

Mgr inż. Anna SADOWSKA
 Mgr inż. Małgorzata ŻEBROWSKA-KRASUSKA
 Prof. dr hab. Franciszek ŚWIDERSKI
 Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW w Warszawie

PRZECIWIUTLENIACZE W ŻYWNOSCI®

W ostatnich latach coraz większą wagę przywiązuje się do obecności w pożywieniu substancji bioaktywnych korzystnie oddziałujących na organizm człowieka. Aktualnie powszechne zainteresowanie budzą związki przeciwutleniające obecne w różnych produktach, a w szczególności w warzywach i owocach. Do takich substancji należą m.in.: witaminy (A, C, E); składniki mineralne (wapń, selen); karotenoidy; związki polifenolowe, czy produkty reakcji Maillarda (melanoidy). Związki te charakteryzuje wysoka aktywność przeciwutleniająca, a co za tym idzie działanie przeciwwzapalne, antywirusowe i przeciwnowotworowe.

Słowa kluczowe: wolne rodniki, przeciwutleniacze, warzywa, owoce.

WSTĘP

Stosowanie odpowiednio dobranej diety i/lub jej składników może przyczynić się do poprawy stanu zdrowia i dobrego samopoczucia, bądź zredukowania ryzyka rozwoju wielu chorób. Najnowsze osiągnięcia w nauce o żywności i żywieniu dotyczą możliwości modulowania pewnych szczególnych fizjologicznych funkcji organizmu poprzez spożywanie pewnych grup produktów spożywczych. W takim kontekście rozumiane są podstawy tzw. żywności funkcjonalnej, która jest obecnie jednym z głównych czynników wpływających na rozwój nowych produktów żywnościowych [15]. We współczesnym świecie pojawiło się szczególnie zapotrzebowanie na tego typu żywność, ponieważ zanieczyszczone powietrze, siedzący tryb życia, czy spożywanie posiłków „w biegu” zwiększa wytwarzanie wolnych rodników. W zapobieganiu rozwojowi chorób będących następstwem nagromadzenia wolnych rodników w organizmie skuteczne mogą być przeciwutleniacze, które znaleźć można w różnych rodzajach żywności. Najbardziej znane naturalne przeciwutleniacze to: witamina E, witamina C, cynk, magnez, selen. Najnowsze badania wykazały, że warzywa i owoce oprócz nich zawierają także inne substancje, które przyczyniają się do wzmacniania zdolności przeciwutleniających organizmu. Należą do nich na przykład flawonoidy (naturalne barwniki) oraz inne związki fenolowe.

Celem artykułu jest prezentacja naturalnych przeciwutleniaczy zawartych w żywności, działających na organizm ludzki przeciwwzapalnie, antywirusowo i przeciwnowotworowo.

CHARAKTERYSTYKA REAKTYWNYCH FORM TLENU

Bez tlenu człowiek może przeżyć zaledwie kilka minut. Tlen nie jest jednak całkowicie bezpieczny [2]. Szkodliwe działanie tego pierwiastka to rezultat jego metabolicznych redukcji do bardzo reaktywnych i toksycznych form, tzw. wolnych rodników. Wolnym rodnikiem jest każdy atom oraz każda cząsteczka, która posiada jeden niesparowany elektron na zewnętrznej powłoce i może istnieć samodzielnie przez pewien czas. Te niesparowane elektrony są bardzo reaktyw-

ne w stosunku do sąsiadujących cząsteczek tłuszczów, białek oraz węglowodanów [29]. W warunkach homeostazy organizmu wolne rodniki ulegają degradacji, bądź wchodzą w dalszy łańcuch przemian biochemicznych i wówczas ich działanie jest unieczynniane. Wolne rodniki, które nie zostały zneutralizowane, powodują utlenienie białek, tłuszczów, DNA, a zatem mogą przyczynić się do uszkodzenia tkanek. Toksyczne produkty reakcji utleniania wywierają działanie cytostaticzne na komórkę, doprowadzają do uszkodzenia błon komórkowych oraz aktywują mechanizmy apoptozy [21, 31]. Zmiany w DNA mogą indukować procesy kancerogenezy. Wolne rodniki są m.in. przyczyną tzw. chorób cywilizacyjnych (tj. miażdżycy, cukrzycy, zaćmy, choroby Parkinsona, czy Alzheimerera). Ich wszechobecność powoduje powstanie stresu oksydacyjnego, który jest przyczyną przeciążenia i nieskuteczności naturalnych systemów obronnych organizmów [9].

Każdy wolny rodnik pochodzący od tlenu nazywany jest reaktywną formą tlenu – RFT (z ang. ROS – reactive oxygen species). Do nieorganicznych wolnych rodników należą:

- anionorodnik ponadtlenkowy ($O_2^{\cdot-}$),
- rodnik hydroksylowy ($\cdot OH$),
- tlen singletowy (1O_2),
- monotlenek azotu ($NO\cdot$) i jego pochodne,
- nadtlenek wodoru (H_2O_2),
- ozon (O_3).

Nadtlenek wodoru i ozon wprawdzie nie są wolnymi rodnikami, jednak ze względu na bardzo dużą reaktywność zaliczają się do RFT [24]. Najbardziej rozpowszechnionymi wolnymi rodnikami są anionorodnik ponadtlenkowy ($O_2^{\cdot-}$) i rodnik hydroksylowy ($\cdot OH$) [3]. Rodnik hydroksylowy ($\cdot OH$) jest najbardziej reaktywny ze wszystkich cząsteczek wolnych rodników. To głównie on wpływa na rozwój miażdżycy, gdyż uszkadza błony komórkowe i lipoproteiny w procesie oksydacji lipidów [29]. Oksydacja uszkadza lipoproteiny o niskiej gęstości (LDL). Makrofagi obecne w ścianie naczyń krwionośnych absorbują utlenione formy LDL, następnie przekształcane są one w komórki piankowe i odkładają się w śródbłonku tętnic [19].

Rodniki organiczne to [25]:

- rodniki alkoksylowe,
- rodniki nadtlenkowe (peroksyłowe),
- rodniki wodoronadtlenkowe.

W organizmie człowieka tlen cząsteczkowy jest niezbędny głównie do produkcji energii potrzebnej do reakcji metabolicznych. Całkowita redukcja tlenu polega na przyłączeniu czterech elektronów i czterech protonów, w wyniku czego powstają dwie cząsteczki wody [18]. Nie zawsze jednak cząsteczka tlenu ulega czteroелеktrodowej redukcji do wody. W trakcie stopniowej redukcji tlenu dochodzi do powstania reaktywnych form tlenu, z których większość to wolne rodniki [29].

Za powstawanie reaktywnych form tlenu w organizmie człowieka mogą odpowiadać czynniki zewnętrzne, takie jak [8, 11, 20]:

- palenie tytoniu i spożywanie alkoholu,
- światło słoneczne, promieniowanie ultrafioletowe,
- spożywanie produktów smażonych, wędzonych, za małą konsumpcją warzyw i owoców,
- stres,
- nadmierny wysiłek fizyczny,
- zanieczyszczenie środowiska – wody, gleby i powietrza przez substancje smoliste, ozon, metale ciężkie, azbest.

Za powstawanie wolnych rodników mogą odpowiadać także czynniki wewnętrzne, takie jak [1, 7, 10, 16, 30]:

- procesy wytwarzania energii w mitochondriach,
- metabolizm wielonienasyconych kwasów tłuszczowych,
- zaburzenia metaboliczne tj. cukrzyca,
- większość chorób przewodu pokarmowego (m.in. nieswoiste zapalenie jelit, ostra niewydolność wątroby),
- działanie enzymów.

Żaden organizm nie może prawidłowo funkcjonować bez niewielkiej aktywności komórkowej wolnych rodników. Liczne badania przeprowadzone w ostatnich latach potwierdzają korzystną rolę wolnych rodników, przez długi okres czasu uznawanych za czynniki toksyczne. Oddziaływanie tych związków na organizm człowieka uzależnione jest głównie od ich stężenia. Niska zawartość reaktywnych form tlenu w poszczególnych komórkach wywiera na nie korzystny wpływ, chociażby przez proliferację (mnożenie się) komórek, czy ich aktywację. Krótka ekspozycja komórek na reaktywne formy tlenu powoduje aktywację genów, których produkty posiadają właściwości antyoksydacyjne, jak również hamuje ich wytwarzanie (na drodze enzymatycznej, na zasadzie sprzężenia zwrotnego), co przyczynia się do kontrolowania powstawania m.in. monotlenku azotu w komórkach. Reaktywne formy tlenu, jako przekaźniki sygnału, odgrywają ważną rolę w regulowaniu metabolizmu oraz odpowiadają za takie procesy fizjologiczne, jak starzenie się komórek organizmu i ich apoptozę (programowaną śmierć komórki) [25]. Apoptoza komórek to proces niezbędny zarówno dla dalszego rozwoju, jak i niszczenia komórek zagrażających prawidłowej integracji organizmu. Ostatnie badania wskazują na szczególną rolę nadtlenku wodoru oraz tlenku azotu w regulowaniu apoptozy. Reaktywne formy tlenu swoją biologiczną funkcję zaznaczają również przez uczestnictwo w odpowiedzi immunologicznej oraz wpływ na funkcjonalną aktywację limfocytów T. Limfocyty te odgrywają istotną funkcję w obronie przed czynnikami infekcyjnymi i zapalnymi. Procesy zachodzące przy udziale wolnych rodników

są podstawą do uznania tych cząsteczek za ważny element prawidłowego funkcjonowania poszczególnych komórek, a co za tym idzie całego organizmu, bez których nie zachodziłoby wiele procesów. Niemniej nadprodukcja reaktywnych form tlenu powoduje wiele uszkodzeń biologicznych, określanych mianem stresu oksydacyjnego [12]. Do powstania tego stresu dochodzi w wyniku zachwiania równowagi między szybkością produkowania reaktywnych form tlenu, a potencjałem przeciwutleniającym, który ogranicza ich działanie, chroniąc komórki przed destrukcją. Średnie stężenia reaktywnych form tlenu w komórce, w przeciwieństwie do ich małych ilości, zatrzymuje wzrost i przyspiesza procesy starzenia, zaś duże ilości tych związków mogą doprowadzić do śmierci komórki (rys. 1) [25].



Rys. 1. Zależności między ilością reaktywnych form tlenu a ich oddziaływaniem na komórki.

Źródło: Podsek A., Sosnowska D. 2007

Nadmiar wolnych rodników to główny powód uszkodzenia cząsteczek białek, lipidów i DNA. Uszkodzenia te prowadzą do licznych zaburzeń w funkcjonowaniu całego organizmu. Dlatego też bardzo ważna jest równowaga procesów unieczynnienia wolnych rodników [4, 12]. Naruszenie tej równowagi na korzyść reaktywnych form tlenu uznaje się za przyczynę licznych zmian chorobowych oraz stanów zapalnych (tab.1).

Tabela 1. Schorzenia wywołane przez działalność wolnych rodników

Wpływ wolnych rodników na:	Choroby wywołane przez działalność wolnych rodników:
– skórę	alergie, trądzik, suchość, starość, wiotkość
– układ immunologiczny	podatność na infekcje i stany zapalne, AIDS
– przemianę materii	naczyniowe powikłania cukrzycy
– serce i układ krążenia	miażdżyca, zawał serca, nadciśnienie,
– układ nerwowy	udar mózgu, choroba Parkinsona
– organy trawienia	wrzody żołądka
– oczy	zaćma, jaskra
– układ kostny	artretyzm, reumatyzm, uszkodzenia chrząstki stawowej w przebiegu reumatoidalnego zapalenia stawów
– cały organizm	choroby nowotworowe
– schorzenia wieku starczego	choroba Alzheimera

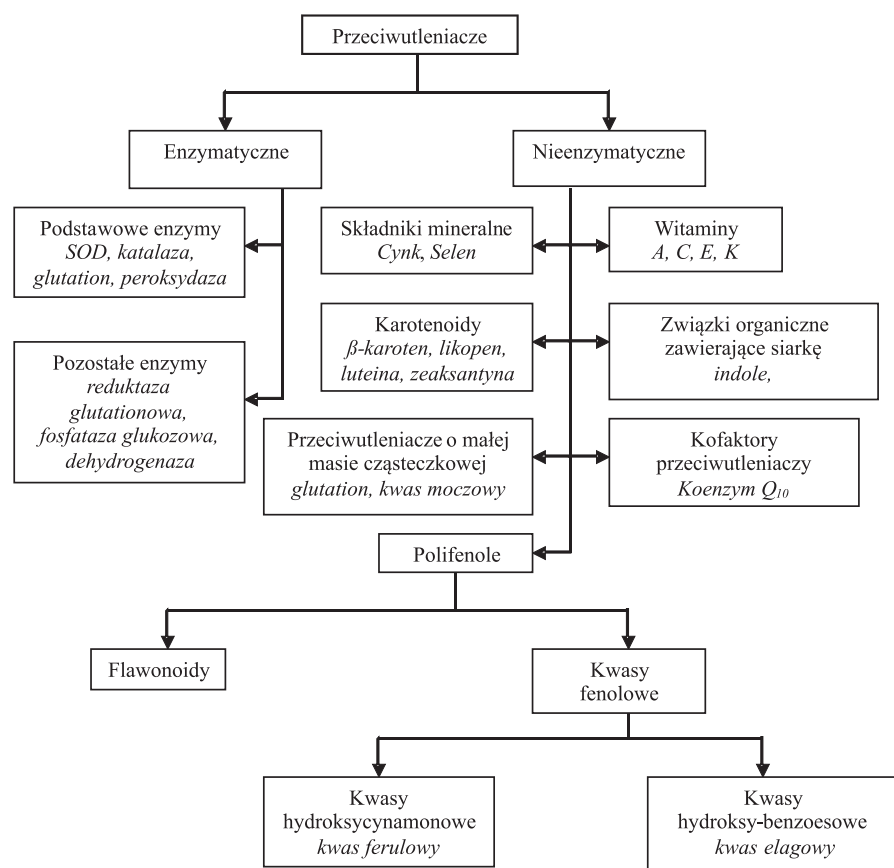
Źródło: Galikowska-Gula K. 2006, [11], Samurai K., Osaka T., Yamasaki K., 2005

CHARAKTERYSTYKA PRZECIWUTLENIACZY

Wiedza o szkodliwości działania wolnych rodników zapoczątkowała poszukiwanie informacji o substancjach wspomagających naturalną obronę przeciwutleniającą (antyoksydacyjną) organizmu człowieka [9].

Wiek dwudziesty to wiek odkrycia antybiotyków, których głównym celem jest zwalczanie wielu niebezpiecznych dla życia chorób zakaźnych [32]. Wiek dwudziesty pierwszy coraz częściej określa się wiekiem antyoksydantów – przeciwutleniaczy, które skutecznie usuwają nadmiar wolnych rodników w ludzkim organizmie [14].

Antyoksydanty (przeciwutleniacze) to związki chemiczne, które neutralizują wolne rodniki. Brak równowagi między tymi substancjami, a reaktywnymi cząsteczkami tlenu skutkuje oksydacyjnym stresem prowadzącym do uszkodzenia komórek, powstawania nowotworów oraz chorób cywilizacyjnych [22]. W organizmach żywych występują antyoksydanty nieenzymatyczne i enzymatyczne [21] (rys. 2). Niektóre nieenzymatyczne przeciwutleniacze, takie jak kwas moczowy, witamina E, glutation, i koenzym Q_{10} są syntetyzowane w organizmie ludzkim oraz mogą pochodzić z pożywienia. Związki polifenolowe zaś, to główna grupa antyoksydantów, które organizm może czerpać jedynie z pożywienia [27].



Rys. 2. Klasyfikacja antyoksydantów.

Źródło: Ratnam D., Ankola D., Bhardwaj V., Sahana D., Kumar R., 2006

Mechanizm działania przeciwutleniaczy w organizmach żywych obejmuje głównie dwie „drogi” unieczynniania wolnych rodników:

1. Przecinanie reakcji rodnikowych przez przeciwutleniacze wskutek przekazania im atomów wodoru, bądź elektronów. Powoduje to przejście rodnika w związek o wyższej stabilności. Do takich przeciwutleniaczy zalicza się niektóre związki należące do polifenoli oraz tokoferoli;

2. Działanie o charakterze synergistycznym.

Takie działanie tworzą przeciwutleniacze zdolne do wychwytywania tlenu oraz do chelatowania jonów biorących udział w powstawaniu wolnych rodników. Do takich przeciwutleniaczy należą substancje wychwytyjące tlen, takie jak: kwas askorbinowy, związki chelatujące metale, m.in. aminokwasy, flawonoidy, witamina A, β -karoten, selen i wiele innych [13].

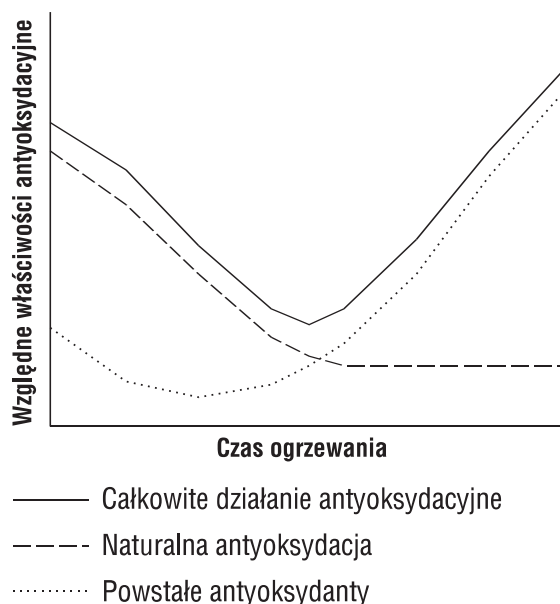
PRZECIWUTLENIACZE W ŻYWNOŚCI

Żywność bogata w przeciwutleniacze odgrywa istotną rolę w profilaktyce wielu chorób. Wybrane składniki diety pełnią niezwykle ważną funkcję we wzroście całkowitego potencjału przeciwutleniającego [31]. Do tych składników należą przede wszystkim produkty pochodzenia roślinnego, głównie świeże owoce i warzywa, zarówno ich nasiona, kwiaty, liście, korzenie, części zdrewniałe, jak i produkty roślinne przetworzone: soki, wino oraz herbata [5]. Spożycie owoców i warzyw chroni przed chorobą wieńcową serca,

chorobami płuc, czy nawet nowotworami [23]. Właściwości przeciwutleniające owoców i warzyw w dużej mierze zależą od obecności w nich witamin antyoksydacyjnych, takich jak witaminy A i C oraz innych substancji o działaniu przeciwutleniającym. Źródłem przeciwutleniaczy są np.: prowitamina A (beta – karoten) – marchew, dynia, morela, papryka czerwona, pomidory, natka pietruszki, szczaw, szpinak, sałata; witamina A – nabiał, masło, żółtko jaj, tłuste morskie ryby; witamina E – oleje roślinne, orzechy, kiełki, kukurydza, szpinak; witamina C – owoce cytrusowe, kiwi, czerwona papryka, natka pietruszki, porzeczki, dzika róża, truskawki; selen – orzechy brazylijskie. W warzywach oraz herbacie takimi substancjami są głównie związki polifenolowe. Pomidory oprócz polifenoli (reprezentowanych głównie przez flawonoidy) bogate są w likopen [26, 32]. Marchew, zaś swoje właściwości przeciwutleniające dodatkowo zawdzięcza karotenoidom. Badania prowadzone w ciągu ostatnich 20 lat wskazały, że jedna trzecia suchej masy zielonej, bądź czarnej herbaty to związki polifenolowe, które odgry-

wają główną rolę w procesie antyoksydacji. Zielona herbata jest bogata w epigallokatechinę z silnym potencjałem antyoksydacyjnym. Główną rolę w aktywności antyoksydacyjnej czerwonego wina odgrywa fenolowy składnik – resweratrol, który jako koniugat uwalnia aktywny składnik w przewodzie jelitowym [32]. Właściwości przeciwutleniające posiadają również produkty przemian żywności pochodzenia roślinnego (m.in. brązowienia nieenzymatycznego) powstające w procesach technologicznych. Reakcje brązowienia nieenzymatycznego, a głównie reakcje Maillarda, wywierają istotny wpływ na całkowity potencjał przeciwutleniający węglowodanowych produktów spożywczych przez tworzenie

nowych substancji posiadających antyoksydacyjne i pro-oksydacyjne właściwości [24]. Odkryto, że powstałe w wyniku tych reakcji związki o wysokich masach cząsteczkowych, a głównie substancje barwne (melanoidy), w dużej mierze są odpowiedzialne za właściwości antyoksydacyjne oraz, że właściwości te wzrastają proporcjonalnie do wzrostu stężenia produktów tych reakcji [6]. Badania Yelmas i Toledo (2005) [33] potwierdziły, że melanoidy są silnymi antyoksydantami, które „zmiatają” tlenowe rodniki oraz chelatują niektóre metale, zabezpieczając przed ich toksycznością. Działanie chelatujące melanoidów polega na wiązaniu jonów metali, m.in. miedzi, co umożliwia ich wchłanianie, transport i magazynowanie w organizmie oraz usuwanie ich szkodliwego nadmiaru. W konsekwencji tych procesów, jak również w wyniku przechowywania, zawartość naturalnie występujących antyoksydantów w owocach i warzywach może być obniżona. **Procesy przetwarzania żywności, wymagające zastosowania podwyższonej temperatury wywierają pozytywny wpływ na żywność, podwyższając jej jakość i właściwości zdrowotne.** Procesy te przyczyniają się m.in. do wzrostu biodostępności niektórych antyoksydantów i produktów wykazujących właściwości przeciwutleniające. Wpływ obróbki cieplnej na te właściwości jest jeszcze mało poznany i niewiele informacji na ten temat jest dostępnych [17].



Rys. 3. Zmiany we właściwościach antyoksydacyjnych warzyw podczas ich ogrzewania.

Źródło: Nicoli M.C., Anese M., Parpinel M., 1999

Zmiany właściwości przeciwutleniających, które zachodzą w warzywach poddawanych obróbce termicznej (rys. 3) pokazują, że w wyniku krótkiego ogrzewania zachodzi redukcja całkowitych właściwości antyoksydacyjnych wskutek zmniejszenia ilości naturalnie występujących antyoksydantów i/lub powstania pro-oksydacyjnych produktów reakcji Maillarda. Wydłużony czas ogrzewania powoduje mniejsze ubytki przeciwutleniaczy wskutek tworzenia złożonych produktów reakcji Maillarda wykazujących silne właściwości antyoksydacyjne. Odzyskanie tych właściwości jest możliwe tylko wtedy, gdy w czasie niezbędnym do zajęcia procesu stosowana jest dostatecznie wysoka temperatura [24].

PODSUMOWANIE

1. W warunkach homeostazy w organizmie reaktywne formy tlenu uwalniane w ilościach fizjologicznych odgrywają rolę regulatorów wielu procesów komórkowych. W warunkach stresu oksydacyjnego działanie reaktywnych form tlenu objawia się destrukcją składników komórkowych, tj. białek, kwasów nukleinowych czy lipidów, co w konsekwencji prowadzi do rozwoju wielu chorób (m.in. nowotworów, miażdżycy, cukrzycy, zaćmy, choroby Parkinsona, czy Alzheimer).
2. Żywność pochodzenia roślinnego zawiera cenne związki o charakterze przeciwutleniającym takie jak: witaminy (A,C, E); składniki mineralne (wapń, selen); karotenoidy, czy polifenole. Związki te stanowią dobrą ochronę przed wolnymi rodnikami, powstrzymując ich niszczącą aktywność.
3. Wydłużony czas ogrzewania żywności w odpowiednio dobranej temperaturze może powodować powstawanie produktów reakcji Maillarda (melanoidów) wykazujących właściwości przeciwutleniające.

LITERATURA

- [1] ANSAMI N., WANG L., ERWIN A., CHURCH D. 1996. *Glucose-Dependent Formation of Free Radical Species in Lens Homogenate*. *Biochemical and Molecular Medicine*, t. 59, 1, 68-71.
- [2] BARTOSZ G. 2008. *Tlen: pierwiastek życia i śmierci*, [w]: *Druga twarz tlenu*, Bartosz G. (red.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 16-18.
- [3] BARTOSZ G. 2008. *Właściwości reaktywnych form tlenu*, [w]: *Druga twarz tlenu*, Bartosz G. (red.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 30-35.
- [4] BECHTER DOUGLAS D. 1988. *Free radicals and oxygen toxicity*. *Pharmaceutical Research*, t. 5, 5, 253-260.
- [5] BOROWSKA J. 2003. *Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy*. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-warzywny*, t. 47, 6, 11-12.
- [6] BORRELLI R., FOGLIANO V., MONTI S., AMES J. 2002. *Characterization of melanoidins from a glucose-glycine model system*. *European Food Research and Technology*, t. 215, 3, 210-215.
- [7] CADENAS E. 2004. *Mitochondrial free radical production and cell signaling*. *Molecular Aspects of Medicine*, t. 25, 1-2, 17-26.
- [8] CRANTON E., FRACKELTON J. 1998. *Free Oxygen Radical Pathology and EDTA Chelation Therapy: Mechanisms of Action*. *Journal of Advancement in Medicine*, t. 11, 4, 277-310.
- [9] CYBUL M., NOWAK R. 2008. *Przegląd metod stosowanych w analizie właściwości antyoksydacyjnych wyciągów roślinnych*. *Herba Polonica*, t. 54, 1, 68-67.
- [10] DAS U. 1999. *Essential fatty acids, lipid peroxidation and apoptosis*. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, t. 61, 3, 157-163.

- [11] GALIKOWSKA-GULA K. 2006. *Uroda i młodość*. Kosmetyka i Kosmetologia, 67, 44-45.
- [12] GAŁECKA E., MROWISKA M., MALINOWSKA K., GAŁECKI P. 2008. *Wolne rodniki tlenu i azotu w fizjologii*. Polski Merkiusz Lekarski, t. 24, 143, 446-448.
- [13] GRAJEK W. 2004. *Rola przeciwutleniaczy w zmniejszeniu ryzyka wystąpienia nowotworów i chorób układu krążenia*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, t. 1, 38, 3-11.
- [14] JĘDRZEJEK K. 2008. IX Studenckie Spotkania Analityczne. Streszczenia wystąpień z IX Spotkań Analitycznych, Kraków, 24.
- [15] JIMENEZ-COLMENERO F. 2007. *Healthier lipid formulation approaches in meatbased functional foods*. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats, Trends in Food Science & Technology, t. 18, 11, 567-578.
- [16] KARP S., KOCH T. 2006. *Oxidative Stress and Antioxidants In Inflammatory Bowel Disease*. Disease-a-Month, t. 52, 5, 199-207.
- [17] KAUR CH., KAPOOR H. 2001. *Review, Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health*. International Journal of Food Science and Technology, t. 36, 7, 703-725.
- [18] KERR M., BENDER C., MONTI E. 1996. *An introduction to oxygen free radicals*. Heart & Lung – The Journal of Acute and Critical Care, t. 25, 3, 200-209.
- [19] KOLANOWSKI W. 2005. *Skuteczny wymiatacz*. Przegląd Gastronomiczny, 6, 10-13.
- [20] KOWALSKA A. 2008. *Wolne rodniki w wysiłku koni*. Hodowca i Jeździec, 4, 54-59.
- [21] ŁUSZCZEWSKI A., MATYSKA-PIEKARSKA E., TREFLER J., WAWER I., ŁĄCKI J., ŚLIWIŃSKA-STĄNCZYK P. 2007. *Reaktywne formy tlenu – znaczenie w fizjologii i stanach patologii organizmu*. Reumatologia, t. 45, 5, 284-289.
- [22] MYATT L., CUI X. 2004. *Oxidative stress in the placenta*. Histochemistry Cell Biology, t. 122, 4, 369-382.
- [23] NEUMARK-SZTAINER D., WALL M., CHERYL P., MARY S. 2003. *Correlates of fruit and vegetable intake among adolescents*. Preventive Medicine, t. 37, 3, 198-208.
- [24] NICOLI M.C., ANESE M., PARPINEL M. 1999. *Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables*. Trends in Food Science & Technology, t. 10, 3, 94-100.
- [25] PODSĘDEK A., SOSNOWSKA D. 2007. *Naturalne przeciwutleniacze występujące w żywności*, [w]: *Przeciwutleniacze w żywności, aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*, Grajek W. (red.), Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa, 151-177.
- [26] RAO A.V., RAO L.G. 2007. *Carotenoids and human Health*. Pharmacological Research, t. 55, 3, 207-216.
- [27] RATNAM D., ANKOLA D., BHARDWAJ V., SAHANA D., KUMAR R. 2006. *Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective*. Review – Journal of Controlled Release, t. 113, 3, 189-207.
- [28] SAMURAI K., OSAKA T., YAMASAKI K. 2005. *Rebamipide Reduces Recurrence of Experimental Gastric Ulcers: Role of Free Radicals and Neutrophils*. Digestive Diseases and Sciences, t. 50, 1, 90-96.
- [29] SCHEIBMEIR H., CHRISTENSEN K., WHITAKER S., JEGAETHESAN J., CLANCY R., PIERCE J. 2005. *A review of free radicals and antioxidants for critical care nurses*. Intensive and Critical Care Nursing, t. 21, 1, 24-28.
- [30] SOCHA P. 2001. *Zastosowanie zmiataczy wolnych rodników w leczeniu chorób przewodu pokarmowego i w leczeniu żywieniowym dzieci*. Pediatria Współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywnienie Dziecka, t. 3, 2, 129-133.
- [31] SZAJDEK A., BOROWSKA J. 2004. *Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego*. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, t. 4, 41, Supl., 5-28.
- [32] WEISBURGER J. 1999. *Mechanisms of action of antioxidants as exemplified in vegetables, tomatoes and tea*. Food and Chemical Toxicology, t. 37, 9-10, 943-948.
- [33] YILMAZ Y., TOLEDO R. 2005. *Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products*. Food Chemistry, t. 93, 2, 273-278.

ANTIOXIDANTS IN FOOD

SUMMARY

For many years, increasing attention is paid to the presence of bioactive substances in the diet which favorably affect the human body. Currently antioxidant compounds present in various products, especially in fruits and vegetables, arouse widespread interest. Such substances include vitamins (A, C, E), minerals (calcium, selenium), carotenoids, polyphenolic compounds, Maillard reaction products (melanoids). These compounds are characterized by high antioxidant activity, and thus anti-inflammatory, antiviral and anti-cancer properties.

Key words: free radicals, antioxidants, vegetables, fruits.