

Mgr inż. Małgorzata CZERWONKA  
Dr hab. inż. Bożena WASZKIEWICZ-ROBAK  
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW w Warszawie

## NOWE DODATKI FUNKCJONALNE DO ŻYWNOŚCI I SUPLEMENTÓW DIETY – KAROTENOIDY MORSKIE®

Rozwijający się rynek żywności funkcjonalnej i suplementów diety zmusza producentów do poszukiwania nowych substancji, które spełnią wymagania konsumentów w zakresie pozytywnego oddziaływania na organizm i bezpieczeństwa stosowania. Karotenoidy z alg morskich, astaksantyna i fukoksantyna, są nowościami na rynku światowym. Dostarczone do organizmu człowieka mogą pełnić bardzo ważną rolę w prewencji i leczeniu wielu chorób cywilizacyjnych. Oba związki są silnymi przeciwutleniaczami, a dzięki tym właściwościom wykazują działanie m.in.: kardioprotekcyjne, przeciwzapalne, przeciwnowotworowe, wspomagające redukcję masy ciała, regulujące poziom glukozy we krwi.

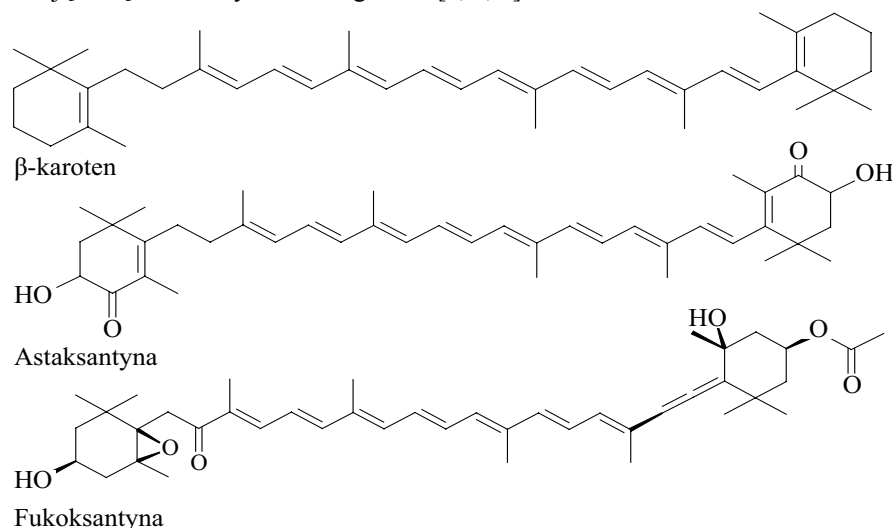
### WPROWADZENIE

Bardzo szybko rozwijający się rynek żywności funkcjonalnej i suplementów diety zmusza producentów do poszukiwania nowych substancji, których działanie spełnia wymagania konsumentów związane z wszechstronnym oddziaływaniem na organizm w ramach prewencji i leczenia chorób oraz bezpieczeństwa stosowania. Stosunkowo niedawno producentom zaproponowane zostały dwie nowe substancje, karotenoidy morskie, astaksantyna i fukoksantyna.

Karotenoidy są bardzo szeroką grupą związków. Obecnie opisano około 800 różnych substancji, z których najbardziej znanymi przedstawicielami są:  $\beta$ -karoten, likopen, luteina, zeaksantyna. Stosunkowo niedawno na światowym rynku komponentów żywności funkcjonalnej i suplementów diety pojawiły się dwa karotenoidy, produkowane przez fitoplankton morski, astaksantyna i fukoksantyna, które ze względu na swoje właściwości mogą być stosowane w prewencji i leczeniu niektórych chorób cywilizacyjnych.

Oba karotenoidy pośrednio, lub bezpośrednio od zawsze wchodziły w skład diety ludzi, jednak dopiero od niedawna zaczęto je badać i doceniać niezwykle ich właściwości. Zarówno astaksantyna, jak i fukoksantyna należą do ksantofili, jak każdy karotenoid są tłuszczorozpuszczalne (rys. 1).

Niestety łatwo ulegają utlenieniu, w wyniku czego powstają związki nieaktywne biologicznie [5, 7, 8].



Rys. 1. Wzory strukturalne  $\beta$ -karotenu, astaksantyny i fukoksantyny.

Celem artykułu jest przybliżenie bezpieczeństwa stosowania oraz wszechstronnych właściwości karotenoidów astaksantyny i fukoksantyny w produkcji żywności funkcjonalnej i suplementów diety.

### ASTAKSANTYNA

Astaksantyna produkowana jest przez glony, na skalę przemysłową otrzymywana głównie z *Haematococcus Pluvialis*. Organizmy wyższe nie są w stanie jej syntetyzować, jednak dzięki temu, że kumuluje się w organizmie, ujawnia się na kolejnych etapach łańcucha pokarmowego, nadając czerwone zabarwienie różnym narządom, najczęściej mięśniom. Zwierzęta, tj.: kryle, krewetki, łososie, flamingi swoją barwę zawdzięczają właśnie temu karotenoidowi [5].

Prowadzone w ciągu ostatnich dwóch dekad badania pokazują jak wszechstronne działanie posiada astaksantyna. Wynika ono głównie z właściwości antyoksydacyjnych. Producentci astaksantyny szczególną uwagę zwracają na efekt ochronny układu sercowo-naczyniowego. Astaksantyna modyfikuje profil lipidowy krwi poprzez zmniejszenie ilości cholesterolu frakcji LDL i triacylogliceroli, zwiększa ilości cholesterolu frakcji HDL. Od początku lat dziewięćdziesiątych zeszłego wieku trwają intensywne badania, głównie na modelach zwierzęcych (myszy, szczury, króliki, psy). Jednorazowe podanie nawet dużej dawki astaksantyny nie zmienia, w sposób istotny statystycznie, poziomu i proporcji profilu lipidowego krwi. Suplementacja diety astaksantyną daje bardzo wyraźne rezultaty w przypadku ciągłej i konsekwentnej terapii. U zwierząt obserwowano zmniejszony poziom złożeń miażdżycowych i redukcję stresu oksydacyjnego [21, 22, 40, 50].

W badaniach japońskich naukowców, przeprowadzonych na szczurach wykazano znaczny spadek ciśnienia tętniczego krwi i wzrost elastyczności naczyń krwionośnych. Prawdopodobnie astaksantyna stymuluje mechanizm powstawania tlenku azotu, dzięki czemu przy zastosowaniu tego karotenoidu uzyskujemy efekt hipotensyjny [9, 13, 15, 23, 45].

Z badań Grossa i Lockwooda [10, 11] przeprowadzonych najpierw na szczurach, następnie na psach wynika, że astaksantyna jest skutecznym

Z badań Grossa i Lockwooda [10, 11] przeprowadzonych najpierw na szczurach, następnie na psach wynika, że astaksantyna jest skutecznym

środkiem zapobiegającym uszkodzeniom tkanki mięśnia sercowego. Podanie tego karotenoidu bezpośrednio przed wystąpieniem zawału, znacznie ograniczało jego obszar i uszkodzenie mięśnia sercowego spowodowane przez zawał.

Niestety jak do tej pory nie opublikowano wyników doświadczeń potwierdzających protekcyjne działanie na układ sercowo-naczyniowy na modelu ludzkim. Niektórzy producenci deklarują, że w badaniach przeprowadzonych przez firmę z udziałem wolontariuszy astaksantyna w dawce 4 mg, przyjmowana przez okres czterech tygodni, dawała bardzo dobre rezultaty w prewencji chorób sercowo-naczyniowych, w tym znaczne obniżenie cholesterolu frakcji LDL i triacylogliceroli we krwi [5]. Badania te jednak nie zostały potwierdzone. Niemniej jednak astaksantyna jest reklamowana głównie jako suplement diety o działaniu wspomagającym pracę serca i naczyń krwionośnych, zapobiegający epizodom chorób tego układu, co potwierdzają badania przeprowadzone na modelach zwierzęcych.

Astaksantyna została opisana również jako substancja zmniejszająca ryzyko wystąpienia zespołu metabolicznego. W badaniach Husseina i wsp. [14] przeprowadzonych na szczurach, poza działaniem kardioprotekcyjnym, opisanym powyżej, zanotowano obniżenie poziomu glukozy we krwi, zmniejszenie indeksu glikemicznego i poziomu insuliny, co jest bardzo ważne w prewencji cukrzycy typu drugiego. Dodatkowo zaobserwowano zmniejszenie rozmiarów adipocytów białej tkanki tłuszczowej, w stosunku do grupy kontrolnej.

Szeroko opisane zostało działanie przeciwzapalne i immunostymulujące astaksantyny. W 2003 roku opublikowano dwa badania; Lee i wsp. [20] oraz Ohgami i wsp. [39], których wspólnym wnioskiem było: astaksantyna posiada efekt przeciwzapalny, głównie ze względu na jej właściwości antyoksydacyjne, poprzez hamowanie produkcji czynnika martwicy nowotworu (TNF- $\alpha$ ), prostaglandyny E2 (PGE2), tlenku azotu (NO). Karotenoid ten jest również inhibitorem enzymów cyklooksigenazy: COX-1 i COX-2.

Badania dowiodły, że astaksantyna jest w stanie przechodzić barierę krew-mózg, dzięki czemu wspomaga układ nerwowy, chroniąc go przed działaniem wolnych rodników. Trwają intensywne badania nad wykorzystaniem astaksantyny w prewencji m.in. choroby Alzheimera i Parkinsona, u podstawy których leżą zmiany degeneracyjne spowodowane stresem oksydacyjnym [48].

Astaksantyna jest również czynnikiem przeciwnowotworowym. U szczurów karmionych karcynogenami, które jednocześnie przyjmowały astaksantynę zaobserwowano zdecydowanie mniejsze zmiany nowotworowe, niż u zwierząt, którym nie podawano karotenu [47]. W badaniach zaobserwowano również mniejsze występowanie zmian nowotworowych na jelicie grubym (względem grupy kontrolnej) u szczurów pozostających na diecie suplementowanej astaksantyną, u których indukowano powstanie tego nowotworu [46]. Pozytywne działanie wywiera astaksantyna w prewencji nowotworu prostaty u mężczyzn [1].

Astaksantyna może być czynnikiem wspomagającym prewencję wrzodów żołądka i ich powikłań, bowiem jak zaobserwowano w badaniach Bennedsena i wsp. [4] oraz Wanga i wsp. [49], ekstrakt z alg morskich, bogatych w astaksantynę redukowało ilość bakterii *H. pylori* i stany zapalne żołądka u myszy. Suplementacja diety astaksantyną i witaminą C w badaniach

na szczurach zmniejszała występowanie i ewolucję wrzodów żołądka wywołanych przez stres [35].

W ostatnich latach, głównie w Japonii przeprowadzane były doświadczenia na wolontariuszach mające na celu sprawdzenie wpływu astaksantyny na aparat wzroku. W badaniu Nagaki i wsp. [31] podawano osobom z zaburzeniami widzenia 5 mg astaksantyny dziennie przez okres czterech tygodni. Zaobserwowano u nich znaczne obniżenie objawów przemęczenia oraz poprawę zdolności akomodacji gałki ocznej. Podobne wnioski wynikły z badań Nakamury i wsp. [32], gdzie przez okres czterech tygodni badani suplementowali dietę od 0 do 12 mg astaksantyny dziennie. Znaczne obniżenie przemęczenia wzroku uzyskano przy dawkach 4mg i powyżej. W innych badaniach przy dawce 6mg dziennie znacznie zredukowane zostały objawy astenopii, w tym ból, suchość, zmęczenie oczu, nieostrość widzenia. Nieznany do końca jest jeszcze mechanizm działania astaksantyny, wiadomo jedynie, że zwiększa ona przepływ krwi przez naczynia włosowate siatkówki [18, 33, 34, 37]. Nie przeprowadzono również badań porównawczych astaksantyny i innych karotenoidów powszechnie uznanych za wspomagające wzrok, redukujące zmęczenie oczu np.: likopenu i luteiny.

Mniej liczne badania wskazują na dobroczynny wpływ suplementacji astaksantyną na wygląd skóry, w tym: wzrost jej nawilżenia, poprawę elastyczności, redukcję drobnych zmarszczek [44, 51]. Wyniki badania *in vitro* przeprowadzone przez Lyonsa i O'Briena w 2002 [24] roku sugerują, że astaksantyna może również zapobiegać zmianom w DNA skóry spowodowanym promieniami UVA. Podobne doświadczenia wskazują na redukcję stresu oksydacyjnego wywołanego UVA przez zastosowanie astaksantyny [38, 42].

Astaksantyna jest polecana również sportowcom, ponieważ gromadzona w mięśniach zmniejsza skutki stresu oksydacyjnego i uszkodzenia mięśni wywołane znacznym wysiłkiem fizycznym, co potwierdzono w badaniach na modelach zwierzęcych, myszach [2, 8, 17].

Nie określono maksymalnej dawki astaksantyny, jaka może być przyjmowana, bez wystąpienia skutków ubocznych. Związek ten jest uznany za bezpieczny w stosowaniu. W jednym z badań wolontariusze przyjmowali dawki od 3,85 mg do 19,25 mg dziennie [29]. Nie zaobserwowano jakiegokolwiek objawów toksyczności tego karotenoidu. Przyjmuje się, że optymalna dzienna dawka astaksantyny wynosi 4-8 mg czystego związku.

Na światowym rynku dostępna jest astaksantyna naturalna, pozyskiwana z *Haematococcus Pluvialis*, astaksantyna otrzymywana za pomocą syntezy chemicznej z  $\beta$ -karotenu i astaksantyna otrzymywana z genetycznie zmodyfikowanych drożdży. Najbardziej ceniona jest astaksantyna naturalna, której przypisuje się powyżej opisane działanie. Przeciwnicy astaksantyny syntetyzowanej chemicznie zaznaczają, że naturalny związek występuje w przewodzie w formie zestryfikowanej kwasami tłuszczowymi, co modyfikuje właściwości naturalnego ekstraktu z alg oraz, że astaksantyna naturalna i syntetyczna (lub produkowana przez drożdże) to dwa izomery tego samego związku o nieco różnym oddziaływaniu na organizm.

## FUKOKSANTYNA

Fukoksantyna jest to brązowy barwnik produkowany głównie przez brunatnice. W krajach azjatyckich glony te są przysmakiem i od wieków stanowią składnik diety zarówno ludzi, jak i zwierząt domowych. Fukoksantyna jest obecnie przedmiotem intensywnych badań. Zaobserwowano bowiem, że karotenoid ten może pełnić rolę w prewencji i leczeniu schorzeń powiązanych z zespołem metabolicznym [28, 30].

Fukoksantyna posiada zdolność wspomagania redukcji masy ciała, i w tym kierunku jest obecnie najszerzej wykorzystywana. Badania prowadzone były głównie na otyłych myszach i szczurach, u których obserwowano redukcję masy ciała średnio o 5-10% podczas trwania eksperymentów. Fukoksantyna hamowała akumulację kwasów tłuszczowych w adipocytach, ponieważ stymulowała aktywność białka UCP1, występującego na błonie mitochondrialnej tych komórek, których w wyniku aktywności, energia chemiczna zamieniana jest na ciepło [26, 27]. U badanych zwierząt obserwowano również obniżenie stężenia glukozy i insuliny we krwi, co ma istotne znaczenie w prewencji cukrzycy typu drugiego. Dodatkowym odkryciem był wzrost stężenia dokozaheksaenowego kwasu tłuszczowego w wątrobach zwierząt suplementujących fukoksantynę [27, 28, 30].

Podobnie jak astaksantyna, fukoksantyna wykazywała działanie kardioprotekcyjne, prawdopodobnie wynikające z właściwości przeciwutleniających, nie zanotowano jednak wpływu tego karotenoidu na ciśnienie krwi [16]. Karotenoid ten wykazuje również właściwości przeciwzapalne; obniża aktywność syntazy NO i cyklooksygenazy drugiej [43].

Bardzo ważne było odkrycie właściwości przeciwnowotworowych fukoksantyny. W badaniach *in vitro* wykazano proapoptotyczne działanie na komórki raka prostaty, jelita grubego i wątroby [3, 6, 12, 19, 36].

Na skalę przemysłową fukoksantyna produkowana jest głównie z *Undaria pinnatifida*. Swoje działanie na organizm karotenoid ten zawdzięcza głównie silnym właściwościom przeciwutleniającym, ponad 13 razy wyższym niż  $\alpha$ -tokoferol [28, 30, 41]. Fukoksantyna jest uważana za związek bezpieczny; nie ustalono górnej bezpiecznej dawki tego związku; w żadnym doświadczeniu nie zaobserwowano efektów ubocznych działania fukoksantyny. Istnieje bardzo wiele nie rozwiązanych zagadnień związanych z tym związkiem; zakres jego działania jest bardzo zbliżony do właściwości, jakie wykazuje astaksantyna. Niezbędne są dalsze badania, również prowadzone z udziałem ludzi, by w pełni wyjaśnić mechanizmy działania tego karotenoidu w organizmie i określić zalecaną dzienną dawkę tej substancji, jak ma to miejsce w przypadku astaksantyny.

## PODSUMOWANIE

Obecnie na rynku polskim dostępna jest jedynie naturalna astaksantyna w postaci suplementu diety. Fukoksantyna obecna jest na rynku Unii Europejskiej (jednak jeszcze nie w Polsce), w preparatach wspomagających redukcję masy ciała. Bezpieczeństwo stosowania i wszechstronne właściwości sprawiają, że w najbliższych latach można się spodziewać szerokiego wykorzystania tych karotenoidów w produkcji żywności funkcjonalnej i suplementów diety.

## LITERATURA

- [1] Anderson M.: Method of Inhibiting 5- $\alpha$  Reductase with Astaxanthin to Prevent and Treat Benign Prostate Hyperplasia (BPH) and Prostate Cancer in Human Males, US 2001, Patent #6277417.
- [2] Aoi W., Naito Y., Sakuma K., Kuchide M., Tokuda H., Maoka T., Toyokuni S., Oka S., Yasuhara M., Yoshikawa T.: Astaxanthin limits exercise-induced skeletal and cardiac muscle damage in mice, *Antioxid Redox Signal.*, 2003,(5)1, 139-144.
- [3] Asai A., Sugawara T., Ogo H., Nagao A.: Biotransformation of fucoxanthinol into amarouciaxanthin A in mice and HepG2 cells: formation and cytotoxicity of fucoxanthin metabolites, *Drug Metab Dispos*, 2004, 32(2), 205-211.
- [4] Bennedsen M.: Treatment of *H. pylori* infected mice with antioxidant astaxanthin reduces gastric inflammation, bacterial load and modulates cytokine release by splenocytes. *Immunol Lett.*, 1999, 70(3), 185-189.
- [5] Capelli B.: Astaksantyna, Naturalna Astaksantyna – Królowa Karotenoidów, 2007, <http://kenayag.com.pl/dok/astaksantyna.pdf>.
- [6] Das S.K., Hashimoto T., Kanazawa K.: Growth inhibition of human hepatic carcinoma HepG2 cells by fucoxanthin is associated with down-regulation of cyclin D., *Biochim Biophys Acta*, 2008, 1780(4), 743-749.
- [7] Domínguez-Bocanegra A.R., Guerrero Legarreta I., Martínez Jeronimo F., Tomasini Campocoso A.: Influence of environmental and nutritional factors in the production of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*, *Bioresour Technol.*, 2004, 92(2), 209-214.
- [8] Guerin M., Huntley M.E., Olaizola M.: *Haematococcus* astaxanthin: applications for human health and nutrition, *Trends Biotechnol.*, 2003, 21(5), 210-216.
- [9] Gross G.J., Hazen S.L., Lockwood S.F.: Seven day oral supplementation with Cardax (disodium disuccinate astaxanthin) provides significant cardioprotection and reduces oxidative stress in rats, *Mol Cell Biochem.*, 2006, 283(1-2), 23-30.
- [10] Gross G.J., Lockwood S.F.: Cardioprotection and myocardial salvage by a disodium disuccinate astaxanthin derivative (Cardax), *Life Sci.*, 2004, 75(2), 215-224.
- [11] Gross G.J., Lockwood S.F.: Acute and chronic administration of disodium disuccinate astaxanthin (Cardax) produces marked cardioprotection in dog hearts, *Mol Cell Biochem.*, 2005, 272(1-2), 221-227.
- [12] Hosokawa M., Kudo M., Maeda H., Kohno H., Tanaka T., Miyashita K.: Fucoxanthin induces apoptosis and enhances the antiproliferative effect of the PPAR $\gamma$  ligand, troglitazone, on colon cancer cells, *Biochim Biophys Acta*, 2004, 1675(1-3), 113-119.
- [13] Hussein G., Goto H., Oda S., Sankawa U., Matsumoto K., Watanabe H.: Antihypertensive potential and mechanism of action of astaxanthin: III. Antioxidant and histopathological effects in spontaneously hypertensive rats, *Biol Pharm Bull.*, 2006, 29(4), 684-688.



- [14] Hussein G., Nakagawa T., Goto H., Shimada Y., Matsu-  
moto K., Sankawa U., Watanabe H.: Astaxanthin ame-  
liorates features of metabolic syndrome in SHR/NDmcr-  
cp, *Life Sci.*, 2007, 80(6), 522-529.
- [15] Hussein G., Nakamura M., Zhao Q., Iguchi T., Goto H.,  
Sankawa U., Watanabe H.: Antihypertensive and neu-  
roprotective effects of astaxanthin in experimental ani-  
mals, *Biol Pharm Bull.*, 2005, 28(1), 47-52.
- [16] Ikeda K., Kitamura A., Machida H., Watanabe M., Negi-  
shi H., Hiraoka J., Nakano T.: Effect of *Undaria pinna-*  
*tifida* (Wakame) on the development of cerebrovascular  
diseases in stroke-prone spontaneously hypertensive  
rats, *Clin Exp Pharmacol Physiol.*, 2003, 30(1-2), 44-  
48.
- [17] Ikeuchi M., Koyama T., Takahashi J., Yazawa K.: Ef-  
fects of astaxanthin supplementation on exercise-indu-  
ced fatigue in mice, *Biol Pharm Bull.*, 2006, 29(10),  
2106-2110.
- [18] Kenji S., Kazuhiro O., Takuya N., Yasuhiro S., Shinki  
C., Kazuhiko Y.: Effect of astaxanthin on accommoda-  
tion and asthenopia - Efficacy – identification study in  
healthy volunteers, *Journal of Clinical Therapeutics and  
Medicines*, 2005, 21(6), 637-650.
- [19] Kotake-Nara E., Kushiro M., Zhang H., Sugawara T,  
Miyashita K., Nagao A.: Carotenoids affect proliferation  
of human prostate cancer cells, *J Nutr.*, 200, 131(12),  
3303-3306.
- [20] Lee S.J., Bai S.K., Lee K.S., Namkoong S., Na H.J., Ha  
K.S., Han J.A., Yim S.V., Chang K., Kwon Y.G., Lee  
S.K., Kim Y.M.: Astaxanthin inhibits nitric oxide pro-  
duction and inflammatory gene expression by suppress-  
ing I(kappa)B kinase-dependent NF-kappaB activation,  
*Mol Cells.*, 2003, 16(1), 97-105.
- [21] Lockwood S.F., Gross G.J.: Disodium disuccinate astaxan-  
thin (Cardax): antioxidant and antiinflammatory cardiopro-  
tection, *Cardiovasc Drug Rev.*, 2005, 23(3), 199-216.
- [22] Lockwood S.F., Jackson H.L., Gross G.J.: Retrometa-  
bolic syntheses of astaxanthin (3,3'-dihydroxy-beta,be-  
ta-carotene-4,4'-dione) conjugates: a novel approach to  
oral and parenteral cardio-protection, *Cardiovasc Hema-  
tol Agents Med Chem.*, 2006, 4(4), 335-349.
- [23] Lockwood S.F., Penn M.S., Hazen S.L., Bikádi Z., Zsi-  
la F.: The effects of oral Cardax (disodium disuccinate  
astaxanthin) on multiple independent oxidative stress  
markers in a mouse peritoneal inflammation model: in-  
fluence on 5-lipoxygenase in vitro and in vivo, *Life Sci.*,  
2006, 79(2), 162-174.
- [24] Lyons N.M., O'Brien N.M.: Modulatory effects of an  
algal extract containing astaxanthin on UVA-irradiated  
cells in culture, *J Dermatol Sci.*, 2002, 30(1), 73-84.
- [25] Maeda H., Hosokawa M., Sashima T., Funayama K.,  
Miyashita K.: Fucoxanthin from edible seaweed, *Unda-*  
*ria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1  
expression in white adipose tissues, *Biochem Biophys  
Res Commun*, 2005, 332(2), 392-397.
- [26] Maeda H., Hosokawa M., Sashima T., Funayama K.,  
Miyashita K.: Effect of medium-chain triacylglycerols  
on anti-obesity effect of fucoxanthin, 2007, 56(12), 615-  
621.
- [27] Maeda H., Hosokawa M., Sashima T., Miyashita K.: Die-  
tary combination of fucoxanthin and fish oil attenuates  
the weight gain of white adipose tissue and decreases  
blood glucose in obese/diabetic KK-Ay mice, *J Agric  
Food Chem.*, 2007, 55(19), 7701-7706.
- [28] Maeda H., Tsukui T., Sashima T., Hosokawa M., Miy-  
ashita K.: Seaweed carotenoid, fucoxanthin, as a multi-  
functional nutrient, *Asia Pac J Clin Nutr*, 2008, 17(Suppl  
1), 196-199.
- [29] Mera Pharmaceuticals: *Haematococcus pluvialis* and  
astaxanthin safety for human consumption, Technical  
Report 1999, [http://www.astafactor.com/techreports/  
tr3005-001.htm](http://www.astafactor.com/techreports/tr3005-001.htm).
- [30] Miyashita K., Hosokawa M.: Beneficial Health Effects  
of Seaweed Carotenoid, Fucoxanthin, [in] Barrow C.,  
Shahidi F., *Marine nutraceuticals and functional foods*,  
Published by CRC Press 2007.
- [31] Nagaki Y., Hayasaka S., Yamada T., Hayasaka T., Sana-  
da M.: Effects of astaxanthin on accommodation, criti-  
cal flicker fusion, and pattern visual evoked potential in  
visual display terminal workers, *Journal of Traditional  
Medicines*, 2002, 19(5), 170-173.
- [32] Nakamura A., Isobe R., Yasuhiro O., Abematsu Y., Da-  
isuke N., Honma C., Sakurai S.: Changes in visual func-  
tion following peroral astaxanthin, *Japanese Journal of  
Clinical Ophthalmology*, 2004, 58(6), 1051-1054.
- [33] Nagaki Y., Mihara M., Hiroki T., Shigeaki O.: The sup-  
plementation effect of Astaxanthin on Accommodation  
and Asthenopia, 2006, 22(1), 41-54.
- [34] Nagaki Y., Mihata M., Takahashi J., Kitamura A., Horita  
Y.: The Effect of Astaxanthin on Retinal Capillary Blood  
Flow in Normal Volunteers, *Journal of Clinical Thera-  
peutics & Medicines*, 2005, 21(5), 537-542.
- [35] Nishikawa Y., Mineneka Y., Ichimura M., Tatsumi K.,  
Nadamoto T.: Effects of astaxanthin and vitamin C on  
the prevention of gastric ulcerations in stressed rats,  
*Journal of nutritional science and vitaminology*, 2005,  
51(3), 135-141.
- [36] Nishino H., Tsushima M., Matsuno T., Tanaka Y., Oku-  
zumi J., Murakoshi M., Satomi Y., Takayasu J., Tokuda  
H., Nishino A.: Anti-neoplastic effect of halocynthia-  
xanthin, a metabolite of fucoxanthin, *Anticancer Drugs*,  
1992, 3(5), 493-497.
- [37] Nitta T., Ogami K., Shiratori K., Shinmei Y., Chin S.,  
Yoshida K.: Effects of Astaxanthin on Accommodation  
and Asthenopia-Dose Finding Study in Healthy Volun-  
teers, *Journal of Clinical Therapeutics & Medicines*, 2005,  
21(5), 543-556.
- [38] O'Connor I., O'Brien N.: Modulation of UVA light-in-  
duced oxidative stress by beta-carotene, lutein and asta-  
xanthin in cultured fibroblasts, *J Dermatol Sci.*, 1998,  
16(3), 226-230.
- [39] Ohgami K., Shiratori K., Kotake S., Nishida T., Mizuki  
N.: Effects of astaxanthin on lipopolysaccharide-indu-  
ced inflammation in vitro and in vivo, *Invest Ophthal-  
mol Vis Sci.*, 2003, 44(6), 2694-2701.

- [40] Pashkow F.J., Watumull D.G., Campbell C.L.: Astaxanthin: a novel potential treatment for oxidative stress and inflammation in cardiovascular disease, *Am J Cardiol.*, 2008, 101(10A), 58D-68D.
- [41] Sachindra N.M., Sato E., Maeda H., Hosokawa M., Niwano Y., Kohno M., Miyashit K.: Radical scavenging and singlet oxygen quenching activity of marine carotenoid fucoxanthin and its metabolites, *J Agric Food Chem.*, 2007, 55(21), 8516-8522.
- [42] Santocono M., Zurria M., Berrettini M., Fedeli D., Falconi G.: Influence of astaxanthin, zeaxanthin and lutein on DNA damage and repair in UVA-irradiated cells, *J Photochem Photobiol B.*, 2006, 85(3), 205-215.
- [43] Shiratori K., Ohgami K., Ilieva I., Jin X.H., Koyama Y., Miyashita K., Yoshida K., Kase S., Ohno S.: Effects of fucoxanthin on lipopolysaccharide-induced inflammation in vitro and in vivo, *Exp Eye Res.*, 2005, 81(4), 422-428.
- [44] Seki T., Sueki H., Kono H., Kaoru S., Eiji Y.: Effects of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* on human skin, Patch testing Skin repeated application test Effect on wrinkle reduction, *Fragr J.*, 2001, 29(12), 98-103.
- [45] Takimoto T., Takahashi K., Akiba Y.: Effect of dietary supplementation of astaxanthin by *Phaffia rhodozyma* on lipid peroxidation, drug metabolism and some immunological variables in male broiler chicks fed on diets with or without oxidised fat. *Br Poult Sci.*, 2007, 48(1), 90-97.
- [46] Tanaka T., Kawamori T., Ohnishi M., Makita H., Mori H., Satoh K., Hara A.: Suppression of azomethane-induced rat colon carcinogenesis by dietary administration of naturally occurring xanthophylls astaxanthin and canthaxanthin during the postinitiation phase, *Carcinogenesis*, 1995, 16, 2957-2963.
- [47] Tanaka T., Morishita Y., Suzui M., Kojima T., Okumura A., Mori H.: Chemoprevention of mouse urinary bladder carcinogenesis by the naturally occurring carotenoid astaxanthin, *Carcinogenesis*, 1994, 15, 15-19.
- [48] Tso M.O.M., Lam T.T.: Method of Retarding and Ameliorating Central Nervous System and Eye Damage. U.S. 1996, Patent #5527533.
- [49] Wang X., Willén R., Wadström T.: Astaxanthin-rich algal meal and vitamin C inhibit *Helicobacter pylori* infection in BALB/cA mice, *Antimicrob Agents Chemother.*, 2000, 44(9), 2452-2457.
- [50] Victor V.M., Rocha M.: Targeting antioxidants to mitochondria: a potential new therapeutic strategy for cardiovascular diseases, *Curr Pharm Des.*, 2007, 13(8), 845-863.
- [51] Yamashita E.: Cosmetic benefit of the supplement health food combined astaxanthin and tocotrienol on human skin, *Food Style*, 2002, 21(6), 112-117.

## A NEW FUNCTIONAL INGREDIENTS – SEA CAROTENOIDS

### SUMMARY

*The increasing market of functional food and supplements of the diet is forcing the producers searching the new substances, which consumers would appreciate for positive influence of the body and safety use. Sea algae carotenoids, astaxanthin and fucoxanthin, are the novelty on the world market, in the human body they are able to play very important role in the prevention and the treatment of many civilization diseases. Both are a strong antioxidants, thanks to this properties, they had an effect: cardioprotective, anti-inflammatory, anticancerogenic, weight management, regulating the level of glucose in blood.*