

PENENTUAN AKTIVITI ANTIOKSIDA, KANDUNGAN
FENOLIK DAN KANDUNGAN FLAVONOID DALAM
SPESIES KELADI TERPILIH

NORIZAN BINTI SALIM

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DISERTASI YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

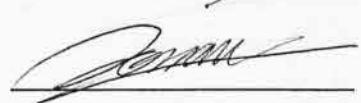
PROGRAM BIOLOGI PEMULIHARAAN
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

MAC 2007

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

19 Mac 2007



NORIZAN BT SALIM

HS2004-2272



PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DIPERAKUKAN OLEH**Tandatangan****1. PENYELIA**

(EN. MOHD. FADZELLY B. ABU BAKAR)

2. PENYELIA BERSAMA

(DR. KARTINI BT. SAIBEH)

3. PEMERIKSA 1

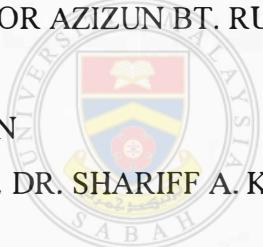
(EN. MOHD FAIRUS B. JALIL)

4. PEMERIKSA 2

(PN. NOR AZIZUN BT. RUSDI)

5. DEKAN

(PROF. DR. SHARIFF A. K. OMANG)



UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Bismillahirahmannirrahim, bersyukur ke hadrat ilahi di atas limpah kurnianya, saya dapat melaksanakan serta menyiapkan projek tahun akhir ini dalam masa yang telah ditetapkan dengan jayanya.

Disini, saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada penyelia saya, En. Mohd Fadzelly b. Abu Bakar di atas segala tunjuk ajar dan bimbingan yang telah beliau berikan kepada saya sepanjang kajian ini dilakukan. Terima kasih yang tidak terhingga juga kepada penyelia bersama saya, Dr. Kartini bt. Saibeh dan juga kepada Cik Azniza bt. Mahyudin yang telah banyak membantu saya dalam menyempurnakan kajian ini.



Tidak dilupakan ucapan terima kasih ini turut ditujukan kepada staf Institut Biologi Tropika dan Pemuliharaan (IBTP) dan staf Taman-taman Sabah yang telah banyak menyumbangkan nasihat dan memberi kerjasama yang padu kepada saya. Buat keluarga tercinta yang telah banyak mendoakan kejayaan saya seta buat rakan-rakan seperjuangan yang telah memberi dorongan antaranya Farra, Shitah, Liza, Kak Cah, Kiki dan ramai lagi, terima kasih semua. Jasa kalian amat saya hargai.

NORIZAN BT SALIM

MAC, 2007

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan untuk menentukan aktiviti antioksida, jumlah kandungan fenolik dan kandungan flavonoid dalam sampel daun dan batang bagi spesies keladi terpilih iaitu *Colocasia* sp., *Schismatoglottis* sp., *Homalomena* sp., dan *Alocasia lowii*. Aktiviti antioksida ditentukan melalui dua kaedah yang berbeza iaitu kaedah 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl (DPPH) dan Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP). Jumlah kandungan fenolik pula ditentukan melalui kaedah Folin-ciocalteau, manakala kaedah Kolometrik Aluminium Klorida digunakan untuk menentukan jumlah kandungan flavonoid. Berdasarkan kepada kaedah DPPH, peratus kesan penghapusan bagi sampel daun adalah dari julat $48.3 \pm 3.8\%$ hingga $64.0 \pm 4.6\%$, manakala sampel batang di antara $10.7 \pm 4.0\%$ hingga $42.7 \pm 3.2\%$. Dengan menggunakan kaedah FRAP, didapati aktiviti antioksida berada dalam julat $40.9 \pm 1.7\text{ mM}$ hingga $64.5 \pm 2.7\text{ mM}$ bagi sampel daun dan $9.5 \pm 3.2\text{ mM}$ hingga $25.3 \pm 10.0\text{ mM}$ bagi sampel batang. Jumlah kandungan fenolik dalam sampel daun adalah dari julat $18.0 \pm 2.5\text{ mg g}^{-1}$ hingga $20.4 \pm 0.2\text{ mg g}^{-1}$ dan $6.5 \pm 0.2\text{ mg g}^{-1}$ hingga $20.2 \pm 0.3\text{ mg g}^{-1}$ dalam sampel batang. Kandungan flavonoid adalah di antara $4.8 \pm 2.5\text{ mg g}^{-1}$ hingga $8.0 \pm 0.3\text{ mg g}^{-1}$ dalam sampel daun dan dari julat $2.4 \pm 0.0\text{ mg g}^{-1}$ hingga $3.7 \pm 0.2\text{ mg g}^{-1}$ bagi sampel batang. Ini menunjukkan sampel daun bagi keempat-empat spesies keladi terpilih mempunyai kemampuan aktiviti antioksida yang tinggi berbanding sampel batang. Ini adalah disebabkan jumlah kandungan fenolik dan kandungan flavonoid yang tinggi di dalam sampel daun. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa terdapatnya hubungan di antara kandungan flavonoid dengan fenolik serta aktiviti antioksida berdasarkan analisis Korelasi Pearson ($p < 0.05$ atau $p < 0.01$). Namun begitu aktiviti antioksida di dalam spesies keladi terpilih ini masih rendah berbanding antioksida sintetik (BHT) dan antioksida semulajadi (asid askorbik).

ABSTRACT

This study determined antioxidant activity, total phenolic content, and total flavonoid contents in leave and stem samples of the selected aroids; *Colocasia* sp., *Schismatoglottis* sp., *Homalomena* sp., and *Alocasia lowii*. Antioxidant activity was measured by two different assays; 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl (DPPH) and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP). Total phenolic content was determined with Folin-ciocalteau method, while Aluminium Chloride Colometric method was used to estimate total flavonoid contents. Based on DPPH method, percentages of scavenging effect of leave samples were around $48.3 \pm 3.8\%$ to $64.0 \pm 4.6\%$, and stem samples were between $10.7 \pm 4.0\%$ to $42.7 \pm 3.2\%$. By using FRAP method, antioxidant activity were around 40.9 ± 1.7 mM to 64.5 ± 2.7 mM in leaves and 9.5 ± 3.2 mM to 25.3 ± 10.0 mM in stems. The total phenolic varied from 18.0 ± 2.5 mg g⁻¹ to 20.4 ± 0.2 mg g⁻¹ of phenolic content in leaves, and 6.5 ± 0.2 mg g⁻¹ to 20.2 ± 0.3 mg g⁻¹ in the stems. Flavonoid contents were between 4.8 ± 2.5 mg g⁻¹ to 8.0 ± 0.3 mg g⁻¹ in leave samples and 2.4 ± 0.0 mg g⁻¹ to 3.7 ± 0.2 mg g⁻¹ in stem samples. This showed that leave samples of four selected aroids have higher capacity of antioxidant activity than in their stem. This is due to high total phenolic and flavonoid contents in leave samples. Therefore, we can conclude that there are significantly correlated between total flavonoid contents and total phenolic content with antioxidant activity based on analysis of Pearson correlation ($p < 0.05$ or $p < 0.01$). However, the antioxidant activity in this selected aroid is still lower than antioxidant activity of synthetic antioxidant (BHT) and natural antioxidant (ascorbic acid).

KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FOTO	xii
SENARAI SIMBOL	x iii
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Justifikasi Kajian	2
1.3 Hipotesis Awal	4
1.4 Matlamat Kajian	4
1.5 Objektif Kajian	4
 BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN	 5
2.1 Antioksida	5
2.2 Fenolik dan Flavonoid	10
2.3 Keladi	16
2.3.1 Taburan Keladi	19
2.3.2 Kepentingan Keladi	20
2.3.2.a Hiasan	20
2.3.2.b Sumber Makanan	21
2.3.2.c Ubatan	22
2.3.3 Subfamili Keladi	23
2.3.4 Kepentingan Kajian Kimia Keladi	24

BAB 3 BAHAN DAN KAEADAH KAJIAN	25
3.1 Bahan dan Radas	25
3.1.1 Sampel Tumbuhan Kajian	25
3.1.2 Bahan Kimia	25
3.1.3 Radas	26
3.2 Kaedah	26
3.2.1 Pengeringan sampel	26
3.2.2 Pengekstrakan untuk Penentuan Aktiviti Antioksida	28
3.2.3 Pengekstrakan untuk Penentuan Jumlah Kandungan Fenolik dan Flavonoid	29
3.2.4 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl (DPPH)	30
3.2.5 Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)	31
3.2.6 Penentuan Kandungan Fenolik	32
3.2.7 Penentuan Kandungan Flavonoid	33
3.3 Analisis Data	33
BAB 4 KEPUTUSAN	34
4.1 Penentuan aktiviti Antioksida melalui Kaedah DPPH	34
4.2 Penentuan Aktiviti Antioksida melalui Kaedah FRAP	36
4.3 Penentuan Jumlah Kandungan Fenolik dan Flavonoid	38
4.4 Perbandingan Kandungan Fenolik dan Flavonoid	41
4.5 Analisis Korelasi	42
BAB 5 PERBINCANGAN	43
5.1 Penentuan Aktiviti Antioksida	44
5.1.1 Kaedah DPPH	44
5.1.2 Kaedah FRAP	45
5.2 Penentuan Jumlah Fenolik dan Flavonoid	46
5.2.1 Penentuan Jumlah Kandungan Fenolik	46
5.2.2 Penentuan Jumlah Kandungan Flavonoid	47
5.3 Perkaitan di antara Aktiviti Antioksida dengan Jumlah Fenolik dan Flavonoid	49

BAB 6 KESIMPULAN	51
RUJUKAN	52
LAMPIRAN	57



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat
4.1 Nilai penyerapan dan peratus kesan penghapusan	34
4.2 Nilai penyerapan FRAP	36
4.3 Jumlah Kandungan Fenolik dan Flavonoid	38
4.4 Hubungan di antara aktiviti antioksida dengan kandungan fenolik dan flavonoid	42



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
2.1 Struktur flavonoid yang mempunyai aktiviti penghapusan radikal bebas	13
2.2 Kepelbagaian inflorescence keladi	16
2.3 Kepelbagaian daun keladi	18
4.1 Peratus Kesan Penghapusan DPPH	35
4.2 Penyerapan nilai FRAP	37
4.3 Jumlah Kandungan Fenolik	39
4.4 Jumlah Kandungan Flavonoid bagi Sampel Daun mengikut Kepekatan	40
4.5 Jumlah Kandungan Flavonoid bagi Sampel Batang mengikut Kepekatan	40
4.6 Perbandingan kandungan fenolik dan flavonoid	41



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI FOTO

No. Foto	Muka Surat
3.1 Freeze drier	27
3.2 Mesin pengisar Mortar	27
3.3 Orbital shaker	28
3.4 Mesin pengempar	29
3.5 Spektrofotometer	30
3.6 Water bath	32



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI SIMBOL

g	gram
ml	mililiter
$^{\circ}C$	darjah Celsius
$\%$	peratus
μl	mikroliter
M	Molar
$ mM$	milliMolar
μM	mikroMolar
$g l^{-1}$	gram per liter
$mg l^{-1}$	milligram per liter
$mg g^{-1}$	milligram per gram
min	minit
nm	nanometer
<	kurang daripada
>	lebih daripada
p	aras keertian
L	liter
Sp.	spesies
\pm	tambahtolak
r	pe kali korelasi
r^2	pe kali penentu
F	nilai bererti
UV	ultraviolet
HCl	Asid hidroklorik
ddH_2O	Air suling ternyah ion
$AlCl_3$	Aluminium klorida
$FeSO_4$	Ferum sulfat
$NaNO_3$	Natrium nitrat
NaOH	Natrium hidroksida

Na_2CO_3	Natrium bikarbonat
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Ferric klorida
$\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Natrium asetat trihidrat
BHT	Butylated hydroxyl toluene
TPTZ	2,4,6-tripyridyl-s-triazine
DPPH	1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
SPSS	Sistem Pengaturcaraan Pakej Statistik
ANOVA	Analysis of Variance



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Malaysia merupakan salah sebuah negara di dunia yang kaya dengan hasil bumi terutama hasil hutan yang bernilai tinggi, samada dari segi ekonomi maupun dari nilai saintifik. Pelbagai kajian dari pelbagai disiplin telah dilakukan ke atas hasil hutan ini khasnya tumbuh-tumbuhan. Kajian-kajian ini termasuklah kajian berkenaan antimikrob, antikanser, taksonomi, ekologi, evolusi dan fisiologinya. Di antara tumbuh-tumbuhan yang menunjukkan nilai perubatan adalah, buah tomato puri yang mampu mencegah kanser (Simonetti *et al.*, 2005).

Selain daripada itu, kajian mengenai aktiviti antioksida ke atas tumbuh-tumbuhan juga turut mendapat perhatian disebabkan kebolehannya dalam menentang penyakit-penyakit yang disebabkan oleh pengoksidaan seperti penyakit jantung. Oleh kerana itu antioksida dianggap sebagai bahan yang amat penting. Antioksida semulajadi semakin mendapat tempat dikalangan penduduk dunia berbanding antioksida sintetik yang dikatakan karsinogenik.

Tumbuh-tumbuhan dipercayai mempunyai aktiviti antiokksida semulajadi kerana terdapatnya sebatian fenolik sebagai salah satu dari juzuknya (Gross *et al.*, 1999). Sebatian fenolik utama yang memainkan peranan dalam aktiviti antiokksida adalah flavonoid. Flavonoid merupakan fitokimia yang mempunyai sifat-sifat redoks di mana ia bertindak sebagai agen penurunan, ia mampu menyingkirkan radikal bebas (Gould *et al.*, 2006).

Radikal bebas ini adalah radikal yang tidak stabil di mana terdapat elektron yang tidak berpasangan. Kewujudan radikal bebas ini akan menyebabkan pelbagai penyakit yang menyerang tisu manusia antaranya penyakit jantung dan kanser.

1.2 JUSTIFIKASI KAJIAN

Apabila berlaku ketidakseimbangan di antara penghasilan radikal bebas dan mekanisma ketahanan badan, tekanan oksidatif akan merebak ke seluruh sel seperti DNA, lipid dan molekul protein. Tekanan oksidatif ini diterangkan sebagai ketidakseimbangan di antara antiokksida dan pengoksidaan dalam makanan yang berpotensi mengakibatkan kerosakan dan merupakan penyebab ke atas kewujudan pelbagai penyakit terhadap manusia (Katalinic *et al.*, 2006). Ketakseimbangan ini juga boleh memberi kesan buruk kepada fisiologi, yang mana akan membawa kepada pemusnahan sel dan mengakibatkan kanser, atherosklerosis, dan keradangan (Su *et al.*, 2007).

Penggunaan antiokksida sintetik seperti *butylated hydroxyanisole* (BHA) dan *butylated hydroxy tolueene* (BHT) telah dilarang penggunaannya oleh penggubal

undang-undang kerana mereka mendapat terdapat kesan sampingan toksik yang boleh mengakibatkan barah di dalam bahan sintetik tersebut (Papas, 1999). Oleh kerana itu, keinginan untuk mencari bahan antioksidan semulajadi bagi menggantikan antioksidan sintetik dalam bidang pemakanan menjadi semakin meluas. Para saintis pemakanan dan ahli profesional kesihatan telah mengadakan kajian ke atas tumbuh-tumbuhan untuk dijadikan sebagai antioksidan semulajadi sebagai alternatif terhadap antioksidan sintetik.

Kegunaan antioksidan dalam makanan yang mengandungi lemak adalah salah satu cara untuk meminimakan rasa tengik, memberhentikan pembentukan produk pengoksidaan bertoksik, mengekalkan kualiti nutrisi, dan meningkatkan jangkahayat produk makanan (Karlsson, 1997). Antioksidan semulajadi biasanya terdapat di dalam buah-buahan dan sayur-sayuran telah meningkatkan keinginan di kalangan pengguna dan komuniti saintis kerana kajian epidemiologikal telah menunjukkan bahawa penggunaan antioksidan semulajadi berkait rapat dengan risiko menghidapi penyakit kardiovaskular dan kanser yang rendah. Tumbuh-tumbuhan mengandungi pelbagai juzuk bahan kimia yang dikenali sebagai fitokimia.

Oleh kerana itu, kajian ini adalah sangat penting demi mengekalkan kesihatan manusia dan juga dalam memulihara spesies keladi yang berkemungkinan besar mempunyai aktiviti antioksidan semulajadi yang tinggi.

1.3 HIPOTESIS AWAL

Kajian ini menemui beberapa spesies keladi yang mempunyai aktiviti antioksida yang tinggi dan kandungan sebatian flavonoid serta fenolik yang seterusnya menjadikan spesies keladi tersebut sesuai sebagai antioksida semulajadi.

1.4 MATLAMAT KAJIAN

Mengenalpasti kandungan flavonoid dan fenolik dalam spesies keladi terpilih serta keupayaan aktiviti antioksidanya dalam terus memulihara dan memelihara ekosistemnya untuk kepentingan manusia sejagat.

1.5 OBJEKTIF KAJIAN

Semasa menjalankan kajian ini, terdapat beberapa objektif yang menjadi panduan iaitu:

1. Mengenalpasti aktiviti antioksida melalui kaedah FRAP dan DPPH menggunakan spektrofotometer.
2. Menentukan kandungan fenolik dengan kaedah Folin-ciocalteau.
3. Menentukan kandungan flavonoid menggunakan kaedah Kolometrik Aluminium Klorida.
4. Perkaitan di antara aktiviti antioksida dan fenolik serta flavonoid.

BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 ANTIOKSIDA

Antioksidan memainkan peranan yang penting dalam kesihatan. Ia didefinisikan sebagai bahan yang mempunyai kebolehan dalam melambatkan ataupun mencegah rasa tengik, perit atau ketiadaan sebarang rasa dalam makanan yang disebabkan oleh pengoksidaan pada kepekatan yang rendah berbanding substrat (Abdille *et al.*, 2005). Merujuk kepada Velioglu *et al.*, (1998) antioksidan adalah sebatian yang mampu melambatkan atau menghalang pengoksidaan lipid atau molekul lain dengan menghalang pembentukan tindakbalas rantai teroksidasi. Ia merupakan fitokimia yang dapat melindungi sel dari kerosakan yang disebabkan pengoksidaan dengan meneutralkan atau memerangkap radikal bebas (Borek, 2005).

Ciri utama antioksidan adalah kebolehannya dalam memerangkap radikal bebas. Radikal adalah entiti dengan satu atau beberapa elektron yang tidak berpasangan di luar orbit molekul elektron (Karlsson, 1997). Elektron yang tidak berpasangan ini selalunya sangat mudah untuk berubah-ubah bergantung kepada sifat kimia dan fizikal kereaktifan spesies radikalnya. Kebanyakan radikal adalah tidak

stabil. Oleh itu, radikal bebas berdasarkan Duthrie dan Brown (1994) boleh diterangkan sebagai molekul reaktif dengan elektron yang tidak berpasangan di mana ia berpotensi untuk merosakkan keseluruhan sistem biologi.

Radikal bebas yang juga merupakan salah satu spesies oksigen reaktif dikatakan penyebab utama kepada pembentukan dan perkembangan kanser (Borek, 2005) yang terhasil semasa proses oksidatif normal (Benzie dan Strain, 1998; Borek, 2005). Proses oksidatif normal ini adalah semasa ‘inflammation’ ataupun selepas pengambilan sesetengah ubat-ubatan (Benzie dan Strain, 1998). Ia juga berpunca dari pencemaran persekitaran, radiasi, kimia, toksin, serta tekanan fizikal yang boleh menyebabkan perubahan dalam ekspresi gen. Radikal bebas amat berkaitrapat dengan lebih dari seratus penyakit manusia seperti kanser. Kebolehan radikal bebas dalam menggalakan kanser mengakibatkan mutasi dalam DNA dan mengubahsuai molekul protein, lipid dan molekul-molekul lain (Borek, 2005).

Antioksidan melalui kuasa penyingkirannya dapat mengawal penyakit ini. Di bawah situasi normal, pembentukan radikal bebas dalam sel dikawal oleh sistem pertahanan antioksidan (Karlsson, 1997). Sistem pertahanan antioksidan biasanya melindungi sel mamalia dari kemasuhan yang diakibatkan oleh radikal bebas (Duthrie dan Brown, 1994). Dalam tisu yang sihat, antioksidan bertindak dengan meneutralkan molekul teroksidasi termasuk radikal bebas dan juga mengurangkan molekul dalam sel yang sudah teroksidasi (Padh, 1994). Jika aras radikal bebas meningkat mele过asi kemampuan peneutralan antioksidan, maka tekanan teroksidasi akan terhasil dan menjadi asas kepada masalah pathologi (Borek, 2005). Oleh kerana itu, antioksidan memainkan peranan penting dalam makanan untuk mengatasi tindakbalas

pengoksidaan rantai radikal dengan menghalang permulaan dan penyebaran ke arah penamatan tindakbalas dan penangguhan dalam proses pengoksidaan (Abdille *et al.*, 2005).

Hipotesis antioksidan menawarkan perlindungan dari penyakit kronik melalui meminimumkan ataupun mencegah kerosakan yang disebabkan oleh pengoksidaan (Benzie dan Strain, 1998). Mengikut Duthrie dan Brown (1994) hipotesis antioksidan mencadangkan bahawa radikal bebas merupakan penyebab kepada pengoksidaan kolesterol sebagai punca atherosklerosis. Hipotesis pengoksidaan atherosklerosis pula menyatakan bahawa pengubahsuaian pengoksidaan adalah sangat penting (Gould dan Lister, 2006).

Pengoksidaan adalah dipengaruhi oleh suhu, cahaya, udara, keadaan fizikal dan keadaan kimia substrat serta kehadiran pemangkin pengoksidaan (Maisuthisakul *et al.*, 2007). Interaksi di antara antioksidan dan radikal bebas pengoksidaan dapat mengurangkan risiko menghadapi penyakit-penyakit yang kronik seperti kanser dan penyakit jantung. Konsep yang sama telah lama wujud dalam perubatan tradisional masyarakat cina iaitu konsep ‘yin-yang’. Konsep ‘yin’ menjelaskan kandungan sebatian fenolik yang berkesan adalah flavonoid yang juga mempunyai aktiviti antioksidan yang kuat. Aktiviti antioksidan telah menyatakan hipotesis yang mengatakan ‘yin’ dalam perubatan cina merujuk kepada proses antioksidan, manakala ‘yang’ merujuk kepada proses pengoksidaan.

Proses pengoksidaan adalah salah satu proses yang penting dalam penghasilan radikal bebas dalam makanan, ubat-ubatan, dan dalam benda hidup (Duthrie dan

Brown, 1994; San, 1994). Ia adalah proses normal yang berlaku dalam tubuh di mana haba dan tenaga bebas dilepaskan untuk mengekalkan suhu badan, menghasilkan dan membaiki struktur selular, menyingkirkan bahan yang tidak diingini dan terlibat dalam proses metabolismik lain. Walaubagaimanapun, pengoksidaan yang tidak diingini masih boleh terjadi yang akan mengakibatkan kerosakan kepada sel dan tisu. Di antara puncanya menurut kajian San (1994) termasuklah:

1. Pendedahan yang berlebihan kepada xenobiotik
2. Kehadiran kandungan semiquinones dan logam peralihan yang berlebihan yang boleh mengakibatkan penurunan satu elektron molekul oksigen membentuk radikal peroksida
3. Pemecahan ikatan kimia melalui cahaya untuk membentuk pelbagai radikal bebas, yang mengakibatkan kemunculan molekul oksigen dan peroksidaan
4. Pembentukan fotosensiti, dengan kehadiran kromotofor, oksigen tunggal yang menyerang molekul organik dan abstrak molekul hidrogen membawa kepada penghasilan hidroperoksida dan peroksidaan.
5. Jangkitan

Menurut San, 1994, lagi walaupun tanpa kehadiran keadaan yang abnormal, kesilapan pengoksidaan yang menyebabkan kerosakan kepada juzuk selular boleh terjadi dalam keadaan langkah pengoksidaan yang normal.

Faktor lain yang mempengaruhi aktiviti antioksida adalah kepekatan antioksida, medium pengekstrakan, suhu, pH medium, struktur kimia dan kedudukan dalam molekul. Komponen antioksida adalah juzuk mikro yang hadir dalam diet dan

mampu melambatkan atau menghalang pengoksidaan lipid, dengan menyekat pembentukan atau penyebaran tindakbalas rantai pengoksidaan dan juga turut terlibat dalam penyingkiran radikal bebas (Othman *et al.*, 2007).

Antiokksida boleh dikelaskan berdasarkan kepada ciri-ciri perlindungan dalam proses pengoksidaan pada peringkat yang berbeza. Ia terbahagi kepada dua jenis antiokksida utama iaitu antiokksida primer dan antiokksida sekunder merujuk kepada mekanisma masing-masing yang amat berbeza (Maisuthisakul *et al.*, 2007). Antiokksida primer boleh menghalang ataupun menghentikan pengoksidaan penghapusan radikal bebas dengan menderma atom hidrogen atau elektron menjadikan ia produk yang lebih stabil. Antiokksida sekunder pula berfungsi melalui pelbagai mekanisma termasuklah pengikatan ion logam, penghapusan atom oksigen, peralihan hidroperoksida kepada spesies bukan radikal serta penyerapan radiasi UV.

2.2 FENOLIK DAN FLAVONOID

Flavonoid dan sebatian fenolik merupakan sebatian fitokimia yang penting. Menurut Mann *et al.*, (1996), secara kimianya, fenol adalah reaktif. Selalunya ia adalah berasid dan boleh dipisahkan dari juzuk-juzuk lain tumbuhan berdasarkan kepekatannya. Fenol berkemampuan dalam pengikatan hidrogen. Ia juga berfungsi dalam melindungi tumbuh-tumbuhan dari dimakan secara berlebihan oleh herbivor, memainkan peranan penting dalam proses pendebungaan dan dalam proses simbiosis.

Flavonoid adalah salah satu sebatian polifenolik yang terdapat dalam tumbuhan-tumbuhan seperti buah-buahan dan sayur-sayuran yang diketahui mempunyai ciri-ciri termasuk sebagai penghapus radikal bebas, penyingkir hidrolitik dan enzim pengoksidaan (Borek, 2005). Ia mengandungi ciri-ciri struktur C₆-C₃-C₆, dengan kumpulan hidroksil yang melekat dengan rantai aromatik, dan ia juga mempamerkan pengoksidaan lipid melalui radikal penghapusan. Kebanyakan kandungan fenolik tumbuhan memaparkan kebolehan bertindak sebagai antioksida dikaji untuk tujuan menentang proses pengoksidaan. Terdapat 4000 kumpulan flavonoid telah dikenalpasti (Benzie dan Strain, 1998).

Flavonoid dikelaskan berdasarkan kepada posisi dan darjah karbonil dan hidroksil pada rantai a, b, dan c. (McAnlis *et al.*, 1998) seperti dalam Rajah 2.1. Kepelbagaiannya bergantung kepada aras pengoksidaan rantai C, struktur asas benzo- γ -pyrone. Perbezaan struktur dalam famili flavonoid adalah disebabkan oleh kepelbagaiannya bilangan dan bentuk kumpulan hidroksil. Kumpulan flavonoid yang terbesar adalah flavonols, flavones, dan flavanones yang sering ditemui dalam buah-buahan dan sayur-sayuran (McAnlis *et al.*, 1998).

Terdapat beberapa flavonoid seperti quercetin, curcumin, dan catechin menghalang karsinogenesis dalam sel haiwan. Kajian epidemiologi terhadap kesannya dalam mengurangkan risiko menghadapi kanser adalah sangat terhad dan tidak berterusan. Salah satu kajian terdahulu mendapat tidak terdapat perkaitan di antara pengambilan 5 flavonoids dan kematian akibat kanser, jantung ataupun kanser perut di kalangan lelaki berumur 65-84 tahun yang tidak mempunyai sebarang sejarah kanser. Hanya pengambilan flavonoid yang kerap dari tumbuh-tumbuhan