

AKTIVITAS PENGANGKAPAN RADIKAL POLIFENOL DALAM DAUN TEH

Dadan Rohdiana

Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung PO BOX 1013 Bandung 40010*

ABSTRAK

Kemampuan penangkapan radikal bebas beberapa ekstrak daun teh (teh hitam..teh fermentasi; teh hijau..teh tanpa fermentasi, teh oolong dan teh pouchong.,teh semifermentasi) telah dipelajari.

Aktivitas antioksidan teh selalu dihubungkan dengan adanya katekin. Urutan kemampuan penangkapan oksigen aktif adalah teh semifermentasi > teh tanpa fermentasi > teh fermentasi

Aktivitas katekin sebagai antioksidan sudah tidak bisa dipungkiri lagi. Beberapa peneliti, secara epidemiologi dan farmakologi memperlihatkan bahwa katekin mempunyai aktivitas antioksidan yang kuat, (-)-epigallocatekin (EGCG) dan (-)-epikatekin galat (ECG) merupakan katekin utama dalam teh hijau. Komponen tersebut mempunyai aktivitas penangkapan radikal bebas yang kuat seperti peroksida, hidrogen peroksida, α,α -difenil- β -pikrihidrazil (DPPH) dan peroksinitrit

Tulisan ini bertujuan untuk melihat kemampuan polifenol dalam daun teh hijau sebagai penangkap radikal bebas. .

- Kata kunci: aktivitas antioksidan, oksigen aktif, pengaruh penangkapan

ABSTRACT

Ability of free radical scavengers of various tea extracts (black tea, fermented tea; green tea, unfermented tea; oolong and pouchong tea semifermented tea) was studied. The scavenging effects on active oxygen decreased in order semifermented tea > unfermented tea > fermented tea.

Antioxidant activity on tea often might related with catechin presence. Catechin activity as antioxidant established. Several epidemiological and pharmacological research shown that catechin had a strongly antioxidant activity. (-)-epigallocatechin gallate (EGCG) and (-)-epicatechin gallate (ECG) are the major catechin of tea. These compounds had a strongly scavenging activity on free radical such as superoxide, hydrogen superoxide, DPPH and peroxynitrite. This review aims to exploit tea polyphenols ability as free radical scavengers. Key word: antioxidant activity, active oxygen, scavenging effect

PENDAHULUAN

Teh sangat populer di dunia karena memiliki rasa, aroma serta flavor yang atraktif. Lebih dari 300 jenis teh diproduksi, tetapi berdasarkan cara pengolahannya teh terbagi dalam tiga jenis, yaitu teh tanpa fermentasi (teh hijau), teh, semifermentasi (teh pouchong dan teh oolong) serta teh fermentasi (teh hitam). Teh hijau diproses melalui penguapan atau pemanasan untuk mencegah terjadinya oksidasi polifenol (Takeo, 1992). Sementara teh pouchong dan teh oolong mengalami proses oksidasi sebagian. Sedangkan pada proses pengolahan teh hitam, polifenol mengalami oksidasi dan polimerisasi membentuk bisflavanol, theaflavin, thearubigin dan oligomer lainnya.

Sejumlah penelitian secara epidemiologi dan farmakologi menyatakan bahwa ekstrak teh hijau mempunyai pengaruh antioksidan yang kuat (Lin *et al*, 1996; Roeding-Penman & Gordon, 1997; Tanaka *et al*, 1998). Beberapa penelitian terakhir menyebutkan bahwa keempat komponen polifenol teh; (-)-epigallocatekin galat (EGCG),

(-)-epikatekin galat (ECG), (-)-epigallocatekin (EGC) dan (-)-epikatekin (EC) merupakan antioksidan yang penting. Diantara keempat komponen tersebut, (-)-EGCG merupakan komponen yang paling poten (Owour dan Obanda, 1998; Price dan Spitzeer, 1993) dan secara kimia mempunyai aktivitas biologis yang paling kuat (Chung *et al*, 1998).

Tujuan tulisan ini adalah melihat aktivitas penangkapan radikal beberapa ekstrak teh dan polifenol penyusunnya.

ANTIOKSIDAN FLAVONOID TEH

Antioksidan dalam bahan makanan dapat berasal dari kelompok yang terdiri atas satu atau lebih komponen pangan, substansi yang dibentuk dari reaksi selama pengolahan atau dari bahan tambahan pangan yang khusus diisolasi dari sumber-sumber alami dan ditambahkan ke dalam bahan makanan (Hudson, 1990). Adanya antioksidan alami maupun sintesis dapat menghambat oksidasi lipid, mencegah kerusakan, perubahan dan degradasi komponen organik dalam bahan makanan sehingga dapat memperpanjang umur simpan.

Hudson (1990); De Whalley *et al* (1990); Kinsela *et al* (1993) komponen fenol atau polifenol mempunyai sifat sebagai antioksidan primer atau sebagai donor elektron seperti BHA, BHT, TBHQ, tokoferol dan alkil galat. Selain bersifat sebagai antioksidan primer flavonoid juga berfungsi sebagai pengikat logam Hudson (1990).

Bertambahnya grup galat dapat meningkatkan total grup hidroksi fenol. (-)-ECG dan (-)-EGCG lebih mudah memberi hidrogen dibanding (-)-EC dan (-)-EGC; hal ini membuat (-)-ECG dan (-)-EGCG lebih hidrofilik dan oleh karena itu lebih kuat menangkap Cu^{2+} sebagai katalisator oksidasi LDL manusia.

Nakagami (1995) menyatakan bahwa senyawa fenol yang terdistribusi dalam tanaman mempunyai peranan dalam fitoterapi. Fenol (flavonoid, polifenol) berfungsi sebagai pengatur metabolisme asam-asam arakidonat dan menghambat aktivitas siklooksigenase dan lipoksigenase. Sementara itu Yen dan Chen (1997) menjelaskan bahwa teh hijau mempunyai aktivitas antioksidan terhadap hidropersoksida, superoksida serta meniadakan radikal oksigen dan hidrokarbon.

Chen *et al*, (1996) menyatakan bahwa flavonoid mempunyai sifat-sifat biologi antara lain sebagai antioksidan, antimutagenik, dan antikarsinogenik. Chen *et al* (1996) melaporkan bahwa hasil ek., >-traksi etanol teh hijau dapat menghambat oksidasi minyak kanota secara efektif, sedangkan hasil ekstraksi teh hitam sedikit atau tidak menghambat sama sekali. Hal ini mungkin disebabkan senyawa polifenol pada teh hitam terdestruksi sempurna selama fermentasi.

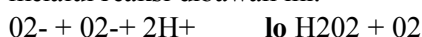
PENANGKAPAN HIDROGEN PEROKSIDA

Oksigen aktif dan radikal bebas berhubungan dengan beberapa kasus secara fisiologi dan patologi seperti peradangan, kekebalan, penuaan, mutagenik dan karsinogenik. Beberapa penelitian mengindikasikan bahwa mutasi menyebabkan bermacam mutagen direduksi melalui penangkapan oksigen aktif. Ekstrak teh mempunyai kemampuan yang kuat untuk menangkap persoksida, hidrogen persoksida dan radikal hidroksil. Dengan demikian penangkapan spesies oksigen aktif dengan ekstrak teh dapat menjelaskan mekanisme antioksidan dan fungsinya sebagai antimutagenik.

Radikal superoksida (O_2^-) merupakan produk dari penambahan satu elektron molekul oksigen. Setelah radikal superoksida terbentuk kemudian mengalami reaksi sebagai berikut: $\text{O}_2^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{HOO}^*$



Radikal hidroksil (HO*) yang terbentuk lebih reaktif dibanding radikal superoksida serta mampu menyerang DNA. Superoksida dismut (SOD) mempunyai kemampuan untuk melepas O₂- melalui reaksi dibawah ini.



Hidrogen peroksida (H₂O₂) yang terbentuk ternyata mempunyai aktivitas yang lemah. Tetapi H₂O₂ tersebut lebih reaktif setelah melalui reaksi fenton ini: $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^* + OH^-$

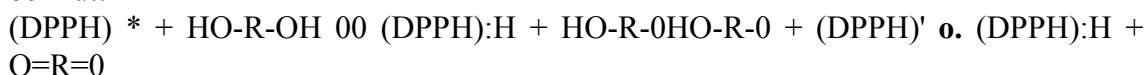
Dengan adanya reaksi fenton diatas, radikal hidroksil (OH) menjadi reaktif.

Hidroperoksida segera terkomposisi oleh tenaga radiasi, panas, katalisator logam berat atau aktivitas enzim. Hidroperoksida terdemposisi membentuk radikal tambahan yang melanjutkan proses oksidasi. Beberapa produk hasil reaksi oksidasi adalah radikal yang mampu melanjutkan reaksi pada tahap berikutnya. Namun dengan penambahan antioksidan, dapat memutus rantai reaksi tersebut, seperti antioksidan sintesis, BHA, BHT, TBHQ ataupun antioksidan alami terutama tokoferol dan senyawa yang terdapat dalam rosemary, sesonit atau duan teh.

Ekstrak teh mampu menangkap (30-50%) hidrogen peroksida pada dosis 400pg. Diantara ke-4 ekstrak teh, teh oolong memperlihatkan pengaruh penangkapan terkuat terhadap hidrogen peroksida. Ruch *et al* (1989) melaporkan bahwa konsentrasi hidrogen peroksida menurun dari 4 ke 0,5 mM dengan penambahan antioksidan teh hijau sebesar 500 µg/mL.

PENANGKAPAN RADIKAL DPPH (*α-α-difenil-P-Pikfihidrazib*)

Antioksidan dapat bereaksi dengan radikal bebas seperti radikal hidroperoksida dari peroksidasi lipid serta mampu menghentikan propagasi rantai reaksi. DPPH merupakan radikal yang sangat stabil. Bersama antioksidan, radikal DPPH membentuk suatu reaksi. Mekanisme reaksi radikal DPPH dengan antioksidan adalah sebagai berikut:



Urutan kemampuan penangkapan ke-4 ekstrak teh dalam radikal DPPH adalah teh pouchung > teh hijau > teh oolong > teh hitam dengan masing-masing 66,1; 59,4; 54,6; dan 49,0% pada dosis 2mg.

5

Tabel 1. Aktivitas Penghambatan Radikal DPPH (%) Oleh Polifenol Teh

Komponen Teh	Penghambatan Radikal DPPH
(-)-EGCG	74,8
(-)-ECG	59,3
(-)-EGC	36,1
(-)-EC	32,0
Theafalavin digalat	58,2
Theafivavin monogalat	43,3
Theaflavin	32,3
Butil Hidroksi Toluen (BHT)	4,7
Kontrol	

Sumber: Ho *etal*, (1997)

Katekin dan theaflavin memperlihatkan kemampuannya dalam

penangkapan radikal bebas DPPH yang lebih kuat dibandingkan dengan BHT. Urutan kemampuan penangkapan radikal DPPH adalah (-)-EGCG > (-)-ECG > (-)-EGC > (-)-EC > theaflavin digalat > theaflavin monogalat > theaflavin > BHT.

Kemampuan penangkapan radikal DPPH oleh komponen polifenol ini juga dapat dihubungkan dengan kemampuan komponen polifenol dalam menyumbang hidrogen. Kemampuan menyumbang hidrogen beberapa grup hidroksil dalam struktur katekin atau theaflavin sangat erat hubungannya dengan kemampuan polifenol tersebut dalam menangkap radikal bebas.

PENANGKAPAN PEROKSINITRIT

Spesies oksigen aktif diketahui dapat menyerang protein, lipid, asam nukleat dan enzim pada badan secara bebas atau kelompok serta memperlihatkan beberapa pengaruh racun. Meskipun nitrit oksida (NO) merupakan radikal bebas yang mempunyai elektron yang tidak berpasangan, reaktivitasnya sangat rendah, tidak mempertipiskan tipe reaksi radikal seperti *nitrogen abstraction* atau penambahan radikal dalam *selenothelial vascular* dan makropagus dimana NO dan superoksida (**O₂-**) diproduksi secara bersamaan. Reaksi cepat NO dengan O₂- untuk memproduksi peroksinitrit (**ONOO-**) (Blougen and Zafiriau, 1989; Malenski *et al*, 1993). Sebagai radikal dengan reaktivitas yang tinggi, **ONOO-** dilaporkan mempunyai efek karsinogenik

Pada penelitian menggunakan lipopolisakarida diperlihatkan bahwa (-)-EGCG menekan pembentukan NO yang dapat menyebabkan sintesa oksidasi nitrit (INOS). Haenen *et al* (1997) dalam studi terakhirnya mengobservasi aktivitas penghilangan **ONOO-** dari flavanol. Chung *et al* (1998) menjelaskan bahwa komponen tanin teh hijau memiliki struktur sejenis flavonoid yang mempunyai kemampuan dalam penghilangan O₂-. Yokozawa *et al*, (1997,1998) menguji pengaruh-pengaruh komponen tanin teh hijau dalam ONOO-. Lebih lanjut Chung *et al* (1998) menjelaskan bahwa (-)-EGCG dan (-)-ECG mempunyai aktivitas penangkapan yang tinggi. Hal ini memperlihatkan bahwa komponen dengan grup katekol dan grup hidroksil merupakan penangkap yang efektif.

(-)-EGCG juga mempunyai kemampuan untuk menangkap **O₂-**, H₂O₂, O₂H (hidro peroksil radikal) dan *OH (Yokozawa *et al*, 1993; 1996, 1997, 1998). Setiap penambahan komponen teh hijau pada 20 µM menyebabkan penurunan yang signifikan dalam pembentukan peroksinitrit dari SIN-1, seperti diperlihatkan pada tabel 1. Komponen yang paling efektif adalah (-)-EGCG, (-)-ECG, (-)-EGC, (-)-EC dan (+)-C.

Untuk menjelaskan apakah komponen teh hijau secara langsung menangkap peroksinitrit sendiri, aktivitas penangkapan peroksinitrit oleh teh hijau diuji pada konsentrasi yang sama seperti diperlihatkan pada tabel dibawah ini.

7

Tabel 2. Pengaruh Komponen Teh Hijau dalam Pembentukan Peroksinitrit dari SIN-1

Komponen teh hijau	Absorbansi	Cada 500 nMa
	Penangkapan peroksinitrit	Pembentukan peroksinitrit
(-)-EGCG	0,10±1,0% ^b	0,074±0,003 ^b
(-)-ECG	0,138±0,002 ^b	0,128±0,004 ^b
(-)-EGC	0,159±0,005 ^b	0,144±0,002 ^b
(-)-EC	0,185±0,004 [']	0,205±0,003 [']
(+)-C	0,206±0,002	0,221±0,008
kontrol	0,214±0,004	0,242±0,005

asecara statistik signifikan: **a<0,01**; ^b <0,001 Sumber:(Chung *et al*, 1998)

(-)-EGCG dan (-)-ECG memperlihatkan efek penangkapan yang terkuat. Hal ini ditegaskan lebih lanjut dengan penilaiannya sebagai kemampuan penangkapan peroksinitrit secara *in vitro* (Afthaus *et al*, 1994). Kedua komponen tersebut efisien dalam menangkap peroksinitrit. Konsentrasi yang ditentukan untuk 50% penghambatan digunakan 20gM, sedangkan penisilamine 60 gM. Jadi (-)-EGCG dan (-)-ECG mempunyai efek tiga kali lebih kuat dibandingkan dengan penisilamin dalam penangkapan peroksinitrit.

KEMAMPUAN PENGHAMBATAN OKSIDASI LIPID

Selain mempunyai keuntungan dari aspek kesehatan, antioksidan juga dapat digunakan dalam makanan untuk mengontrol oksidasi lipid. BHA, BHT dan TBHQ yang secara umum telah lama digunakan sebagai antioksidan pangan. Namun kemungkinan adanya racun pada antioksidan sintetik tersebut mengakibatkan permintaan akan antioksidan sintetis menjadi menurun. Oleh karena itu pemanfaatan terhadap antioksidan alami menjadi sangat penting. Selain mempunyai keunggulan dari aspek kesehatan juga kemungkinan adanya gangguan terhadap kesehatan relatif lebih kecil. Komponen antioksidan alami yang banyak diteliti adalah flavanoid, asam fenolik, lignan, terpen, tokoferol, fosfolipid dan asam-asam organik. Penelitian terakhir memperlihatkan bahwa komponen fenolik yang diekstrak dari teh hijau (katekin) dan teh hitam (theaflavin) mempunyai aktivitas antioksidan yang kuat dalam beberapa lipid dan bahan-bahan yang mengandung lipid (Ho *et al*, 1997).

Theaflavin memperlihatkan pengaruh kecil dalam penghambatan peroksidasi lipid. Sedangkan katekin (kecuali (-)-EC) memperlihatkan kemampuan penghambatan peroksidasi yang istimewa dimana (-)-EGCG > (-)-ECG > (-)-EGC > (-)-EC. Hal ini juga terjadi dalam penangkapan superoksida dan radikal DPPH. Diantara katekin teh, (-)-ECG merupakan katekin terkuat sementara (-)-EGC terlemah dalam pengaruh antioksidatifnya pada sistem karoten-linoleat (Ho *et al*, 1997).

Katekin teh hijau juga memperlihatkan kemampuan aktivitas antioksidan yang kuat dalam pencegahan oksidasi minyak nabati. Aktivitas antioksidan katekin teh yang telah dipurifikasi sebelumnya ((-)-EGCG, (-)-ECG, (-)-EGC, dan (-)-EC pada 200 ppm) dibandingkan aktivitas antioksidannya dengan antioksidan komersial (BHA, BHT dan TBHQ pada konsentrasi 200 ppm dan (X)-tokoferol pada konsentrasi 500 ppm) dalam bluberry dan minyak menhaden dalam oven suhu pada kondisi 650C selama 144 hari. Pembentukan produk oksidasi awal (hidroperoksida dan peroksida) telah diukur dengan penentuan nilai peroksida (PV). Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa (-)-ECG mempunyai kemampuan 5,6 sampai 6,8 kali lebih poten dibanding dengan tokoferol dan 6,8 sampai 7,4 kali lebih efektif dibanding BHA dalam bluberry dan minyak menhaden setelah 48 hari penyimpanan.

Tujuan utama penambahan antioksidan dalam lipid adalah untuk mencegah akumulasi radikal bebas atau untuk menurunkan radikal bebas. Katekin dengan grup hidroksil bebas dapat bereaksi sebagai akseptor radikal bebas dan juga menghambat pembentukan radikal. Katekin mempunyai banyak grup hidroksil yang berperan dalam penangkapan ion logam. Penambahan katekin teh, α -tokoferol dan antioksidan lainnya baik dalam bluberry maupun minyak menhaden secara signifikan berpengaruh terhadap pembentukan *2-thiobarbituric acid reactive substance* (TBARS) dibandingkan sampel kontrol. Urutan kemampuan dalam penghambatan pembentukan TBARS dalam bluberry maupun minyak menhaden adalah (-)-ECG > TBHQ > (-)-EGCG > (-)-EGC >

(-)-EC > BHT > BHA > (x)-tokoferol.

Diantara katekin yang dicoba, (-)-ECG dan (-)-EGCG mampu menghambat pembentukan TBARS (lebih dari 50%) pada blubery. Sedangkan untuk minyak menhaden, hanya sampel yang diperiakukan dengan penambahan ECG yang memperlihatkan penghambatan oksidatif (Ho *etal*, 1997).

KESIMPULAN

Aktivitas antioksidan pada teh selalu dihubungkan dengan adanya katekin dan galatnya. Kemampuan katekin dan galatnya sebagai antioksidan sudah tidak dapat dipungkiri lagi. Sejumlah penelitian -c.,--cara epiden.ifogi dan farmakologi menyatakan bahwa katekin teh hijau mempunyai aktivitas antioksidan yang kuat. (-)-EGCG dan (~)-ECG merupakan senyawa katekin utama daiam teh. Kedua komponen tersebut mempunyai aktivitas penangkapan radikal seperti peroksinitrit, superoksida, hidrogen peroksida maupun DPPH secara istimewa. Kemampuan penangkapan radikal-radikal bebas ini.seialu dihubungkan dengan kemampuan katekin teh hijau sebagai antimutagenik, antikarsinogenik dan antitumorigenik.

DAFTAR PUSTAKA

- Althaus, I.S.; Oien, T.T.; Fici, G.]; Scherch, H.M.; Sethy, V.H.; Von Voigtiander, P.F. 1994, Structure activity relationships of peroxynitrite scavenggers: an approach to nitric oxide neurotoxicity, *Res. Commun. Chem. Pathol Pharm.*, 83, 243-254.
- Biougen, N.V. and Zafirio, O.S. 1985, Reaction of superoxide with nitroxide to form peroxynitrite in alkali aqueous solution, *Inorg. Chem.*, 24, 3502-3504
- '-hen, Z.Y.; Fting, K. P.; Wang.l; 1996, Antioxidative effect of ethanol tea extracts on oxidation of canola oil, *3 Am. Oil Chem. Soc.*, 73, 375-380
- Chung, H.Y.; Yokozawa, T.; Soung, D.Y.; Kye, I.S.; No, 3.K.; Baek, B.S. 1998, Peroxynitrite-scavenging activity of green tea tanin, *1. Agric. Food Chem.*, 46, 4484-4486
- De Wahiley, C.V.; Rankin, S.M.; Hoult, I.R.S.; Jessop, W.; leake, D.S. 1990, Flavonoid inhibit the oxidative modification of low density lipoprotein by macrophages, *Biochem. Pharmacol*, 37, 1743-1750
- Haenen, G.R.; Paquay, M.M.; Korthowar, R.E.M.; Bast, A. 1997, Peroxynitrite scavenging by flavonoids. *Biochem. Biophys. Res. Commun*, 236,591-593
- Ho, C.T.; Chen, C.W.; Wnasundara, U.N.; Shahidi, F. 1997, *Natural antioxidant from tea*, *Natural Antioxidant: Chemistry, Health Effect and Applied*, AOCS Press, 213-223
- Kinseta, I.E. ; Frankel, E.; German, B.; Kanner, 1. 1994, Possible mechanism for the protective role antioxidant in wine and plarit food, *-7 F~ Technol*, 4:5-89
- Hudson, 1990, *The mechanism of antioxidant action in vitro*, *Food Antioxidant*; Eisevier Applied Science, London-New York
- Lin, Y.L.; Juan, I.M.; Chen, Y.L.; Liang, Y.C and Lin, 3.K. 1996, Compositions of polyphenols in fresh tea leaves and association of their oxygen radical-absorbing capacity with antiproliferation action in fibroblast cells, *J Agfic. Chem.*, 44, 13871394

- Malinski, T. and Taha, Z. 1993, Diffusion of nitrit oxide in the aorta walls monitored in situ by porphyrinic microsensors, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 193, 1076-1082
- Owuor, P.O. and Obanda, M. 1998, The changes in black tea quality due to variation of plucking standard and fermentation time, *Food Chem.*, 61, 435-441
- Price, W. E. and Spitzer, J.C. 1993, Variation in the amounts of individual flavanols in a range of green tea, *Food Chem.*, 47, 271-276
- Roeding-Penman, A. and Girdon, M.H. 1997, Antioxidant properties of catechin and green tea extract in model food emulsion, *J. Agric. Food Chem.*, 45, 4267-4270
- Ruch, R.J.; Cheng, S.J.; Klauning, J.E. 1989, Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechin isolated from Chinese green tea, *Carcinogenes*, 10, 1003-1008
- Ta keo, I. 1992, *Green and semi-fermented tea. In tea cultivation to consumption*, Chapman & Hall, London, UK, p.413-457
- Tanaka, T.; Kusano, R. & Kouno, I. 1998, Synthesis and antioxidant activity of novel amphipathic derivatives of tea polyphenol. *Inorganic & Medical Chem*, 8, 1801-1806
- Yen, G.W.; Chen, H.Y. and Peng, H.H. . 1997, Antioxidant and pro-oxidant effect of various tea extract, *J. Agric. Food Chem.*, 45, 30-34
- Yokozawa, T.; Chung, H.Y.; He, C.Q.; Oura, H. 1996, Effectiveness of green tanin on rats with chronic renal failure, *Bioscience of Biotechnology*, 60, 1000-1005
- Yokozawa, T.; Oura, H.; Hattori, M.; Iwano, M.; Dohi. K.; Sakanaka, S.; Kim, M. 1993, Inhibitory effect of tannin in green tea on the proliferation of malignant cells, *Neuron*, 65, 596-600
- Yokozawa, T.; Dong, E.; Chung, H.Y.; Oura, H.; Nakayawa, H. 1997, Inhibitory effect of green tea on injury to cultured renal epithelial cell line, LLC-PK, *Bioscience, Biotechnology, Biochem*, 61, 204-206
- Yokozawa, T.; Oura, H.; Shibata, I.; Ishida, K. Kiniko, M. 1996, Effect green tea tannin in dialysis patients, *J Trad. Med*, 13, 124-131
- Yokozawa, T.; Dong, E.; Nakagawa, T.; Kashiwagi, H; Takechi, S.; Chung, H.Y. 1998, In vivo and in vitro studies on the radical-scavenging activity of tea, *J. Agric. Food Chem*, 46, 2143-2150