

ANNA NOWAK, ADAM KLIMOWICZ

*Samodzielna Pracownia Farmakoterapii Dermatologicznej
Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie
Powstańców Wlkp. 72, 70-111 Szczecin
E-mail: ania-woz@wp.pl
adklim@pum.edu.pl*

ZDROWOTNE ODDZIAŁYWANIE POLIFENOLI ZIELONEJ HERBATY (*CAMELLIA SINENSIS* L.)

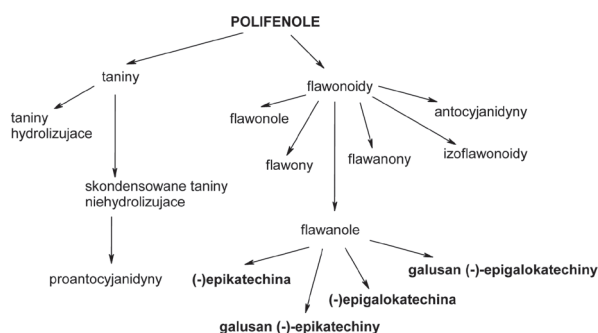
WSTĘP

Zielona herbata pozyskiwana jest z liści herbaty chińskiej (*Camellia sinensis* L.). Jest to krzew z połyskującymi liśćmi i białymi kwiatami, pochodzący z południowej i wschodniej Azji, ale uprawiany do celów przemysłowych w Indiach, Sri Lance, Malezji, Indonezji oraz Afryce. Tradycja spożywania zielonej herbaty w Chinach i Indiach sięga 5000 lat. Surowcem są młode liście, poddane bezpośrednio po zbiorze działaniu gorącej pary w celu zapobiegania fermentacji. Działanie pary dezaktywuje enzymy odpowiedzialne za rozkład barwnego pigmentu w liściach, co pozwala na zachowanie zielonej barwy podczas następujących później proce-

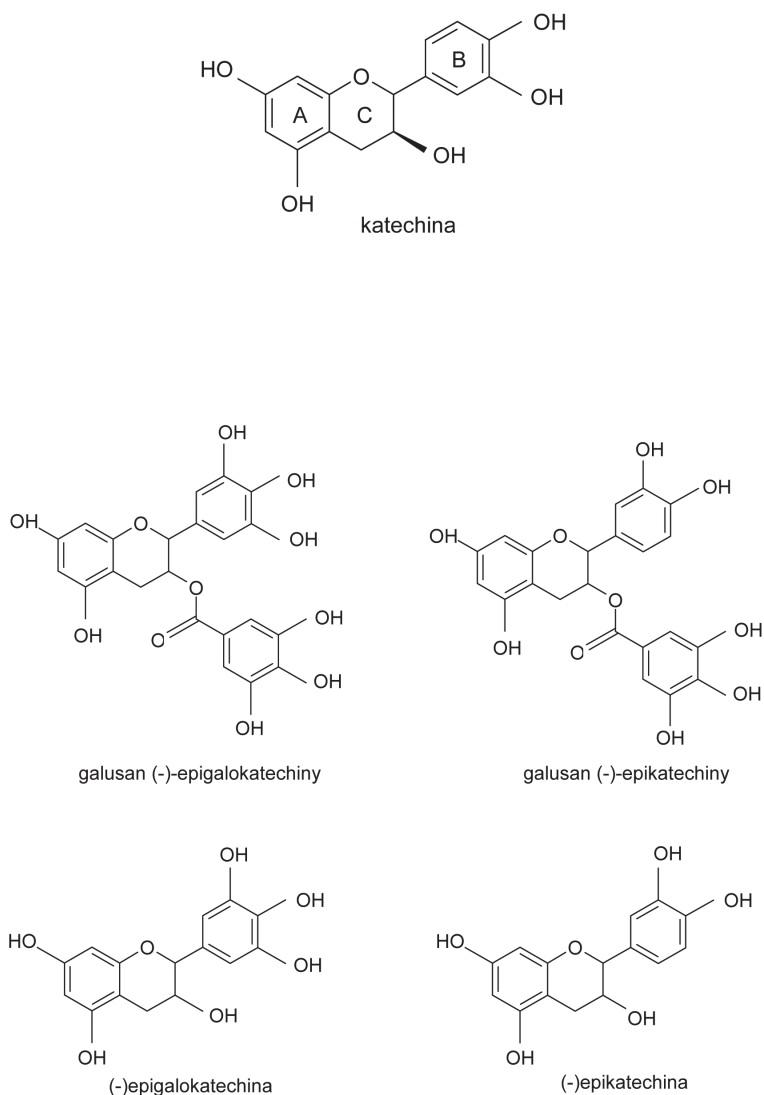
sów zwijania i suszenia (CHACKO i współaut. 2010). Tak przetworzone liście herbaty znane są jako „parzona”, zielona herbata (WANG i współaut. 2000, BONNELY i współaut. 2003). Jest ona bardzo powszechnie spożywana na świecie i w Polsce. Przyjmuje się, że herbata jest drugim po wodzie najczęściej spożywanym napojem (CHOW i HAKIN 2011). Do głównych składników zielonej herbaty, mających działanie zdrowotne, zaliczane są polifenole (katechiny i flawonoidy), alkaloidy (kofeina, teobromina, teofilina), węglowodany, lipidy, witaminy oraz aminokwasy (AHMAD i MAKHTAR 1999, KŁÓDKA i współaut. 2008, SHARANGI 2009).

WŁAŚCIWOŚCI POLIFENOLI

Polifenole można znaleźć we wszystkich organach roślinnych. Są one częściowo odpowiedzialne za odżywcze i sensoryczne właściwości roślin spożywczych, nadając im często gorzki, cierpki smak (BRAVO 1998). Spośród związków tej grupy znajdujących się w zielonej herbacie najbardziej popularne są flawanole, potocznie znane jako katechiny, wykazujące działanie zdrowotne. Należące do nich: (-) epigalokatechina (EGC), (-) epikatechina (EC), galusan (-)epigalokatechiny (EGCG), galusan (-)epikatechiny (ECG) (Ryc. 1). Struktura katechin oparta jest na szkieletie 2-fenylchromanu, przy czym pier-



Ryc. 1. Podział polifenoli występujących w roślinach. (wg BARBOSA 2007, zmodyfikowana).



Ryc. 2. Podstawowe polifenole występujące w zielonej herbacie (MCKAY i BLUMBERG 2002, WANG i współaut. 2000, YANG i współaut. 2000).

ścień B zawiera 2 lub 3 grupy hydroksylowe, natomiast pierścień A charakteryzuje się obecnością dwóch grup hydroksylowych w położeniu *meta*. Taka budowa cząsteczki zapewnia silne działanie antyoksydacyjne, wzmacnione dodatkowo w przypadku ECGC, ECG obecnością czwartego pierścienia z trzema grupami hydroksylowymi (YANG i współ-

aut. 2009) (Ryc. 2). Katechiny są substancjami bezbarwnymi, rozpuszczalnymi w wodzie, nadającymi naparowi z zielonej herbaty gorzki i charakterystyczny cierpki smak (WANG i współaut. 1993). Całkowita zawartość polifenoli w suchej masie liści zielonej herbaty waha się od 20% do 40%. (AHMAD i MAKHTAR 1999, HSU 2005).

DZIAŁANIE ANTYOKSYDACYJNE

Badania prowadzone przez wielu badaczy wykazały, że polifenole występujące w herbacie mają działanie antyoksydacyjne. Działając przeciwutleniająco hamują wytwarzanie reaktywnych rodników tlenowych w większym

stopniu niż neutralizowanie już wytworzonych (AUCAMP i współaut. 1997). Mogą one również hamować aktywność oksydazy ksantynowej, która powoduje utlenienie hipoksantyny do ksantyny i kwasu moczowego, a

także mogą podwyższać aktywność niektórych enzymów, m.in. peroksydazy glutationowej, reduktazy glutationowej, S-transferazy glutationowej, katalazy, w jelicie cienkim, wątrobie i płucach (SHARANGI 2009).

Polifenole posiadają silniejsze działanie przeciwutleniające niż witamina C, tokoferol czy karoten (WISEMAN i współaut. 1997, SHARANGI 2009). BENZIE i współaut. (1999) wykazał wzrost o około 4% zdolności redukcji jonów żelaza w osoczu (ANG. ferric reducing ability of plasma, FRAP), które osiągnęło najwyższą wartość po 40 minutach od spożycia 300 ml wyciągu wodnego zielonej herbaty. Wydalanie antyoksydantów zielonej herbaty było również szybkie, najwyższe w 60-90 minucie. W innych badaniach *in vivo* przeprowadzonych u 10 zdrowych ochotników wykazano znamienne wzrost (o 7,0%) całkowitej zdolności antyoksydacyjnej (ang. total antioxidant capacity, TAC) w osoczu po 60 min po spożyciu 300 ml naparu z zielonej herbaty oraz o 6,2% po 120 min, zaś po spożyciu 450 ml odpowiednio o 12% po 60 min o 12,7% po 120 min (SUNG i współaut. 2000).

YANG i współaut. (1998) badali biodostępność katechin zawartych w pozbawionej kofeiny zielonej herbacie u ludzi. Oznaczali stężenie (C_{max}) katechin (galusan (-)-epigalokatechiny (EGCG), (-)-epigalokatechiny (EGC) oraz (-)-epikatechiny (EC) we krwi oraz stężenie w moczu po spożywaniu przez 2 dni suchego ekstraktu z zielonej herbaty w ilości 1,5, 3,0 i 4,5 g rozpuszczonego w 500 ml wody. Po spożyciu różnych ilości stężenie maksymalne we krwi EGCG, EGC oraz EC było osiągane pomiędzy 1,5 a 2,5 h, przy

czym zawartość katechin utrzymywała się we krwi do 24 h. Zwiększenie ilości spożytego ekstraktu z 1,5 do 3,0 g powodowało 2,7-3,4-krotny wzrost stężenia maksymalnego, natomiast zwiększenie dawki do 4,5 g nie spowodowało istotnego wzrostu wspomnianego parametru, co być może było spowodowane niecałkowitą rozpuszczalnością składników w przewodzie pokarmowym. Spożyta pojedyncza dawka zielonej herbaty, odpowiadająca sześciu filiżankom, zapewniała uzyskanie stężenia katechin we krwi na poziomie 2,36 $\mu\text{mol/L}$ po 60 minutach od spożycia napoju (KIVITS i współaut. 1997), zaś po spożyciu 200 ml gorącej wody z rozpuszczonymi 5 g proszku zielonej herbaty najwyższe stężenie katechin we krwi odnotowano po około 2 godzinach (UNNO i współaut. 1996). CHOW i HAKIM (2011) badali biodostępność katechin zawartych w zielonej herbacie po spożyciu pojedynczej porcji pozbawionego kofeiny, standaryzowanego ekstraktu z zielonej herbaty na czczo i po posiłku. W badaniu nie zaobserwowano istotnych różnic w stężeniu całkowitym (niezmienionego + pochodnych sprzężonych z kwasem glukoronowym i siarkowym) EGC, natomiast stężenie całkowite EG (epikatechiny) było niższe w przypadku spożycia ekstraktu na czczo (CHOW i HAKIM 2011). W oparciu o przeprowadzone dalsze badania autorzy doszli do wniosku, że biodostępność kofeiny zielonej herbaty zależy od dawki i spożycia posiłku. Zielona herbata może również obniżać jeden z głównych produktów utlenienia DNA jakim jest 8-hydrokso-2-deoksyguanozyna (8-OHdG) w leukocytach krwi i moczu (KLAUNIG i współaut. 1999).

DZIAŁANIE PRZECIWNOWOTWOROWE

Przeprowadzone badania wskazują na przeciwnowotworowe działanie polifenoli zielonej herbaty (CHUNG i współaut. 2003), co może sugerować fakt, że u osób zamieszkujących Azję, które często spożywają zieloną herbatę, zapadalność na nowotwory jest dużo niższa niż w krajach zachodnich (PU i współaut. 2004).

Polifenole mogą być czynnikiem hamującym tworzenie nowotworów złośliwych poprzez ochronę DNA przed starzeniem oksydacyjnym, a także mogą hamować ekspresję zmutowanych genów i aktywność enzymów towarzyszących w aktywizacji prokarcynogeny (BRAVO 1998).

W wielu badaniach polifenole zielonej herbaty wykazują działanie przeciwko nowotworom skóry u myszy, wywoływanych m.in. poprzez substancje karcenogenne tj.: 7,12-dimetylobenzo(a)antracenu (DMBA), 12-O-tetradekanoiloforbol-13-octanu (TPA), benzopirenu (HUANG i współaut. 1992, WANG i współaut. 1992a). W przeprowadzonych badaniach, zarówno zastosowanie zewnętrzne ekstraktu z zielonej herbaty (WANG i współaut. 1989, HUANG i współaut. 1992, KATIYAR i współaut. 1992), jak i spożywanie doustne, obniżyło ryzyko rozwoju raka skóry (WANG i współaut. 1992b, BELTZ i współaut. 2006).

Polifenole zielonej herbaty wykazują również działanie ochronne na skórę w przypadku nadmiernej ekspozycji na promieniowanie UV, które jest jednym z głównych czynników wywołujących nowotwory skóry. WANG i współaut. (1992b) w badaniach wykazali, iż podanie doustne oraz stosowanie miejscowe polifenoli zawartych w zielonej herbacie hamuje rozwój nowotworu skóry u bezwłosych myszy po ekspozycji na promienie UVB w dawce 180, 60, 30 mJ/cm². Regularne spożywanie przez zwierzęta wyciągu wodnego z zielonej herbaty w stężeniu 0,1% znacząco obniżało powstawanie nowotworu, podczas gdy stosowanie zewnętrzne również umożliwiło ochronę przed promieniowaniem UVB, jednak w mniejszym stopniu niż przy spożywaniu doustnym. Napar z zielonej herbaty w stężeniu 1,25% podany doustnie myszom, które zostały poddane przez siedem dni działaniu promieniowania UVB, chronił je przed nadmiernym poparzeniem słonecznym. Spożywanie napoju chroniło również przed powstawaniem nowotworu skóry u myszy poddanych działaniu promieniowania UVB w dawce 180 mJ/cm², które otrzymywały jednocześnie TPA.

W innych badaniach wykazano przeciwnowotworowy wpływ zielonej herbaty na raka prostaty (BETTUZZI i współaut. 2006, SIDDIQUI i współaut. 2006). Przyczyną takiego działania jest prawdopodobnie hamowanie przez katechiny zielonej herbaty działania enzymu 5-reduktazy, który katalizuje przemianę testosteronu do 5-dihydrotestosteronu (DHT) (LIAO i HIIPAKKA 1995).

W badaniach przeprowadzonych u pacjentek z rakiem piersi zaobserwowano odwrotną korelację pomiędzy spożywaniem zielonej herbaty a częstotliwością nawrotów choroby. U 472 pacjentek spożywających dziennie pięć i więcej filiżanek naparu odnotowano relatywnie mniejsze ryzyko nawrotów choroby o 16,7%, niż u pacjentek pijących nie więcej niż cztery filiżanki (NAKACHI

i współaut. 1998). Ponadto wykazano, iż katechiny zielonej herbaty mogą wywoływać apoptozę komórek nowotworowych raka piersi (ZHAO i współaut. 2006). Wykazano również korzystne działanie ekstraktu z zielonej herbaty (przyjmowanego przez 12 dni) zastosowanego u 60% pacjentek z rakiem szyjki macicy, który wywołany był ludzkim wirusem brodawczaka (HPV) (AHN i współaut. 2003). MENDILAHARSU i współaut. (1998) podają, że np. spożywanie dwóch i więcej filiżanek czarnej herbaty dziennie może zredukować ryzyko wystąpienia raka płuc o 66%, natomiast spożywanie siedmiu i więcej kubków dziennie może znacznie zredukować wystąpienie raka żołądka (INOUE i współaut. 1998). Ponadto w badaniu przekrojowym wykazano związek pomiędzy piciem zielonej herbaty a ryzykiem zakażenia *Helicobacter pylori*, będącym jednym z czynników wywołujących przewlekłe zanikowe zapalenie błony śluzowej żołądka (SHIBATA i współaut. 2000). Wysoka konsumpcja (więcej niż dziesięć kubków dziennie) tej herbaty redukowała zapalenie błony śluzowej żołądka, prawdopodobnie poprzez działanie hamujące na bakterie *H. pylori* (YANAGAWA i współaut. 2003, TAKABAYASHI i współaut. 2004, STOICOV i współaut. 2009). W innym badaniu wykazano, że doustne podawanie myszom naparu zawierającego EGCG (0,005%) hamowało rozwój guzów dwunastnicy (FUJITA i współaut. 1989).

IOANNIDES i YOXALL (2003) wyróżnili dwa mechanizmy antymutagennej aktywności zielonej herbaty w warunkach *in vitro*. Składniki herbaty hamują aktywność cytochromu P450 i enzymów odpowiedzialnych za bioaktywację większości chemicznych czynników rakotwórczych, w ten sposób hamując tworzenie związków z DNA metabolitów. Drugi mechanizm obejmuje bezpośrednią interakcję składników herbaty z reaktywnymi metabolitami czynników rakotwórczych, w ten sposób zapobiegając ich wiązaniu z DNA.

WPŁYW NA MASĘ CIAŁA

Spożywanie zielonej herbaty wpływa również na redukcję masy ciała, choć wyniki uzyskane przez różnych badaczy nie są jednoznaczne. HSU i współaut. (2008) nie stwierdzili zmniejszenia masy ciała ani wskaźnika masy ciała (ang. body mass index, BMI) w badaniu przeprowadzonym u 78

otyłych kobiet, które przez 12 tygodni przyjmowały ekstrakt z zielonej herbaty w dawce 400 mg 3 razy na dobę. NAGAO i współaut. (2007) stosował u kobiet i mężczyzn w wieku od 25 do 55 lat ekstrakt z zielonej herbaty bogaty w wysoką dawkę katechiny (583 mg/dzień). Po 12-tygodniowej diecie nastąpiło

zmniejszenie masy ciała średnio o 1,7 kg. We wcześniejszych badaniach tych autorów stwierdzono natomiast redukcję masy ciała u mężczyzn po spożywaniu przez 12 tygodni katechin w ilości 690 mg/dzień (NAGAO i współaut. 2005).

Działania katechin zawartych w zielonej herbacie odgrywają dużą rolę w walce z otyłością przede wszystkim poprzez stymulację wątrobowego metabolizmu lipidów. W przeprowadzanych przez MURASE i współaut. (2002) badaniach, myszy przez 11 miesięcy spożywały produkty o niskiej zawartości tłuszczów (5% triglicerydów), o wysokiej zawartości tłuszczów (30% triglicerydów) oraz o wysokiej zawartości tłuszczów razem z 0,1–0,5% (w/w) katechin wyizolowanych z zielonej herbaty. Pomiary zostały przeprowadzone po miesiącu od zakończenia diety. Uzyskane wyniki wskazują, że suplementacja

wyciągiem z herbaty powodowała zmniejszenie masy ciała u myszy, a także mniejszą akumulację tłuszczu w wątrobie (MURASE i współaut. 2002).

Katechiny zielonej herbaty mogą hamować aktywność niektórych enzymów biorących udział w trawieniu. W badaniach *in vitro* ekstrakt z zielonej herbaty bezpośrednio hamował żołądkową i trzustkową lipazę (CHANTRE i LAIRON 2002, JUHEL i współaut. 2000), jak również zmniejszał wydzielanie amylazy w ludzkiej ślinie (ZHANG i KASHKET 1998). W innych badaniach (CHANTRE i LAIRON 2002), po trzech miesiącach stosowania 80% ekstraktu z zielonej herbaty u ludzi, masa ich ciała spadła o 4,6%. Autorzy stwierdzili, że podanie ekstraktu z zielonej herbaty powodowało termogenezę i utlenianie tłuszczu, co korzystnie wpływało na zmniejszenie masy ciała.

DZIAŁANIE PRZECIWPALNE I PRZECIWBAKTERYJNE

Zielona herbata jest lekarstwem na obrzęki, oparzenia i rany. Kataplazmy z zielonej herbaty łagodzą świąd i stan zapalny w przypadku ukąszenia owadów, natomiast zawarte w niej taniny i flawonoidy są środkiem antyseptycznym przy różnego rodzaju stanach zapalnych. HSU i współaut. (2003) podają, że miejscowe stosowanie zielonej herbaty silnie regeneruje skórę, goi rany, pomaga przy wrzodach aftowych, łuszczycy, różyczce oraz rogowaceniu. Określone stężenie polifenoli zawartych w zielonej herbacie stymuluje keratynocyty do biologicznej regeneracji i syntezy DNA. Polifenole te mają wpływ na metabolizm komórkowy. Zielona herbata ma rów-

nież korzystny wpływ przy pielęgnacji jamy ustnej, wykazując działanie przeciwpłódnicze poprzez hamowanie wzrostu szczepów bakterii *Escherichia coli*, *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus sorbinus* i *Streptococcus mutants* (RASHEED i HAIDER 1998, HAMILTON-MILLER 2001). Picie wodnego wyciągu z zielonej herbaty hamuje aktywność zawartej w ślinie amylazy trawiącej cukry (KASHKET i PAOLINI 1988).

Podsumowując, zielona herbata jest cennym napojem, źródłem polifenoli i innych korzystnych dla ludzkiego organizmu składników, których regularnie spożywane zapewnić może dobre samopoczucie i zdrowie.

ZDROWOTNE ODDZIAŁYWANIE POLIFENOLI ZIELONEJ HERBATY (*CAMELLIA SINENSIS* L.)

Streszczenie

Zielona herbata jest uzyskiwana z liści rośliny *Camellia sinensis* L. Jest jednym z najbardziej popularnych (obok wody) napojów spożywanych na świecie. Działanie zdrowotne zielonej herbaty, przypisywane polifenolom obecnym w suchej masie w około 20–40%, sprawia, że stanowi ona około 20% ogólnej ilości spożywanej herbaty (czarnej, czerwonej, żółtej itp.). Skład chemiczny tej odmiany jest taki sam w świeżych, jak i w suszonych liściach. Do podstawowych składników zaliczany galusan-3-epikatechiny, epigalokatechinę oraz galusan-3-epigalokatechiny. Ponadto zawiera kofeinę, teobrominę, teofilinę oraz inne ważne składniki jak aminokwasy, minerały, wę-

glowodany, lipidy i witaminy. Po spożyciu zielonej herbaty zarówno w formie napoju jak i suchego wyciągu stwierdzono obecność polifenoli w krążeniu ogólnym. Regularna jej konsumpcja może wywierać działanie antyoksydacyjne, przeciwnowotworowe, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe oraz przeciwzapalne. Dodatkowo katechiny zawarte w zielonej herbacie mogą wpłynąć przynajmniej w wysokich dawkach na utrzymanie prawidłowej masy ciała u ludzi.

Podsumowując, często spożywana zielona herbata może wywierać korzystny wpływ na ludzkie zdrowie.

THE BENEFICIAL EFFECT OF GREEN TEA POLYPHENOLS ON HUMAN HEALTH

Summary

Green tea is a beverage made from the leaves of *Camellia sinensis* plant. It is the most popular, next to water, consumed liquid in the world. Due to the health promoting effect of green tea, attributed mainly to the high content of polyphenols (20-40 percent in dry mass), its consumption contributes about 20 percent to the world tea's consumption. The chemical composition of green tea and the fresh leaves is similar and consists of four kinds of basic polyphenols: epicatechin-3-gallate, epigallocatechin and epigallocatechin-3-gallate. In addition, there are present caffeine, theobromine and theophylline; also trace amounts of amino ac-

ids, minerals, carbohydrates, lipids and vitamins can be found. Tea polyphenols are bioavailable in the systemic circulation after administration of green tea as a beverage or as an oral product. The regular consumption of green tea as the beverage may lead to health benefits including antioxidant action, prevention of cancer, and antibacterial, antiviral as well as antiinflammatory effects. Moreover, green tea catechins, at least at high doses, may help to retain proper body weight. To sum up, the green tea seems to have a number of beneficial effects on the human health.

LITERATURA

- AHMAD N., MAKHTAR H., 1999. *Green tea polyphenols and cancer: biologic mechanisms and implications*. Nutr. Rev. 57, 78-83.
- AHN W. S., YOO J., HUH S. W., KIM C. K., LEE J. M., NAMKOONG S. E., BAE S. M., LEE I. P., 2003. *Protective effect of green tea extract (polyphenon E and EGCG) on human cervical lesions*. Eur. J. Cancer Prev. 12, 383-390.
- AUCAMP J., GASPAR A., HARA Y., APOSTOLIDES Z., 1997. *Inhibition of xanthine oxidase by catechins from tea (Camellia sinensis)*. Anticancer Res. 17, 4381-4385.
- BARBOSA D. S., 2007. *Green tea polyphenolic compounds and human health*. J. Verbr. Lebensm. 2, 407-413.
- BELTZ L. A., BAYERD. K., MOSS A. L., SIMET I. M., 2006. *Mechanisms of cancer prevention by green and black tea polyphenols*. Anticancer Agents Med. Chem. 6, 389-406.
- BENZIE I. F., SZETO Y. T., STRAIN J. J., TOMLINSON B., 1999. *Consumption of green tea causes rapid increase in plasma antioxidant power in humans*. Nutr. Cancer. 34, 83-87.
- BONNELLY S., DAVIS A. L., LEWIS J. R., ASTILL C., 2003. *A model oxidation system to study oxidized phenolic compounds present in black tea*. Food Chem. 83, 485-492.
- BETTUZZI S., BRAUSI M., RIZZI F., CASTAGNETTI G., PERACCHIA G., CORTI A., 2006. *Chemoprevention of human prostate cancer by oral administration of green tea catechins in volunteers with high-grade prostate intraepithelial neoplasia: a preliminary report from a one-year proof-of-principle study*. Cancer Res. 66, 1234-1240.
- BRAVO L., 1998. *Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance*. Nutr. Rev. 56, 317-333.
- CHACKO S. M., THAMBI P. T., KUTTAN R., NISHIGAKI I., 2010. *Beneficial effect of green tea: A literature review*. Chinese. Med. 5, 13.
- CHANTRE P., LAIRON D., 2002. *Recent finding of green tea extract AR25 (Exolise) and its activity for the treatment of obesity*. Phytomedicine 9, 3-8.
- CHOW H. H. S., HAKIM I. A., 2011. *Pharmacokinetic and chemoprevention studies on tea in humans*. Pharmacol. Res. 64, 105-112.
- CHUNG F. L., SCHWARTZ J., HERZOG C. R., YANG Y. M., 2003. *Teas and cancer prevention: studies in animals and humans*. J. Nutr. 133, 3268S-3274S.
- FUJITA Y., YAMANE T., TANAKA M., KUWATA K., OKUZAMI J., TAKAHASHI T., FUJIKI H., OKUDA T., 1989. *Inhibitory effect of (-)-epigallocatechin gallate on carcinogenesis with N-ethyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine in mouse duodenum*. Jpn. J. Cancer Res. 80, 503-505.
- HAMILTON-MILLER J. M. T., 2001. *Anti-cariogenic properties of tea (Camellia sinensis)*. J. Med. Microbiol. 50, 299-302.
- HSU C. H., TSAI T. H., KAO Y. H., HWANG K. C., TSENG T. Y., CHAN O., 2008. *Effect of green tea extract on obese women: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial*. Clin. Nutrition. 27, 363-370.
- HSU S., 2005. *Green tea and the skin*. J. Am. Acad. Dermatol. 52, 1049-1059.
- HSU S., BOLLAG W. B., LEWIS J., HUANG Q., SINGH B., SHARAWY M., YAMAMOTO T., SCHUSTER G., 2003. *Green tea polyphenols induce differentiation and proliferation in epidermal keratinocytes*. J. Pharmacol. Exp. Ther. 306, 29-34.
- HUANG M. T., HO C. T., WANG Z. Y., FERRARO T., FINNEGAN-OLIVE T., LOU Y. R., MITCHELL J. M., LASKIN J. D., NEWMARK H., YANG C. S., CONNEY A. H., 1992. *Inhibitory effect of topical application of a green tea polyphenol fraction on tumor initiation and promotion in mouse skin*. Carcinogenesis 13, 947-954.
- INOUE M., TAJIMA K., HIROSE K., HAMAJIMA N., TAKEZAKI T., KUROISHI T., TOMINAGA S., 1998. *Tea and coffee consumption and the risk of digestive tract cancers: data from a comparative case-referent study in Japan*. Cancer Causes Control. 9, 209-216.
- IOANNIDES C., YOXALL V., 2003. *Antimutagenic activity of tea: role of polyphenols*. Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care 6, 649-656.
- JUHEL C., ARMAND M., PAFUMI Y., ROSIER C., VANDERMANDER J., LAIRON D., 2000. *Green tea extract (AR25) inhibits lipolysis of triglycerides in gastric and duodenal medium in vitro*. J. Nutr. Biochem. 11, 45-51.
- KATTIYAR S. K., AGARWAL K., WANG Z. Y., BHATIA A. K., MAUKHTAR H., 1992. *(-)-Epigallocatechin-3-gallate in Camellia sinensis leaves from Himalayan region of Sikkim: inhibitory effect against biochemical events and tumor initiation in Sencar mouse skin*. Nutr. Cancer 18, 73-83.
- KASHKET S., PAOLINIO V. J., 1988. *Inhibition of salivary amylase by water-soluble extracts of tea*. Arch. Oral. Biol. 33, 845-846.

- KIVITS G. A. A., VAN DER SMAN F. J. P., TIJBURG L. B. M., 1997. *Analysis of catechins from green and black tea in humans: a specific and sensitive colorimetric assay of total catechins in biological fluids*. Int. J. Food Nutr. 48, 387-392.
- KLAUNIG J. E., XU Y., HAN C., KAMENDULIS L. M., CHEN J., HEISER C., GORDON M. S., MOHLER E. R., 1999. *The effect of tea consumption on oxidative stress in smokers and nonsmokers*. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 220, 249-254.
- KŁÓDKA D., BONKOWSKI M., TELESZIŃSKI A., 2008. *Zawartość wybranych metyloksantyn i związków fenolowych w naparach różnych rodzajach herbat rozdrobnionych (Dust i fannings) w zależności od czasu parzenia*. Żywność Nauka Technologia Jakość 1, 103-113.
- LIAO S., HIIPAKKA R. A., 1995. *Selective inhibition of steroid 5-reductase isozymes by tea epicatechin-3-gallate and epigallocatechin-3-gallate*. Biochem. Biophys. Res. Commun. 214, 833-838.
- MCKAY D., BLUMBERG J. B., 2002. *The role of tea in human health: an update*. J. Amer. Coll. Nutr. 21, 1-13.
- MENDILAHARSU M., DE STEFANI E., DENEOPELLEGRINI H., CARZOGLIO J. C., RONCO A., 1998. *Consumption of tea and coffee and the risk of lung cancer in cigarette-smoking men: case-control study in Uruguay*. Lung Cancer 19, 101-107.
- MURASE T., NAGASAWA A., SUZUKI H., HASE T., TOKIMITSU I., 2002. *Beneficial effect of tea catechins on diet-induced obesity: stimulation of lipid catabolism in the liver*. Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. 26, 1459-1464.
- NAGAO T., HASE T., TOKIMITSU I., 2007. *A green tea extract high in catechins reduces body fat and cardiovascular risks in humans*. Obesity 15, 1473-1483.
- NAGAO T., KOMINE Y., SOGA S., MEGURO S., HASE T., TANAKA Y., TOKIMITSU I., 2005. *Ingestion of tea rich in catechins leads to a reduction in body fat and malondialdehyde-modified LDL in men*. Am. J. Clin. Nutr. 81, 122-129.
- NAKACHI K., SUEMASU K., SUGA K., TAKEO T., IMAI K., HIGASHI Y., 1998. *Influence of drinking green tea on breast cancer malignancy among Japanese patients*. Jpn. J. Cancer Res. 89, 254-261.
- PU Y. S., CHIANG H. S., LIN C. C., HUANG C. Y., HUANG K. H., CHEN J., 2004. *Changing trends of prostate cancer in Asia*. Aging Male 7, 120-132.
- RASHEED A., HAIDER M., 1998. *Antibacterial activity of Camellia sinensis extracts against dental caries*. Arch. Pharm. Res. 21, 348-352.
- SHARANGI A. B., 2009. *Medicinal and therapeutic potentialities of tea (Camellia sinensis L.). A review*. Food Res. Intl. 42, 529-535.
- SHIBATA K., MORIYAMA M., FUKUSHIMA T., KAETSU A., MIYAZAKI M., UNE H., 2000. *Green tea consumption and chronic atrophic gastritis: a cross-sectional study in green a tea production village*. J. Epidemiol. 10, 310-316.
- SIDDIQUI I. A., ADHAMI V. M., SALEEM M., MUKHTAR H., 2006. *Beneficial effect of tea and its polyphenols against prostate cancer*. Mol. Nutr. Food Res. 50, 130-143.
- SUNG H., NAH J., CHUN S., PARK H., YANG S. E., MIN W. K., 2000. *In vitro antioxidant effect of green tea*. Eur. J. Clin. Nutr. 54, 527-529.
- STOICOV C., SAFFARI C., HOUGHTON J., 2009. *Green tea inhibits Helicobacter growth in vivo and in vitro*. Int. J. Antimicrob. Agents. 33, 473-47.
- TAKABAYASHI F., HARADA N., YAMADA M., MUROHISA B., OGUNI I., 2004. *Inhibitory effect of green tea catechins in combination with sucralose of Helicobacter pylori infection in Mongolian gerbils*. J. Gastroenterol. 39, 61-63.
- UNNO T., KONDO K., ITAKURA H., TAKEO T., 1996. *Analysis of (-)-epigallocatechin gallate in human serum obtained after ingesting green tea*. Biosci. Biotech. Biochem 60, 2066-2068.
- WANG H., PROVAN G. J., HELLIWELL K., 2000. *Tea flavonoids: their functions, utilization and analysis*. Trends Food Sci. Tech. 11, 152-160.
- WANG H., TAKEO T., INA K., LI M., 1993. *Characteristic aroma components of qimen black tea*. J. Tea. Sci. 13, 61-68.
- WANG Z. Y., HUANG M. T., FERRARO T., WONG C. Q., LOU Y. R., REUHL K., IATROPOULOS M., YANG C. S., CONNEY A. H., 1992. *Inhibitory effect of green tea in the drinking water on tumorigenesis by ultraviolet light and 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate in the skin of SKH-1 mice*. Cancer Res. 52, 1162-1170.
- WANG Z. Y., AGARWAL R., KHAN W. A., MAKHTAR H., 1992. *Protection against benzo[a]pyrene and N-nitrosodiethylamine-induced lung and forestomach tumorigenesis in A/J mice by water extracts of green tea and licorice*. Carcinogenesis 13, 1491-1494.
- WANG Z. Y., KHAN W. A., BICKERS D. R., MUKHTAR H., 1989. *Protection against polycyclic aromatic hydrocarbon-induced skin tumor initiation in mice by green tea polyphenols*. Carcinogenesis 10, 411-415.
- WISEMAN S. A., BALENTINE D. A., FREI B., 1997. *Antioxidants in tea*. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 37, 705-718.
- YANAGAWA Y., YAMAMOTO Y., HARA Y., SHIMAMURA T., 2003. *A combination effect of epigallocatechin gallate, a major compound of green tea catechins, with antibiotics on Helicobacter pylori growth in vitro*. Curr. Microbiol. 47, 244-249.
- YANG C. S., LAMBERT J. D., SANG S., 2009. *Antioxidative and anticarcinogenic activities of tea polyphenols*. Arch. Toxicol. 83, 11-21.
- YANG G. Y., LIAO J., LI C., CHUNG J., YURKOW E. J., HO C., YANG C., 2000. *Effect of black and green tea polyphenols on c-jun phosphorylation and H₂O₂ production in transformed and non-transformed human bronchial cell lines: possible mechanisms of cell growth inhibition and apoptosis induction*. Carcinogenesis 21, 2035-2039.
- YANG C., CHEN L., LEE M. J., BALENTINE D., KUO M. C., SCHANTZ S. P., 1998. *Blood and urine levels of tea catechins after ingestion of different amounts of green tea by human volunteers*. Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev. 7, 351-354.
- ZHANG J., KASHKET S., 1998. *Inhibition of salivary amylase by black and green teas and their effects on the intraoral hydrolysis of starch*. Caries Res. 32, 233-238.
- ZHAO X., TIAN H., MA X., LI L., 2006. *Epigallocatechin gallate, the main ingredient of green tea induces apoptosis in breast cancer cells*. Front. Biosci. 11, 2428-2433.