowego azotu i przechowywano w stanie zamrożonym [4]. Preparat β -karotenu pochodził z firmy Fluka (22040, czystość min. 97%).

Ze względu na znaczącą rolę katalityczną jonów metali przejściowych w reakcjach utleniania, w pracy oznaczano zdolność badanych preparatów do chelatowania jonów żelaza(II). Preparaty (50,5 mg) rozpuszczano w dichlorometanie (10 ml) i łączono (1:600) z etanolemowym roztworem chlorku żelaza(II) o stężeniu 65 μM . Niezwiązaną część żelaza oznaczano spektrofotometrycznie ($\lambda=562$ nm) po reakcji z ferrozyną (5 mM roztwór wodny) [10]. Wyniki przeliczano posługując się krzywą wzorcową przygotowaną z roztworów chlorku żelaza(II) w zakresie stężeń 0–65 μM i wyrażano jako μM związanego Fe/g preparatu.

Zdolność preparatów do dezaktywacji wolnych rodników oznaczano wobec stabilnych rodników DPPH \cdot (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl) [13] i kationorodników ABTS $^{+\cdot}$ [12]. W pierwszym przypadku roztwory preparatów w chloroformie łączono z chloroformowym roztworem DPPH \cdot . Zawartość rodników oznaczano spektrofotometrycznie ($\lambda=517$ nm) po 30 min inkubacji z badanymi karotenoidami (1, 5, 15 mg%)

wobec odpowiednich próbek ślepych (bez dodatku rodników). Równoległe przygotowywano próbki kontrolne (nie zawierające badanych preparatów). Kationorodniki ABTS^{•+} wytwarzano z syntetycznego substratu (kwas 2,2'-azynobis[3-etylobenzotiazolino-6-sulfonowy]) w reakcji z nadsiarczanem potasu przez 24 godz. bez dostępu światła. Uzyskany roztwór rodników rozcieńczano etanolem do absorbancji 0,7 ($\pm 0,02$) i mieszano z roztworami karotenoidów w dichlorometanie. Równoległe przygotowywano próbki kontrolne (nie zawierające badanych preparatów). Zawartość rodników oznaczano spektrofotometrycznie ($\lambda=734$ nm) wobec próbek ślepych. Czas inkubacji wynosił 6 min, przed pomiarem próbki ponownie mieszano. Preparaty stosowano w ilości 1 i 5 mg%.

W pracy badano również właściwości preparatów karotenoidów (1, 5, 15 mg%) w procesie autooksydacji kwasu linolowego w układzie emulsyjnym, mierząc zawartość nadtlenków kwasu linolowego [9] i produktów ich rozpadu reagujących z kwasem tiobarbiturowym [18]. W celu przygotowania emulsji naważano kwas linolowy oraz Tween 20 i łączono z roztworami karotenoidów w chloroformie. Chloroform odparowywano strumieniem gazowego azotu i po dodaniu 0,05 M buforu fosforanowego (pH 7,0) całość homogenizowano przy 20000 obr./min przez 30 s. Równoległe przygotowywano emulsje do próbek kontrolnych niezawierające dodatku karotenoidów. W celu oznaczenia zdolności karotenoidów do hamowania reakcji tworzenia nadtlenków kwasu linolowego, do emulsji dodawano roztwór hemoglobiny i po 10 min termostatowania w temp. 37°C reakcję utleniania zatrzymywano przez dodatek 0,6% kwasu solnego w etanolu. Zawartość nadtlenków oznaczano spektrofotometrycznie ($\lambda=480$ nm) po reakcji z tiocyjanianem amonu i chlorkiem żelaza(II) wobec próbek ślepych, których nie termostatowano, a roztwór hemoglobiny dodawano po roztworze kwasu solnego w etanolu. W celu określenia właściwości preparatów wobec wtórnych produktów utleniania przygotowane emulsje termostatowano przez 24 h w temp. 37°C w obecności jonów żelaza(II) (próbki ślepe w temp. 6°C). Po tym czasie pobierano próbki, dodawano 0,2% metanolowy roztwór BHT (w celu powstrzymania tworzenia się wtórnych produktów autooksydacji na dalszych etapach doświadczenia) oraz 0,5% roztwór kwasu tiobarbiturowego w 5% kwasie solnym i ogrzewano we wrzącej łaźni wodnej przez 20 min. Po ostudzeniu dodawano chloroform w celu oddzielenia fazy tłuszczowej, wirowano i mierzono absorbancję fazy wodnej ($\lambda = 532$ nm) wobec próbek ślepych.

Ostatnim etapem pracy było oznaczenie zdolności preparatów do hamowania reakcji enzymatycznego utleniania katalizowanego przez lipooksygenazę [17]. Reakcję prowadzono w układzie jednofazowym, pobierając roztwory karotenoidów w dichlorometanie (w przypadku próbek kontrolnych sam dichlorometan) oraz kwas linolowy i mieszając całość z etanolem, a następnie rozcieńczając sześciokrotnie 0,2 M buforem boranowym (pH 9,0). Reakcję rozpoczynano przez dodatek enzymu w silnie schłodzonym buforze boranowym (10000 j/ml) i po 12 min dokonywano pomiaru absorbancji

przy 234 nm wobec próbek ślepych, w których dodatek enzymu zastąpiono buforem boranowym. Badane preparaty stosowano w ilości 1 mg%. Ponadto reakcję enzymatyczną prowadzono także w układzie heterofazowym, przygotowanym przez połączenie Tween 20, roztworów karotenoidów w chloroformie i kwasu linolowego w chloroformie, odparowanie rozpuszczalnika strumieniem gazowego azotu i dokładne wymieszanie całości z buforem boranowym. Reakcję utleniania prowadzono analogicznie do układu jednofazowego. Preparaty karotenoidów zastosowano w ilości 1, 5 i 15 mg%.

Wszystkie analizy wykonano w 3 powtórzeniach, za wyjątkiem badania właściwości przeciwutleniających preparatów w procesie autooksydacji kwasu linolowego, które wykonano w 4 powtórzeniach. Aktywność przeciwutleniającą (A) preparatów liczono z równania:

$$A = (A_k - A_w) / A_k \cdot 100\%,$$

gdzie: A_k – absorbancja próbki kontrolnej, A_w – absorbancja próbki właściwej. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabelach w postaci wartości średnich wraz z odchyleniami standardowymi.

Wyniki i ich omówienie

We wstępnej części pracy oznaczono zdolność karotenoidów do wiązania jonów żelaza(II). Uzyskane wyniki wraz ze stosowanymi w pracy oznaczeniami preparatów przedstawiono w tab. 1. Największą zdolność chelatowania wykazał β -karoten (ponad 400 $\mu\text{mol Fe/g}$), karotenoidy pomidora wiązały prawie dwukrotnie mniej jonów żelaza (ponad 200 $\mu\text{mol Fe/g}$), zaś preparat uzyskany z papryki – prawie trzykrotnie mniej (około 150 $\mu\text{mol Fe/g}$).

Preparaty β -karotenu i karotenoidów pomidora charakteryzowały się bardzo podobnymi właściwościami wobec stabilnych rodników DPPH[•] (tab. 2), wykazując aktywność od około 20% (dodatek 1 mg%) do 100% (dodatek 15 mg%), podczas gdy preparat karotenoidów papryki przejawiał 21% aktywności przy największym jego dodatku (15 mg%). Podobne zależności obserwowano w doświadczeniu z kationorodnikami ABTS^{•+} (tab. 2), przy czym dezaktywacja rodników zachodziła znacznie skuteczniej – preparat β -karotenu (PB) i preparat karotenoidów pomidora (PL) przekroczyły 90% aktywności już przy dodatku 5 mg% (w wyniku czego nie prowadzono doświadczenia przy dodatku 15 mg%), zaś preparat karotenoidów papryki „zmiatał” około 40% rodników. Z literatury znany jest fakt większej zdolności likopenu do dezaktywacji kationorodników ABTS^{•+} w porównaniu z β -karotenem [3, 12]. Brak wyizolowania i oczyszczenia likopenu z preparatu karotenoidów owoców pomidora, w których jest on głównym barwnikiem, najprawdopodobniej spowodował mniejszą aktywność tego preparatu w porównaniu z czystym β -karotenem w tym układzie modelowym.

Tabela 1

Stosowane w pracy oznaczenia preparatów i ich zdolność do wiązania jonów żelaza(II).
The abbreviations of the preparation's names applied in the study and their ability to bind Fe(II) ions.

Nazwa preparatu Preparation's name	Stosowane oznaczenie Abbreviation applied	Zdolność wiązania jonów Fe(II) Fe(II) binding ability [$\mu\text{mol Fe/g}$]
Preparat karotenoidów z owoców pomidora Tomato carotenoids preparation	PL	234,3 \pm 12,50
Preparat karotenoidów z owoców papryki Paprika carotenoids preparation	PK	155,0 \pm 11,07
β -Karoten β -Carotene	PB	414,7 \pm 19,79

Tabela 2

Wpływ wielkości dodatku badanych karotenoidów [mg%] na ich aktywność wobec stabilnych rodników DPPH^{*} oraz kationorodników ABTS⁺⁺.

Effect of investigated carotenoids' addition [mg%] on their activity towards DPPH^{*} stable radicals and ABTS⁺⁺ radical cations.

Preparat Preparation	Aktywność przeciwutleniająca (DPPH [*]) Antioxidant activity [%]			Aktywność przeciwutleniająca Antioxidant activity (ABTS ⁺⁺) [%]	
	1 mg%	5 mg%	15 mg%	1 mg%	5 mg%
PL	18,7 \pm 1,92	60,3 \pm 4,21	100,0 \pm 5,69	24,6 \pm 1,83	90,9 \pm 2,74
PK	2,8 \pm 0,56	12,7 \pm 3,54	20,9 \pm 0,68	10,2 \pm 0,64	41,1 \pm 1,41
PB	21,6 \pm 1,64	67,5 \pm 2,87	100,0 \pm 5,05	67,8 \pm 1,63	100,0 \pm 0,00

W procesie autooksydacji emulsji kwasu linolowego (tab. 3) β -karoten najlepiej zapobiegał powstawaniu nadtlenków, wykazując aktywność od 40% (dodatek 1 mg%) do prawie 100% (dodatek 15 mg%), natomiast preparaty uzyskane z owoców pomidora i papryki okazały się bardzo efektywne dopiero przy dodatku 15 mg% (odpowiednio 86 i 76% aktywności). Może mieć to związek z większą zdolnością β -karotenu do łączenia się z jonami żelaza, które były katalizatorem tej reakcji. Prawdopodobnie właśnie ten fakt obok heterofazowego układu doświadczalnego spowodował, że β -karoten okazał się najlepszym inhibitorem autooksydacji kwasu linolowego w niniejszej pracy, podczas gdy w doświadczeniu prowadzonym w układzie homofazowym, bez obecności jonów żelaza, mniejszą zawartość nadtlenków stwierdzono w próbce z dodatkiem likopenu [3].

Tabela 3

Wpływ wielkości dodatku badanych karotenoidów [mg%] na ich aktywność wobec nadtlenków kwasu linolowego (LOOH) oraz wtórnych produktów utleniania reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS).

Effect of investigated carotenoid's addition [mg%] on their activity towards linoleic acid peroxides (LOOH) and thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS).

Preparat Preparation	Aktywność przeciwutleniająca Antioxidant activity (LOOH) [%]			Aktywność przeciwutleniająca Antioxidant activity (TBARS) [%]		
	1 mg%	5 mg%	15 mg%	1 mg%	5 mg%	15 mg%
PL	29,5 ± 5,39	36,5 ± 3,81	85,8 ± 5,69	6,6 ± 0,11	8,0 ± 4,52	9,5 ± 2,18
PK	24,5 ± 1,57	33,5 ± 2,37	76,3 ± 3,98	2,8 ± 0,01	-16,6 ± 3,93	-31,0 ± 6,05
PB	39,5 ± 2,78	80,3 ± 2,88	99,0 ± 1,19	7,7 ± 0,10	17,5 ± 4,43	30,6 ± 6,39

Pomiar wtórnych produktów utleniania reagujących z kwasem tiobarbiturowym (tab. 3) dał wyraźnie odmienne rezultaty – jedynie karoten zastosowany w ilości 15 mg% przekroczył 20% aktywności, zaś preparat karotenoidów papryki wykazał tendencje prooksydacyjne przy większych dodatkach. Jest to najprawdopodobniej spowodowane znaczną wybiórczością tej reakcji [6], bowiem badane preparaty mogą wykazywać słabszy efekt wobec specyficznej grupy wtórnych produktów utleniania oznaczanej z kwasem tiobarbiturowym (głównie dwualdehyd malonowy) lub nawet promować tworzenie się takich substancji, hamując powstawanie innych, co może prowadzić do błędnej interpretacji działania badanych przeciwutleniaczy. Nie można jednak również wykluczyć prooksydacyjnego działania tego preparatu, gdyż takie tendencje w niektórych układach modelowych, przy wyższych stężeniach karotenoidów, są opisane w literaturze [11, 14].

Największe różnice w aktywności β -karotenu i pozostałych preparatów obserwowano w reakcji enzymatycznego utleniania kwasu linolowego (tab. 4). W układzie homofazowym, przy dodatku 1 mg%, β -karoten wykazał dwukrotnie większą aktywność (35%) od pozostałych karotenoidów (14-18%). Zmiana układu na heterofazowy (emulsyjny) spowodowała znaczne polepszenie działania preparatów (odpowiednio 72% i około 43% aktywności przy identycznym dodatku). Efekt ten mógł być spowodowany większym skoncentrowaniem przeciwutleniaczy wraz z substratem reakcji w fazie lipidowej, co w zastosowanych warunkach mogło dodatkowo wpłynąć na efektywność karotenoidów. Istotne zmiany aktywności przeciwutleniaczy przy zmianie środowiska reakcji z jednofazowego na heterofazowy są potwierdzone przez dane literaturowe [7]. Zwiększenie dodatku preparatów w układzie emulsyjnym spowodowało wzrost aktywności karotenu do 100% przy zawartości 15 mg%, podczas gdy aktywności pozostałych preparatów nie zmieniły się w sposób znaczący.

Tabela 4

Wpływ układu reakcji i wielkości dodatku badanych karotenoidów [mg%] na ich aktywność w procesie utleniania enzymatycznego katalizowanego przez lipooksygenazę.

Effect of reaction system and investigated carotenoids' addition [mg%] on their activity in lipoxygenase-catalysed enzymatic oxidation process.

Preparat Preparation	Aktywność przeciwutleniająca (układ jednofazowy) Antioxidant activity (single phase system) [%]	Aktywność przeciwutleniająca (układ emulsyjny) Antioxidant activity (emulsion system) [%]		
	1 mg%	1 mg%	5 mg%	15 mg%
PL	18,3 ±3,30	42,6 ±5,90	44,7 ±8,63	48,5 ±6,65
PK	14,2 ±5,11	42,5 ±7,89	31,3 ±6,03	41,6 ±3,36
PB	34,3 ±1,16	72,1 ±4,66	92,5 ±2,16	100,0 ±0,00

Wnioski

1. Preparat karotenoidów uzyskany z owoców pomidora wykazał w większości doświadczeń lepsze właściwości przeciwutleniające od preparatu uzyskanego z owoców papryki, lecz ustępował aktywnością syntetycznemu β -karotenowi.
2. Większa efektywność β -karotenu w procesie autooksydacji kwasu linolowego w odniesieniu do pozostałych karotenoidów może być po części spowodowana lepszą zdolnością tego preparatu do chelatowania jonów żelaza(II).
3. Badane karotenoidy były wyraźnie lepszymi inhibitorami aktywności lipooksygenazy przy zastosowaniu we frakcji lipidowej modelowego układu heterofazowego w porównaniu z układem homofazowym.

Literatura

- [1] Ahmad, I., Alaiz, M., Zamora, R., Hidalgo, F.I.: Effect of oxidized lipid/amino acid reaction products on the antioxidative activity of common antioxidants. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, **46**, 3768-3771.
- [2] Alaiz, M., Zamora, R., Hidalgo, F.J.: Addition of oxidized lipid/amino acid reaction products delays the peroxidation initiated in a soybean oil. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, **43**, 2968-2701.
- [3] Anguelova, T., Warthesen, J.: Degradation of lycopene, α -carotene, and β -carotene during lipid peroxidation. *Food Chem. Toxicol.*, 2000, **65**, 71-75.
- [4] Davies, B.H.: Analysis of carotenoid pigments. w: Goodwin, T.W.: Chemistry and biochemistry of plant pigments. Academic Press London 1965.
- [5] Edge, R., McGarvey, D.J., Truscott, T.G.: The carotenoids as antioxidants – a review. *J. Photochem. Photobiol. B.*, 1997, **41**, 189-200.
- [6] Guzman-Chozas, M., Vicario, I.M., Guillen-Sans, R.: Spectrophotometric profiles of off-flavor aldehydes by using their reactions with 2-thiobarbituric acid. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **45**, 2452-2457.

- [7] Huang, S.-W., Hopia, A., Schwarz, K., Frankel, E.N., German, J.B.: Antioxidant activity of α -tocopherol and Trolox in different lipid substrates: bulk oils vs oil-in-water emulsions. *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 444-452.
- [8] Kitts, D.D.: An evaluation of the multiple effects of the antioxidant vitamins. *Trends Food Sci. Technol.*, 1997, **8**, 198-203.
- [9] Kuo, J.-M., Yeh, D.-B., Pan, B.S.: Rapid photometric assay evaluating antioxidative activity in edible plant material. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **47**, 3206-3209.
- [10] Lai, L.-S., Chou, S.-T., Chao, W.-W.: Studies on the antioxidative activities of hsian-tsoa (*Mesona procumbens* Hemsl) leaf gum. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 963-968
- [11] Polyakov, N.E., Leshina, T.V., Konovalova, T.A., Kispert, L.D.: Carotenoids as scavengers of free radicals in a Fenton reaction: antioxidants or prooxidants? *Free Rad. Biol. Med.*, 2001, **31**, 398-404.
- [12] Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.*, 1999, **26**, 1231-1237.
- [13] Saint-Cricq de Gaulejac, N., Provost, C., Viras, N.: Comparative study of polyphenol scavenging activities assessed by different methods. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **47**, 425-431.
- [14] Subagio, A., Morita, N.: Instability of carotenoids is a reason for their promotion on lipid oxidation. *Food Res. Int.*, 2001, **34**, 183-188.
- [15] Szukalska E.: Procesy oksydacyjne i rola antyoksydantów w technologii tłuszczów. Antyoksydanty w żywności – aspekty technologiczne i zdrowotne. Materiały II Konferencji Naukowej „Żywność a zdrowie”, Łódź, 25.06.1999, s. 42-53.
- [16] Vieira, T.M.F.S., Regitano-d'Arce, M.A.B.: Ultraviolet spectrophotometric evaluation of corn oil oxidative stability during microwave heating and oven test. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **47**, 2203-2206
- [17] Wołosiak, R., Klepacka, M.: Antioxidative properties of albumins in enzymatically catalyzed model systems. *Electr. J. Pol. Agric. Univ.*, 2002, vol. **5**, issue 1.
- [18] Yen, G.C., Chen, H.Y., Lee, C.-E.: Measurement of antioxidative activity in metal ion-induced lipid peroxidation systems. *J. Sci. Food Agric.*, 1999, **79**, 1213-1217.

A COMPARISON OF ANTIOXIDATIVE PROPERTIES OF CAROTENOID PREPARATIONS DERIVED FROM TOMATO AND PAPRIKA

Summary

Antioxidative activity of carotenoid preparations obtained from tomato, paprika and of β -carotene against free radicals, in the linoleic acid autoxidation process and in lipoxygenase-catalysed enzymatic reaction were investigated in the study. Better properties of β -carotene comparing to other preparations were stated. β -Carotene applied in the 15 mg% concentration exhibited 100% activity against free radicals and completely inhibited the linoleic acid autoxidation process and enzymatic oxidation catalysed by lipoxygenase. Tomato carotenoids preparation showed not much worse properties towards free radicals and in the autoxidation process, whereas paprika carotenoids preparation had distinctly lower activities. All the investigated carotenoids inhibited the formation of the secondary oxidation products the weakest (tomato preparation up to 10% and β -carotene up to 30%) and paprika preparation exhibited prooxidative tendencies in higher concentrations. The change of the enzymatic reaction system from continuous to emulsified caused a distinct improvement of the preparation's activity.

Key words: carotenoids, tomato, paprika, β -carotene, antioxidant, free radicals, autoxidation, lipoxygenase. ☒