PENENTUAN AKTIVITI ANTIOKSIDAN BUAH MUNDU (*Garcinia dulcis*) PADA KEMATANGAN YANG BERBEZA

HENG PEI CHEE

TESIS INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN DALAM BIDANG TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES

SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2011

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PUMS 99:1

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: Aktiviti Antioksidan Buah Mundu (Garcinia dulcis) pada kematangan yang berbeza

IJAZAH: Sarjana Muda Sains Makanan dan Pemakanan Dengan Kepujian dalam bidang Teknologi makanan dan bioproses.

SESI PENGAJIAN: 2007/2008

Saya HENG PEI CHEE

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/ Sarjana/ Doktor Falsafah) ini di simpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. ** Sila tandakan (/)

[ ]	SULIT	(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)
[ ]	TERHAD	(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukakan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)
[/]	TIDAK TERHAD	

Disahkan oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 104P, Taman Sejahtera, Jalan Tuanku Antah, 70100 Seremban, N.S.D.K.

En. Mansoor Abdul Hamid.
Nama Penyelia

Tarikh: 15/06/2011

Tarikh: 15/06/2011

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.
* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampiran surat daripada pihak berkuasa/organsasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.
* Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan, ringkasan dan rujukan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

18 April 2011

Heng Pei Chee
BN 07160160

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

NAMA : **HENG PEI CHEE**

NO. MATRIK : **BN07160160**

TAJUK : **PENENTUAN AKTIVITI ANTIOKSIDAN BUAH MUNDU (*Garcinia dulcis*) PADA KEMATANGAN YANG BERBEZA**

SARJANA : **SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN**

TARIKH VIVA : **18 MEI 2011**

DISAHKAN OLEH

1. **PENYELIA**
   En. Mansoor Abdul Hamid

2. **PEMERIKSA 1**
   Prof. Madya Dr. Chye Fook Yee

3. **PEMERIKSA 2**
   Dr. Muhammad Iqbal Hashimi

4. **DEKAN**
   Prof. Madya Dr. Sharifudin Md. Shaarani

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Pertama sekali, saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan ribuan terima kasih kepada kepada penyelia tesis saya, Encik Mansoor Abdul Hamid di atas bimbingan, nasihat dan tunjuk ajar yang berguna sepanjang tempoh projek penyelidikan dan penulisan tesis ini.

Jutaan terima kasih juga diucapkan kepada pensyarah-pensyarah Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan yang lain dan kepada Puan Nor Qhairul Izzreen Mohd Nor dan Dr. Patricia Matanjun khasnya di atas bantuan dan tunjuk ajar yang diberikan dalam menjayakan projek penyelidikan ini.

Tidak dilupakan juga kepada semua pembantu makmal yang banyak membantu dalam kerja-kerja makmal. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada semua staf-staf Sekolah Sains Makanan Dan Pemakanan lain yang telah memberi layanan yang baik kepada saya dan kerjasama daripada mereka sepanjang tempoh projek penyelidikan amatlah saya hargai.

Bantuan dan kerjasama daripada pihak Jabatan Pertanian Sabah (Stesen Penyelidikan Pertanian Lagud Sebrang Tenom) dalam menyumbangkan bahan-bahan kajian yang saya perlukan dalam projek penyelidikan ini amatlah dihargai. Demikian juga kepada rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak menghulurkan bantuan kepada saya.

Akhir sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih buat ahli keluarga saya terutamanya kepada ayah dan ibu saya yang telah banyak memberi semangat dan dorongan walaupun berada di kejauhan. Segala pengorbanan dan didikan tidak akan dilupakan. Penghargaan juga ditujukan kepada semua yang terlibat samada secara langsung atau tidak langsung dalam projek penyelidikan ini.

Sekian , terima kasih.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan untuk menentukan aktiviti antioksidan bagi ekstrak metanol, etanol, heksana dan air panas untuk dua bahagian (isi dan kulit) buah mundu (*Garcinia dulcis*) dengan kematangan (matang dan mentah) yang berbeza. *Garcinia dulcis* (keluarga: *Guttiferae*; nama tempatan: mundu) merupakan buah nadir yang boleh didapati di Sabah, Malaysia. Bahagian isi dan kulit *Garcinia dulcis* dengan kematangan yang berbeza dianalisis untuk aktiviti antioksidan dan jumlah kandungan fenolik. Aktiviti antioksidan diuji dengan Aktiviti Mengaut Radikal DPPH (1,1-diphenyl-2-picryllhydrazyl) dan Kuasa Antioksidan Penurunan Ferik (FRAP). Ekstrak kulit *Garcinia dulcis* menunjukkan aktiviti mengaut radikal bebas dan kuasa antioksidan penurunan yang tinggi dan signifikan ($p<0.05$) berbanding dengan ekstrak isi. Jumlah kandungan fenolik dalam sampel buah adalah dalam julat antara 5.48 – 312.46 mg GAE/L. Ekstrak kulit untuk buah mentah dan ekstrak isi buah yang matang masing-masing mengandungi jumlah kandungan fenolik yang paling tinggi (312.46 mg GAE/L) dan paling rendah (5.48 mg GAE/L). Aktiviti antioksidan ekstrak adalah berkolerasi secara signifikan dengan jumlah kandungan fenolik. Selain itu, kajian ini juga menunjukkan pelarut metanol merupakan pelarut yang paling efektif untuk mengekstrak kompaun antioksidan dari Garcinia dulcis berbanding dengan pelarut lain. Kandungan fitokimia dan aktiviti antioksidan *Garcinia dulcis* terutamanya produk sampingan (kulit), menandakan buah ini memberi kesan kebaikan kepada kesihatan apabila dimakan dan seharusnya dijadikan sumber antioksidan yang bernilai dalam bidang nutraseutikal.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ABSTRACT

DETERMINATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MUNDU (Garcinia dulcis) AT DIFFERENT MATURITY

The study were conducted to determine the antioxidant activities of methanol, ethanol, hexane and hot water extracts from two different parts (flesh and peel) of mundu fruits (Garcinia dulcis) with two different maturation (ripe and unripe). Garcinia dulcis (family: Guttiferae; local name: mundu) are rare fruits found in Sabah, Malaysia. The flesh and peel from Garcinia dulcis with different maturity were analysed for total antioxidant activity and total phenolic content. The antioxidant activity were evaluated by DPPH (1,1-diphenyl-2-picryllhydrazyl) Radical Scavenging Activity and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP). Garcinia dulcis peel extract showed significantly ($p<0.05$) higher free radical scavenging and ferric reducing activities than flesh extract. Total phenolic content of the samples were in the range of 5.48 – 312.46 mg gallic acid equivalent/L. Garcinia dulcis peel extract for unripe fruits and Garcinia dulcis flesh extract for ripe fruits contained the highest and lowest total phenolic content with the value 312.46 and 5.48 mg gallic acid equivalent/L respectively. The antioxidant activities of extract were significantly correlated with the total phenolic content. Besides, this study also showed that methanol was most effective on the extraction of antioxidant compounds from Garcinia dulcis compared to other solvents. The phytochemicals and antioxidant properties of Garcinia dulcis, especially their by product (peel), indicate that they may impact health benefits when consumed and should be regarded as a valuable source of antioxidant-rich nutraceuticals.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

KANDUNGAN

	Halaman
TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SINGKATAN	xiii
SENARAI SIMBOL	xv
SENARAI LAMPIRAN	xvi
BAB 1: PENDAHULUAN	
BAB 2: SOROTAN LITERATUR	
2.1 Antioksidan	5
2.1.1 Kebaikan Antioksidan Dan Pencegahan Penyakit	6
2.1.2 Radikal Bebas Dan Pengoksidaan	7
2.1.3 Sistem Pertahanan Dan Antioksidan	9
2.1.4 Mekanisma Antioksidan	11
2.2 Ujian Penentuan Aktiviti Antioksidan	13
2.2.1 Aktiviti Mengaut Radikal Bebas (*DPPH Free Radical Scavenging*)	13
2.2.3 Kuasa Antioksidan Penurunan Ferik (*Ferric Reducing Antioksidan Power*)	15
2.3 Fitokimia Tumbuh-Tumbuhan	16
2.3.1 Ujian Penentuan Jumlah Kandungan Fenolik (*Total Phenolic Content*)	17

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2.4 *Garcinia spp.* 17
2.4.1 Pokok 19
2.4.2 Buah dan Biji 19
2.4.3 Bunga 21
2.4.4 Fungsi dan Kegunaan 21
2.4.5 Taburan *Garcinia spp.* 22
2.5 Manggis (*Garcinia mangostana*) 23
2.6 Mundu (*Garcinia dulcis*) 24

BAB 3: METODOLOGI

3.1 Sampel 26
3.2 Bahan Kimia 26
3.3 Penyediaan Sampel 27
3.4 Pengekstrakan 27
3.4.1 Pengekstrakan Metanol 27
3.4.2 Pengekstrakan Etanol 27
3.4.3 Pengekstrakan Air Panas 28
3.4.4 Pengekstrakan Heksana 28
3.5 Ujian Penentuan Kandungan Fenolik (*Total Phenolic Content*) 28
3.6 Ujian Penentuan Aktiviti Antioksidan 29
3.6.1 Aktiviti Mengaut Radikal Bebas (*DPPH Free Radical Scavenging Activity*) 29
3.6.2 Kuasa Antioksidan Penurunan Ferik (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) 29
3.7 Kaedah Statistik 30

BAB 4: HASIL DAN PERBINCANGAN

4.1 Hasil Pengekstrakan 31
4.2 Jumlah Kandungan Fenolik (*Total Phenolic Content*) 34

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

4.3 Aktiviti Antioksidan *Garcinia Dulcis* 36

4.3.1 Aktiviti Mengaut Radikal Bebas (*DPPH Free Radical Scavenging Activity*) 36

4.3.2 Kuasa Antioksidan Penurunan Ferik (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) 42

4.4 Kolerasi Antara Aktiviti Antioksidan Dengan Jumlah Kandungan Fenolik 44

BAB 5: KESIMPULAN DAN CADANGAN

RUJUKAN 48

LAMPIRAN

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI JADUAL

		Halaman
Jadual 2.1	Senarai *Garcinia spp.* di Malaysia	18
Jadual 2.2	Saiz, bentuk, ciri-ciri kulit dan rasa untuk Garcinia dulcis	20
Jadual 4.1	Hasil pengekstrakan (%) *Garcinia dulcis* mengikut kematangan buah, bahagian buah, dan jenis pelarut pengekstrakan.	31
Jadual 4.2	Jumlah kandungan fenolik (mg GAE/L) mengikut kematangan buah, bahagian buah, dan jenis pelarut pengekstrakan.	34
Jadual 4.3	EC_{50} (mg/ml) untuk DPPH mengikut kematangan buah, bahagian buah, dan jenis pelarut pengekstrakan.	38
Jadual 4.4	Kuasa penurunan (µmol Fe^{2+} /L) untuk ujian FRAP mengikut kematangan buah, bahagian buah, dan jenis pelarut pengekstrakan.	43
Jadual 4.5	Kolerasi antara jumlah kandungan fenolik dengan aktiviti antioksidan *Garcinia dulcis.*	44

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI RAJAH

		Halaman
Rajah 2.1	Proses pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS).	8
Rajah 2.2	Struktur DPPH dan tindak balas penurunan oleh antioksidan.	14
Rajah 2.3	Taburan *Garcinia spp.*	22
Rajah 2.4	Buah *Garcinia dulcis.*	24
Rajah 2.5	Bunga *Garcinia dulcis.*	25
Rajah 3.1	Buah *Garcinia dulcis* yang matang (kiri) dan mentah (kanan).	26
Rajah 4.1	Peratus perencatan bahagian isi *Garcinia dulcis* yang matang (kuning) melawan kepekatan pelarut pengekstrakan berdasarkan ujian DPPH. Asid askorbik digunakan sebagai piawai.	39
Rajah 4.2	Peratus perencatan bahagian kulit *Garcinia dulcis* yang matang (kuning) melawan kepekatan pelarut pengekstrakan berdasarkan ujian DPPH. Asid askorbik digunakan sebagai piawai.	39
Rajah 4.3	Peratus perencatan bahagian isi *Garcinia dulcis* yang mentah (hijau) melawan kepekatan pelarut pengekstrakan berdasarkan ujian DPPH. Asid askorbik digunakan sebagai piawai.	40

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Rajah 4.4 Peratus perencatan bahagian kulit *Garcinia dulcis* yang mentah (hijau) melawan kepekatan pelarut pengekstrakan berdasarkan ujian DPPH. Asid askorbik digunakan sebagai piawai. 40

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI SINGKATAN

ROS	Spesies oksigen reaktif
BHA	*Butylated hydroxyanisole*
BHT	*Butylated hydroxytoluene*
LDL	*Low-density lipoprotein*
DNA	*Deoxyribonucleic acid*
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhdrazyl
FRAP	*Ferric Reducing Antioxidant Power*
RNS	Spesies nitrogen reaktif
H_2O_2	Hidrogen peroksida
GSH	Glutathione
THBHQ	*tert-butylhydroquinone*
HAT	*Hydrogen atom transfer*
ET	*Electron transfer*
FCR	*Folin-Ciocalteu reagent*
TEAC	*Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*
ABAP	AAPH, 2,2′-azobis(2amidinopropane)
AMVN	2,2′-azobis(2,4 dimethylvaleronitrile)
ABTS	2,2′-azinobis(3-ethylbenzothiazolline-6-sulfonic acid)
TPTZ	2,4,6-Tris(1-pyridyl)-5-triazine
Fe^{2+}-TPTZ	*Ferrous tripyridyltriazine*
Fe^{3+}-TPTZ	*Ferric tripyridyltriazine*
Fe^{2+}	Ferus

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Fe^{3+}	Ferik
$FeSO_4$	Ferum sulfat
SPSS	*Statistical Package for the Social Sciences*
ANOVA	*Analysis of variance*
HSD	*Honestly Significant Difference*

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI SIMBOL

□C	Darjah celcius
%	Peratus
g	Gram
ml	Mililiter
M	Molariti
v/v	*Volume per volume*
rpm	*Revolution per minute*
mg GAE/L	Milligram of gallic acid equivalents in 1L of sampel
mg Fe^{2+}/L	Milligram of ferus equivalents in 1L of sampel
µl	Mikroliter
mM	Milimol
nm	Nanometer
µM	Mikromol
mg/ml	Milligram per mililiter
R^2	Regresi

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran A	Hasil pengekstrakan	63
Lampiran B	Ujian Penentuan Kandungan Fenolik (*Total Phenolic Content*)	67
Lampiran C	Aktiviti Mengaut Radikal Bebas (*DPPH Free Radical Scavenging Activity*)	71
Lampiran D	Ujian Kuasa Antioksidan Penurunan Ferik (*Ferric Reducing Antioxidant Power*)	75
Lampiran E	Kolerasi Antara Aktiviti Antioksidan Dengan Jumlah Kandungan Fenolik	79
Lampiran F	Graf Piawai $FeSO^4$	80
Lampiran G	Graf Piawai Asid Galik	81

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BAB 1

PENGENALAN

Antioksidan merupakan molekul yang dapat meneutralkan radikal bebas dengan menerima atau menderma elektron untuk menghapuskan keadaan tidak berpasangan radikal bebas ini. Antioksidan dapat berfungsi pada kepekatan yang rendah dan melindungi bahan kimia yang terdapat dalam badan kita daripada kerosakan pengoksidaan melalui tindak balas dengan radikal bebas, terutamanya spesies oksigen reaktif (ROS) di mana ia merupakan produk sampingan yang paling berbahaya dalam persekitaran aerobik (Velioglu *et al.*, 1998). Radikal bebas ini dihasilkan sama ada secara endogenus melalui rantaian respiratori dan enzim-enzim oksidatif atau secara eksogenus seperti pencemaran udara, merokok dan toksin. Radikal ini dipercayai boleh menyebabkan kemusnahan asid nukleik dan membran serta menyebabkan penyakit-penyakit seperti katarak, kanser, gout, penuaan, diabetes, Parkinson, Alzhemeir dan lain-lain (Aruoma dan Halliwell, 1998).

Antioksidan mempunyai dua kategori asas, iaitu sintetik dan semula jadi. Secara umumnya, antioksidan sintetik terdiri daripada struktur fenolik dengan pelbagai darjah penggantian alkil manakala antioksidan semula jadi merupakan sebatian fenolik (tokoferol, flavanoid and asid fenolik), sebatian nitrogen (alkaloid, derivatif klorofil, asid amino dan amina), karotenoid atau asid askorbik. Antioksidan sintetik seperti *butylated hydroxyanisole* (BHA) dan *butylated hydroxytoluene* (BHT) telah digunakan sebagai antioksidan pada awal zaman (Velioglu *et al.*, 1998). Namun begitu, terdapat sekatan terhadap penggunaannya yang disebabkan oleh sifat toksik dan kekarsinogenan. Oleh itu, minat terhadap antioksidan semula jadi semakin meningkat (Rechner *et al.*, 2002).

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Beberapa antioksidan semula jadi terutamanya flavanoid memberikan pelbagai kesan biologi, termasuk antibakteria, antivirus, antialahan, anti-keradangan dan antitrombosis (Cook dan Samman, 1996). Ini dapat dibuktikan melalui peranan buah-buahan dan sayur-sayuran dalam permakanan bagi mengekalkan kesihatan dan pencegahan penyakit (Aruoma, 1994). Buah-buahan dan sayur-sayuran telah dikaitkan dengan pencegahan pelbagai penyakit seperti kanser and penyakit kardiovaskular (Liu, 2003). Kajian lepas terhadap kanser adalah fokus kepada pengambilan antioksidan semasa kemoterapi dan didapati bahawa pengambilan antioksidan mengakibatkan kadar kemandirian yang tinggi, tindak balas tumor yang tinggi, kekurangan ketoksikan dan kemujaraban kemoterapi meningkat (Block *et al.*, 2007). Antioksidan boleh menyekat atau melambatkan pengoksidaan substrat yang berkebolehan mengoksida dalam tindak balas rantai dan ini adalah menjadi sangat penting dalam pencegahan pelbagai penyakit (Halliwell dan Gutteridge, 1999). Kewujudan pelbagai fitokimia seperti fenolik, karotenoid, tokofenol, tiol, dan anthosianin dikatakan dapat memberikan kesan kemopreventif (Dragsted *et al.*, 1993) dan kardioprotektif (Vita, 2005) serta melindungi badan manusia daripada kerosakan oleh radikal bebas (Halliwell, 1994).

Dalam pada itu, kebanyakan kajian juga fokus kepada dietari antioxidan seperti asid askorbik, α-tokofenol, karotenoid (Carr dan Frei, 2000; Marchioli, 1999; Rao dan Agarwal, 1999), flavonoid dan sebatian fenolik (Rice-Evans *et al.*, 1997). Pengambilan buah-buahan dan sayur-sayuran yang kaya dengan karotenoid dapat mengurangkan pengoksidaan LDL dan dilaporkan bahawa kepekatan tinggi kandungan karotenoid darah menyumbang kepada risiko kerosakan pengoksidaan DNA yang lebih rendah (Southon, 2000). Pengambilan jus buah-buahan yang kaya dengan fenolik dan pengambilan ekstrak buah-buahan atau sayur-sayuran oleh golongan tua pula dilaporkan dapat memperbaiki sistem pengimunan dan mempertahankan keimunomanpuan untuk tempoh yang lama serta mengurangkan penyakit yang selalu dikaitan dengan golongan tua (Bub *et al.*, 2003; Inserra *et al.*, 1999).

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Potensi buah-buahan yang mempunyai sifat pencegahan penyakit dan terapi penyakit tanpa membawa sebarang kesan sampingan telah mendorong kepada penyelidikan terhadap buah-buahan asli. Kebanyakan buah-buahan asli masih lagi tumbuh liar dan boleh didapati pada kebanyakan tempat di Borneo seperti Sabah dan Sarawak, Malaysia. Kajian sebelum ini menunjukkan bahawa buah-buahan asli, iaitu bambangan (*Mangifera pajang*) dan tarap (*Artocarpus odoratissimus*) merupakan sumber yang kaya dengan antioxidan di mana mempunyai kandungan fenolik dan flavanoid yang tinggi (Abu Bakar *et al.*, 2009). Empat jenis variasi buah salak (*Salacca zalacca*) yang ditanam di Sabah pula menunjukkan potensi antioksidan yang tinggi dengan kandungan fitokimia yang agak tinggi (Aralas *et al.*, 2009).

Garcinia dulcis atau lebih dikenali sebagai mundu dipilih dalam kajian ini kerana buah mundu boleh didapati dalam kuantiti yang banyak pada musim berbuah. Selain itu, terdapat kekurangan data saintifik seperti kandungan dan aktiviti antioksidan berkenaan dengan buah ini. *Garcinia dulcis* merupakan sejenis spesies buah dalam keluarga *Guttiferae* bersama manggis dan boleh didapati di bahagian Asia Tenggara seperti Jawa, Kalimantan (Indonesia) dan Borneo. Buah ini telah ditanam di negara-negara lain seperti Filipina dan Thailand. Isi buah boleh dimakan dengan rasanya manis kemasaman dan buah ini juga boleh diproses menjadi jem. Untuk menggunakan sepenuhnya buah-buahan tempatan ini dalam pembangunan produk makanan yang dapat mendatangkan manfaat kepada kesihatan, kajian akan dilakukan pada kandungan fitokimia dan aktiviti antioksidan terhadap buah mundu yang boleh didapati di Borneo terutamanya di Sabah dan Sarawak. Sekiranya buah mundu (isi dan kulit) menunjukkan potensi untuk menjaga kesihatan apabila dimakan, buah ini patut dikomersialkan dan diperluaskan penggunaannya. Selain itu, maklumat saintifik berkenaan dengan tahap kompaun antioksidan bagi kematangan buah yang berlainan masih lagi terhad. Oleh itu, objektif kajian ini ialah:

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

i. Untuk mengkaji keberkesanan pelarut yang berbeza terhadap pengekstrakan polifenol.

ii. Untuk menentukan jumlah kandungan fenolik untuk buah mundu (*Garcinia dulcis*) pada buah mentah dan buah matang.

iii. Untuk menentukan aktiviti antioksidan untuk buah mundu (*Garcinia dulcis*) melalui penentuan Aktiviti Mengaut Radikal Bebas (DPPH) dan Kuasa Antioksidan Penurunan Ferik (FRAP) pada buah mentah dan buah matang.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BAB2

SOROTAN LITERATUR

2.1 Antioksidan

Proses pengoksidaan melibatkan pemindahan elektron dari satu atom kepada atom yang lain. Molekul yang dihilangkan satu elektron dikatakan telah dioksidakan. Radikal bebas dihasilkan apabila proses pengoksidaan berlaku dalam badan manusia. Antioksidan merupakan substrak sintetik atau substrak semulajadi yang dapat mengelakkan kesan kerosakan oleh pengoksidaan dalam tisu badan. Antioksidan boleh ditambahkan ke dalam makanan untuk menghalang atau melambatkan kerosakan makanan yang disebabkan oleh tindak balas oksigen dari persekitaran. Dalam bidang biokimia pula, antioksidan adalah enzim atau substrak organik yang lain seperti vitamin E dan β-karoten.

Permakanan yang mengandungi antioksidan permakanan bertujuan untuk menguraikan oksigen reaktif/spesies nitrogen (ROS/RNS) supaya tindak balas radikal direncatkan. ROS dan RNS terdapat pada sistem biologi daripada pelbagai sumber. Radikal bebas ini akan mengoksidakan asid nucleik, protein, lipid atau DNA. Kandungan antioksidan seperti asid fenolik polifenol dan flavonoid berkebolehan untuk merencatkan radikal bebas seperti peroksida, hidroperoksida atau lipid peroksil dan seterusnya menghalang mekanisma pengoksidaan yang menyebabkan pelbagai penyakit (Prakash, 2001).

Kebanyakan kandungan antioksidan tergolong kepada beberapa kelas dengan pelbagai ciri fizikal dan kimia yang berbeza. Sesetengah kandungan seperti galat mempunyai tindakan activiti antioksidan yang kuat, manakala monofenol merupakan antioksidan lemah. Pengambilan antioksidan semula jadi iaitu fitokimia telah dilaporkan mempunyai potensi menjaga kesihatan (Tachakittirungrod *et al.*,

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2007). Antioksidan dapat melindungi manusia dengan merencatkan aktiviti spesies terbitan oksigen sama ada dengan menggunakan pemangkin protein atau tindak balas kimia secara langsung bagi mengurangkan pembentukan spesies terbitan oksigen. Antioksidan turut berpotensi untuk memperbaiki sel atau menghapuskan sel yang menghadapi kerosakan teruk serta mengantinya dengan sel baru (Halliwell, 1996). Othman *et al.* (2007) dan Chatterjee *et al.* (2007) melaporkan bahawa komponen antioksidan yang hadir dalam permakanan bertujuan untuk melambatkan atau menghalang pengoksidaan lipid dengan menghalang permulaan atau perambatan tindak balas rantai pengoksidaan serta terlibat dalam penguraian radikal bebas.

2.1.1 Kebaikan Antioksidan Dan Pencegahan Penyakit

Pelbagai kajian telah melaporkan wujud korelasi negatif antara pengambilan buah-buahan dan sayur-sayuran dengan pelbagai penyakit seperti keradangan, penyakit kardiovaskular, kanser dan masalah penuaan (Willer, 2001). Sumber utama antioksidan semula jadi adalah seperti bijiran, buah-buahan dan sayur-sayuran. Antioksidan dari sumber tumbuh-tumbuhan seperti Vitamin C, Vitamin E, karotena, asid fenolik, fitat dan fitoekstrogen telah dibuktikan mempunyai potensi untuk mengurangkan risiko penyakit yang berkaitan dengan pengoksidaan (Kaur dan Kapoor, 2001).

Pelbagai jenis antioksidan dengan fungsi yang berlainan memainkan peranan yang penting dalam sistem pertahanan manusia dengan mekanisma yang berlainan. Antioksidan preventif bertindak pada barisan pertahanan pertama dengan merencatkan pembentukan radikal bebas dan ROS. Antioksidan yang merencatkan radikal pula bertanggungjawab pada barisan pertahanan kedua. Enzim antioksidan seperti fosfolipid, protease, dan transferase bertindak sebagai barisan pertahanan ketiga (Papas, 1993).

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2.1.2 Radikal Bebas Dan Pengoksidaan

Radikal bebas adalah sebarang atom yang mempunyai sekurang-kurangnya satu elektron tak berpasangan (Gutteridge dan Mitchell, 1999). Elektron tidak berpasangan ini adalah sangat reaktif apabila berhampiran dengan pelbagai molekul seperti lipid, protein, dan karbohidrat dimana akan menyebabkan kerosakan sel (Kuhn, 2003). Radikal bebas juga boleh dihasilkan oleh sel-sel untuk mekanisma perlindungan. Neutrofil menghasilkan radikal bebas untuk menyerang dan menghapuskan patogen manakala hati menggunakan radikal bebas untuk tujuan penyahtoksikan (Lunec *et al.*, 2002). Walaubagaimanapun, radikal bebas dalam badan juga menyumbang kepada pelbagai penyakit seperti penyakit jantung, tekanan darah tinggi, kegagalan jantung kongestif, penyakit serebrovaskular, dan komplikasi diabetes (Chen *et al.*, 2002).

Sebarang radikal bebas yang melibatkan oksigen akan dipanggil sebagai spesies oksigen reaktif (ROS) (McDermott, 2000). Spesies oksigen reaktif (ROS) merupakan radikal bebas yang hadir dalam pelbagai bentuk seperti superoksida ($O_2^{\cdot -}$), peroksil ($ROO^{\cdot}$), alkoksil ($RO^{\cdot}$), hidroksil ($OH^{\cdot}$), dan nitrik oksida ($NO^{\cdot}$) (Pietta, 2000; Gulcin *et al.*, 2002). Radikal bebas juga boleh berpunca dari sumber lain seperti asap rokok, pencemaran udara, cahaya ultra-ungu dan sinaran pengionan. Radikal bebas ini mengakibatkan penuaan dan kesan kerut serta mengakibatkan penyakit kanser atau penyakit kronik yang lain. Molekul berbahaya ini menjadi punca utama kepada kerosakan sel dan proses penuaan (Lai *et al.*, 2001). Oleh itu, kepentingan kewujudan radikal bebas telah mendapat perhatian daripada orang ramai sejak dulu lama.

Selain itu, punca luaran ROS termasuklah asap tembakau, agen pencemaran, pelarut organik, dan pesticides (Robinson *et al.*, 1997). ROS boleh menyebabkan pengoksidaan lipid dalam makanan yang akan membawa kepada kerosakan makanan (Miller *et al.*, 1995; Sasaki *et al.*, 1996). Tambahan lagi, ROS mencetuskan sesetengah kerosakan kepada biomolekul seperti lipid, asid nukleik, protein dan karbohidrat yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antara ROS dan mekanisma pertahanan antioksidan. Ini boleh menyebabkan pengubahsuaian bagi

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

RUJUKAN

Abdullah, N.A.P. 2006. Comparative molecular and morphology studies in Malaysia *Garcinia L.* (*Clusiaceae*). Ph.D. Thesis. University Putra Malaysia.

Abu Bakar, M.F., Mohamed, M., Rahmat, A. and Fry, J. 2009. Phytochemicals and antioxidant activity of different parts of bambangan (*Mangisfera panjang*) and tarap (*Artocarpus odoratissimus*). *Journal of Food Chemistry*. **113**:479-483.

Alho, H. and Leinonen, J. 1999. Total antioxidant activity measured by chemiluminescence method. *Methods in Enzymology*. **299**:3-15.

Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A. 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*. **115**(3):785-788.

Amarowicz, R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B. and Weil, J.A. 2004. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*. **84**:551-562.

Antolovich, M., Prenzler, P., Robards, K. and Ryan, D. 2000. Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. *Analyst* . **125**:989-1009.

Anwar, F., Jamil, A., Iqbal, S. and Sheikh, M.A. 2006. Antioxidant activity of various plant extracts under ambient and accelerated storage of sunflower oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **57**:189-197.

Apak, R., Guclu, K., Ozyurek, M. and Celik, S.E. 2008. Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. *Microchimica Acta*. **160**:413.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Bourdeaut, J. and Moreuil, C. 1970. The mangosteen cropping opportunity in Ivory Coast and Madagascar. Fruit Overseas. **25**:223-45.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology.* **28**:25.

Bub, A., Watzl, B., Blockhaus, M., Briviba, K., Liegibel, U., Muller, H., Pool-Zobel, B. L. and Rechkemmer, G. 2003. Fruit juice consumption modulates antioxidative status and immune status and DNA damage. *Journal of Nutritional Biochemistry.* **14**:90-8.

Burkill, I.H. 1966. *A dictionary of the economic products of the Malay Peninsular.* Kuala Lumpur: Ministry of Agriculture and Cooperative.

Carr, A. and Frei, B. 2000. The role of natural antioxidants in preserving the biological activity of endothelium-derived nitric oxide. *Free Radical Biology and Medicine.* **28**(12):1806-1814.

Chanwitheesuk, A., Teerawutgulrag, A. and Rakariyatham, N. 2005. Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. *Food Chemistry.* **92**:491-497.

Chatha, S.A.S., Anwar, F., Manzoor, M. and Bajwa, J.R. 2006. Evaluation of the antioxidant activity of rice bran extracts using different antioxidant assays. *International Journal of Fats and Oils.* **57**:328-335.

Chatterjee, S., Niaz, Z., Gautam, S., Adhikari, K.S., Variyar, S.P. and Sharma, A. 2007. Antioxidant activity of some phenolic constituents from green pepper (*Piper nigrum L.*) and fresh nutmeg mace (*Myristica fragrans*). *Journal of Food Chemistry.* **101**:515-523.

Chen, J., He, J., Hamm, L., Vatuman, V. and Whelton, P.K. 2002. Serum antioxidant vitamins and blood pressure in the United States population. *Hypertension.* **40**:810-6.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Cheung, L.M., Peter, C.K. and Vincent, E.C. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chemistry*. **81**:249–255.

Choi, J. S., Kim, J. K., Noh, J. H., Lee, S., Suh, H., Chung, H. Y., Song, Y. O. and Choi, W. C. 2002. The first total synthesis of 2,3,6-tribromo-4,5-dihydroxybenzyl methyl ether (TDB) and its antioxidant activity. *Bulletin of the Korean Chemical Society*. **23**(5): 661-662.

Chopra, R N., Nayar, S.L., Chopra, I.C. 1956. *Glossary of Indian Medicinal Plants*. Nueva Delhi: The National Institute of Science Communication and Information Resources. pp. 123.

Cook, N.C. and Samman, S. 1996. Flavonoids-chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *Journal of Nutritional Biochemistry*. **7**(2): 66-76.

Dagar, J.C. and N.T. Singh. 1999. *Plant resources of the Andaman and Nicobar Islands*. ISBN 81-211-0165-4.

Davies, K.J.A., Sevanian, A., Muakkassah-Kelly, S.F. and Hochstein, P. 1986. Uric acid-iron complexes: a new aspect of the antioxidant functions of uric acid. *Biochemical Journal*. **235**:747-754.

Deachathai, S. 2005. *Phenolic Compounds from the Fruit of Garcinia dulcis*. *Phytochemistry*, in Press.

Dragsted, L.O., Strube, M. and Larsen, J.C. 1993. Cancer-protective factors in fruits and vegetables: biochemical and biological background. *Pharmacology and Toxicology*. **72**:116-135.

Droge, W. 2002. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*. **82**:47-95.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Duh, P.D. 1998. Antioxidant activity of burdock (*Arctium lappa* Linne): its scavenging effect on free radical and active oxygen. *Journal of the American Oil Chemist's Society.* **75**:455–465.

El-Habit, O.H., Saada, H.N. and Azab, K.S. 2000. The modifying effect of b-catotene on gamma radiation-induced elevation of oxidative reactions and genotoxicity in male rats. *Mutation Research.* **466**:179–186.

Ezeifeka, G.O, Orji, M. U., Mbata, T.I. and Patrick, A.O. 2004. Antimicrobiual activities of *Cajanus cajan, Garcinia kola* and *Xylopia aethiopica* on pathogenic microorganisms. *Biotechnology.* **3**(1):41-43.

Foyer, C.H. and Halliwell, C. 1976. The presence of glutathione reductase in chloroplasts: a proposed role in ascorbic acid metabolism. *Planta.* **133**:21-25.

Gancel, A.L., Alter, P., Dhuique-Mayer, C., Rualesand, J. and Vaillant, F. 2008. Identifying carotenoids and phenolic compounds in Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam. var. Puyo hybrid), an Andean fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **56**:11890-11899.

Garnett, M. And Sturton, S.D. 1932. *Garcinia Mangostana* in the treatment of amoebic dysentery. *The Journal of Chinese Medicine and Traditional Chinese Medicine.* 969–973.

Gil, M.I., Tomas-Barberan, F.A., Hess-Pierce, B. and Kader, A.A. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids and vitamin C contents of nectarine, peach and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **50**:4976-4982.

Gulcin, I., Oktay, M., and Aslan, A. 2002. Determination of antioxidant activity of lichen *Cetraria islandica* (L) Ach. *Journal of Ethnopharmacology.* **79**(3):325-329.

Guo, C.J., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J. and Jiang, Y. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research.* **23**:1719-1726.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Gutteridge, J.M.C. and Mitchell, J. 1999. Redox imbalance in the critically ill. *British Medical Bulletin*. **55**(1):49-75.

Halliwell, B. 1994. Free radicals and antioxidants: a personal view. *Nutrition reviews*. **52**:253-265.

Halliwell, B. 1996. Antioxidants. *In* Ziegler, E. and Filer, L.J. (eds.) *Present Knowledge in Nutrition*. (7th edition), pp. 596–603. Washington: International Life Sciences Institute Press.

Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. 1999. *Free radicals in biology and medicine*. (3rd editition). Oxford: Oxford University Press. pp. 721–761.

Harborne, J. B. 1995. Plant polyphenols and their role in plant defence mechanisms. *In* Anon (eds). *Polyphenols,* pp. 19–26. Paris: INRA.

Hertog, M. G. L., Feskens, E. J. M., Hollman, P. C. H., Katan, M. B. and Kromhout, D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zupthen elderly study. *Lancet* . **342**:1007–1014.

Hossain, M.A. and Shah, M.D. 2011. A study on the total phenols content and antioxidant activity of essential oil and different solvent extracts of endemic plant *Merremia borneensis*. *Arabian Journal of Chemistry*. **2**:20-27.

Huang, D., Ou, B. and Prior, R.L. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **53**(6):1841-56.

Ibanez, E., Kubatova, A., Senorans, F.J., Cavero, S., Reglero, G. and Hawthorne, S.B. 2003. Subcritical water extraction of antioxidant compounds from rosemary plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **51**:375-382.

Inserra, P. F., Jiang, S., Solkoff, D., Lee, J., Zhang, Z., Xu, M., Hesslink, R. J., Wise, J. and Watson, R. R. 1999. Immune function in elderly smokers and non-smokers improves during supplementation with fruit and vegetable extracts. *Integrative Medicine*. **21**:3-10.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Jang, I.C., Jo, E.K. and Bae, M.S. 2010. Antioxidant and antigenotoxic activities of different parts of persimmon (*Diospyros kaki cv.* Fuyu) fruit. *Journal of Medicinal Plants Research.* **4**:155–160.

Jones, S. 1980. *Morphology and major taxonomy of Guttiferea.* Ph.D. Thesis. University of Leicester.

Kaur, C.H.C. and Kapoor, H.C. 2001. Review: Antioxidants in fruits and vegetables-the millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology.* **36**:703-725.

Kendler, B.S. 1995. Free radicals in health and disease: implications for primary health care providers. *Nurse Practitioners.* **20**(7):29-34.

Kerr, M.E., Bender, C.M. and Monti, E.J. 1996. An introduction to oxygen free radicals. *Heart Lung.* **25**(3):200-8.

Kitagawa, I., Mahud, T., Yokota, K-I., Nakagawa, S., Mayumi, T., Kobayashi, M. and Shibuya, H. 1996. Indonesian medicinal plants. XVII. Characterization of quassinoids from the stems of *Quiassia indica. Chemical and Pharmaceutical Bulletin.* **44**:2009-2014.

Kohen, R. and Nyska, A. 2002. Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicologic pathology.* **30**(6):620-50.

Krupa, D., Nakkeeran, E., Kumaresan, N., Vijayalakshmi, G. and Subramanian, R. 2010. Extraction, purification and concentration of partially saturated canthaxanthin from Aspergillus carbonarius. *Bioresource Technology.* **101**:7598-7604.

Kubo, I., Muroi, H. and Himejima, M. 1995. Antibacterial activity of totarol and its potentiation. *Journal of Natural Products.* **55**:1436-1440.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Kubola, J. and Siriamornpun, S. 2008. Phenolic contents and antioxidant activities of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. *Food Chemistry*. **110**:881–890.

Kuhn, M.A. 2003. Oxygen free radicals & antioxidants. *America Jornal of Nursing*. **103**(4):58-62.

Kumar, P., Krishnaiah, D. and Bono, A. 2008. Selection of optimum process, solvent and drying method for extraction of antioxidants. *Jurnal Teknologi*. **48**:85-98.

Lai, L.S., Chou, S.T. and Chao, W.W. 2001. Studies on the antioxidative activities of Hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl) leaf gum. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. **49**:963-968.

Lee, A., Thurman, D.I. and Chopra, M. 2000. Consumption of tomato products with olive oil but not sunflower oil increases the antioxidant activity of plasma. *Free Radical Biology and Medicine*. **29**(10):1051–1055.

Li-Chen, W.H.W., Yun-Chen, C., Chih-Chung, C., Yu-In, L. and Ja-an, A.H. 2006. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*. **95**:319-327.

Lim, M., Hemapat, T., Wanachit, W. and Suwankiri, P. 1983. Survey and collection of *Lansium* and *Garcinia* in southern Thailand. *IBPGR News-letter*. **10**:10-12.

Lim, Y.Y. and Murtijaya, J. 2007. Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. *LWT-Food Science and Technology*. **40**:1664-1669.

Lim, Y.Y. and Quah, E.P. L. 2007. Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. *Food Chemistry*. **103**:734-740.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SAB

Liu, R.H. 2003. Health benefits of fruits and vegetables are from additive and synergistic combination of phytochemicals. *American Journal of Clinical Nutrition*. **78**:517-520.

Lunec, J., Holloway, K.A., Cooke, M.S., Faux, S., Griffiths, H.R. and Evans, M.D. 2002. Urinary 8-OXO-2-deoxyguanosine: redox regulation of DNA repair in vivo. *Free Radical Biology Medicine*. **33**(7):875-85.

Magalhaes, L.M., Segundo, M.A., Reis, S. and Lima, J.L.F.C. 2008. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Analytica Chimica Acta*. **613**:1.

Mahabusarakum, W., Wirijachtra, P. and Taylor, W. 1987. Chemical constituents of *Garcinia mangostana*. *Journal of Natural Products*. **50**:474-478.

Mahattanatawee, K.M., John, A., Luzio, G., Talcott, S.T., Goodner, K. and Baldwin, E.A. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **54**:7355-7363.

Maheswari, J.K. 1964. Taxonomic studies on Indian Guttiferae III. The Genus *Garcinia Linn*. *Bulletin botanical survey*. **6**(24):107-135.

Marchioli, R. 1999. Antioxidant vitamins and preventation of cardiovascular disease: laboratory, epidemiological and clinical trial. *Pharmacological Research*. **40**(3):227-238.

Markowicz Bastos, D. H., Saldanha, L. A., Catharino, R. R., Sawaya, A. C. H. F., Cunha, I. B. S. and Carvalho, P. O. 2007. Phenolic antioxidants identified by ESI-MS from Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) and green tea (*Camelia sinensis*) extracts. *Molecules* .**12**:423–432.

McCord, J.M. and Fridovich, I. 1969. Superoxide dismutase. *Journal of Biological Chemistry*. **224**:6049-6055.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

McDermott, J.H. 2000. Antioxidant nutrients: current dietary recommendations and research update. *Journal of the American Pharmaceutical Association.* **40**(6):785-99.

McDonald-Wicks, L.K., Wood, L.G. and Gang, M.L. 2006. Methodology for the determination of biological antioxidant capacity in vitro: a review. *Journal of the Science of Food and Agricultural.* **86**(13):2046.

Miller, J.D. 1995. Fungi and mycotoxins in grain: implication for stored product research. *Journal of Stored Products.* **31**:1-16.

Morton, J.F. 1987. *Fruits of warm climates.* Miami: The Florida Associated Press.

Naczk, M. and Shahidi, F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical & Biomedical Analysis.* **41**:1523- 1542.

Niemeyer, H.B. and Metzler, M. 2003. Differences in the antioxidant activity of plant and mammalian lignans. *Journal of Food Enginerring.* **56**:255–256.

Osman, M. and Milan, A.R. 2006. *Mangosteen: Garcinia mangostana L.*: Southampton: University of Southampton.

Othman, A., Ismail, A., Ghani, N.A. and Adenan, I. 2007. Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. *Food Chemistry.* **100**:1523-1530.

Ou, B., Huang, D., Woodill-Hampsch, M., Flanagan, J. A., Deemer, E. K., Prior, R. L. and Huang, D. 2002. Novel fluorometric assay for hydroxyl radical prevention capacity using fluorescein as the probe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **50**:2772.

Oufnac, D.S., Xu, Z., Sun, T., Sabliov, C., Prinyawiwatkul, W. and Godber, J.S. 2007. Extraction of antioxidants from wheat bran using conventional solvent and microwave-assisted methods. *Cereal Chemistry.* **84**:125–129.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Ozcelik, B., Lee, J.H. and Min, D.B. 2003. Effects of light, oxygen, and pH on the absorbance of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). *Journal of Food Science.* **68**(2):487.

Ozgen, M., Reese, R.N., Tulio, A.Z., Scheerens, J. C. and Miller, R. 2006. Modified ABTS method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and DPPH methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **54**:1151.

Papas, A.M. 1993. Determination of antioxidant status in human. *Chemistry and Materials Science.* **31**(1):77-82.

Peres, M.T.L.P., Monache, F.D., Cruz, A.B., Pizzolatti, M.G. and Yunes, R.A. 1997. Chemical composition and antimicrobial activity of *Croton urucurana* Baillon (*Euphorbiaceae*). *Journal of Ethnopharmacology.* **56**:233-226.

Pierce, S.C. 2003. *A Thai herbal.* Scotland: Findhorn press. pp. 118.

Pietta, P.G. 2000. Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products.* **63**: 1035-1042.

Pizzichini, M., Fonzi, M., Sugherini, L., Fonzi, L., Gasparoni, A., Comporti, M. and Pompella, A. 2002. Release of mercury from dental amalgam and its influence on salivary antioxidant activity. *Science of the Total Environment.* **284**:19–25.

Prior, R.L. and Cao, G. 1999. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. *Free Radical Biology and Medicine.* **27**(11):1173-1181.

Prior, R.L., Lazarus, S.A., Cao, G., Muccitelli, H. and Hammerstone, J.F. 2001. Identification of procyanidins and anthocyanins in blueberries and cranberries (*Vaccinium spp.*) using highperformance liquid chromatography/mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **49**:1270-1276.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Ramos, L., Kristenson, E.M. and Brinkman, U.A. 2002. Current use of Pressurized Liquid Extraction and Subcritical Water Extraction in Environmental Analysis. Journal of *Chromatography A.* **975**:3-29.

Rao, A.V. and Agarwal, S. 1999. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: A review. *Nutrition Research.* **19**(2):305-323.

Rao, K.V., Sreeramulu, K., Gunasekar, D. and Ramesh, D. 1993. Two new sesquiterpene lactones from *Ceiba pentandra. Journal of Natural Products.* **56**:2041-2045.

Rechner, A.R., Kuhnle, G., Bremner, P., Hubbard, G.P., Moore, K.P. and Rice-Evans, C.A. 2002. The metabolic fate of dietary polyphenols in humans. *Free Radical Biology and Medicine.* **33**:220-235.

Rice-Evans, C.A., Miller, N.J. and Paganga, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science.* **2**:152–159.

Richards, A.J. 1990. Studies in *Garcinia*, dioecious tropical forest trees: agamospermy. *Botanical Journal of the Linnean Society.* **103**:233-250.

Rimbach, G., Fuchs, J. and Packer, L. 2005. Application of nutrigenomics tools to analyze the role of oxidants and antioxidants in gene expression. *In* Rimbach, G., Fuchs, J. and Packer, L. (eds.) *Nutrigenomics*, pp. 1-12. Florida: Taylor and Francis Boca Raton Publishers.

Robinson, M.K., Rustum, R.R., Chambers, E.A., Rounds, J.D., Wilmore, D.W. and Jacobs, D.O. 1997. Starvation enhances hepatic free radical release following endotoxemia. *Journal of Surgical Research.* **69**:325–330.

Rovio, S., Hartonen, K., Holm, Y., Hiltunen, R. and Riekkola, M.L. 1999. Extraction of clove using pressurized hot water. *Flavour and Fragrance Journal.* **14**:399-404.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Sancho, G.G., Laura, E., Yahia, E.M., Martinez-Tellez, M.A. and Gonzalez-Aguilar, G.A. 2010. Effect of Maturity Stage of Papaya Maradol on Physiological and Biochemical Parameters. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences.* **5**(2):194-203.

Sato, M., Fujiwara, S., Tsuchiya, H., Fuji, T., Linuma, M., Tosa, H. and Ohkawa, Y. 1996. Flavones with antibacterial activity against carcinogenic bacteria. *Journal of Ethnopharmacology.* **54**:171-176.

Scheibmeir, H.D., Christensen, K., Whitaker, S.H., Jegaethesan, J., Clancy, R. and Pierce, D. 2005. A review of free radical and antioxidants for critical care nurses. *Intensive and Critical Care Nursing.* **21**:24-28.

Shahidi, F. and Naczk, M. 2004. *Phenolics in Food and Nutraceuticals.* Boca Raton: CRC Press.

Shahidi, F., Janitha, P.K. and Wanasundara, P.D. 1992. Phenolic antioxidants. *Critical Reviews of Food Science and Nutrition.* **32**(1):67–103.

Siddhuraju, P. and Becker, K. 2003. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agro-climatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera Lam.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **15**:2144–2155.

Sommers, C.H., Fan, X., Handel, P. and Sokorai, K.B. 2003. Effect of citric acid on the radiation resistance of Listeria monocytogenes and frankfurter quality factors. *Meat Science.* **63**:407–415.

Soong, Y.Y. and Barlow, P.J. 2004. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chemistry.* **88**:411-417.

Southon, S. 2000. Increased fruit and vegetable consumption within the EU: potential health benefits. *Journal of Food Research International.* **33**:211-217.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Suksamrarn, S., Suwannapoch, N., Phakhodee, W., Thanuhiranlert, J., Ratananukul, P., Chimnoi, N., and Suksamrarn, A. 2003. Antimycobacterial activity of prenylated xanthones from the fruits of mangosteen. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. **51**(7):857-9.

Sultana, B., Anwar, F. and Ashraf, M. 2009. Effect of Extraction Solvent/Technique on the Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plant Extracts. *Molecules*. **14**:2167-2180.

Sun, T., Xu, Z., Godber, J.S. and Prinyawiwatkul, W. 2006. Capabilities of oat extracts in inhibiting cholesterol and long chain fatty acid oxidation during heating. *Cereal Chemistry*. **83**:451-454.

Tachakittirungrod, S., Okonogi, S., Chowwanapoonpohn, S. 2007. Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: Mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. Food Chemistry. **103**(2):381-388.

Taylor, R.S., Edel, L.F., Manandhar, N.P. and Towers, G.H.N. 1996. Antimicrobial activities of southern Nepalese medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*. **50**:97-102.

Te-chato, S. 1997. Isolation and culture of protoplast of somkhag (*Garcinia atroviridis Griff.*) to micro-colony. *Songklanakarin Journal of Science Technology*. **19**:255-262.

Thitilertdecha, N., Teerawutgulrag, A. and Rakariyatham, N. 2008. Antioxidant and antibacterial activities of *Nephelium lappaceum* L. extracts. *LWT-Food Science and Technology*. **41**:2029-2035.

Tsai, P., McIntosh, J., Pearce, P., Camden, B. and Jordan, B.R. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle (*Hibiscus Sabdariffa L.*) extract. *Food Research International*. **35**:351–356.

Usenik, V., Fabcic, J. and Stampar, F. 2008. Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*. **107**:185-192.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Utami, N. and Sari, R. 2009. Mundu: *Garcinia xanthochymus* Hook.f. or *G. dulcis* (Roxb.) Kurz. *Berita Biologi*. **9**(6):739-744.

Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B. D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **46**:4113-4117.

Vijaya, A., Ananthan, S. and Nalini, R. 1995. Antibacterial effect of theaflavin, polyphenin 60 (*Camellia sinensis*) and *Euphorbia hirta* on *Shigella* spp. – a cell culture study. *Journal of Ethnopharmacology*. **49**:115-118.

Vita, J. A. 2005. Polyphenols and cardiovascular disease: effect on endhothelial and platelet function. *American Journal of Clinical Nutrition*. **81**:292-297.

Wang, H., Gao, X.G., Zhou, G.C., Cai, L. and Yao, W.B. 2008. *In vitro* and *in vivo* antioxidant activity of aqueous extract from *Choerospondias axillaris* fruit. *Food Chemistry*. **106**:888-895.

Wang, S.Y., Chen, C.T. and Wang, C.Y. 2009. The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries. *Food Chemistry*. **112**:676–684.

Wilson, J.N., Pierce, J.D., Clancy, R.L. 2001. Reactive oxygen species in acute respiratory distress syndrome. *Heart Lung*. **30**:370-5.

Withmore, T.C. 1973. *Guttiferae. Tree flora of Malaya.* London: Longman.

Wolfe, K. and Liu, R.H. 2002. Apple Peels are Rich in Phytochemicals and Have High Antioxidant Activity. *New York Fruit Quarterly*. **10**:9-11.

Yapwattanaphum, C., Subhadrabandhu, S., Sugiura, A., Yonemori, K. and Utsunomiya, N. 2002. Utilisation of some *Garcinia* species in Thailand. *Acta Horticulturae*. **575**(2):563-570.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH