

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

TUDUL: KESAN PELBAGAI Kaedah Pengeringan Terhadap Aktiviti Antioksida dan Ciri-ciri Fizikal Halia Kering (*Zingiber officinale*)

IJAZAH: SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN

SESI PENGAJIAN: 2005 - 2009

Saya AMIRAH BINTI MOHAMED JALAL
(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 hak milik 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 ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

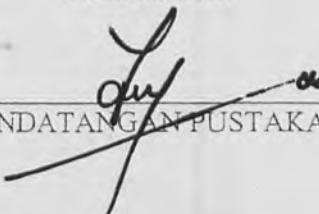
TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

Osji

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)



PROF. MADYA DR SHARIFUDIN MD. SHAARAN
Nama Penyelia

alamat Tetap: 95, LALUAN KERANJI 4,
KDAS 3, 30020, IPOH,
PERAK.

Tarikh: 25/05/2009

ATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan 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

**KESAN PELBAGAI Kaedah Pengeringan Ke
Atas Aktiviti Antioksida dan Ciri-Ciri
Fizikal Halia Kering (*Zingiber officinale*)**

AMIRAH BINTI MOHAMED JALAL

**DISERTASIINI DIKEMUKAKAN UNTUK
MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT
MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA
SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN
(SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN)**

**SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2009**



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.

17 APRIL 2009

891

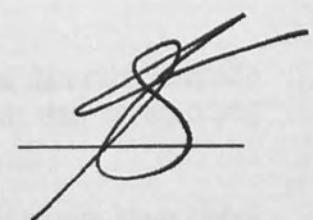
AMIRAH BT MOHAMED JALAL
HN2005-2586



PENGAKUAN PEMERIKSA

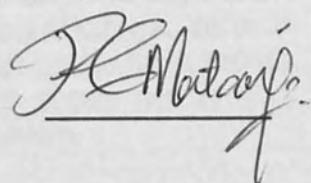
1. PENYELIA

(PROF. MADYA DR. SHARIFUDIN MD. SHAARANI)



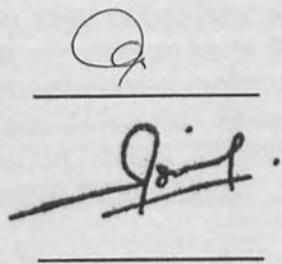
2. PEMERIKSA 1

(DR. PATRICIA MATANJUN)



3. PEMERIKSA 2

(PN. FAN HUI YIN)



4. DEKAN

(PROF. MADYA DR. MOHD ISMAIL ABDULLAH)

PENGHARGAAN

Segala puji bagi Allah, Tuhan sekelian alam, limpahkanlah selawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad s.a.w. serta keluarga, para sahabat dan orang-orang yang mencintainya.

Syukur ke hadrat Allah s.w.t. dengan taufik dan hidayahnya akhirnya saya dapat menyiapkan tesis ini setelah sekian lama berusaha menyempurnakannya. Pertama sekali saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada penyelia saya, Prof. Madya Dr. Sharifudin Md. Shaarani atas segala pertolongan, nasihat dan bimbingan yang diberikan sepanjang tesis ini dijalankan.

Saya juga ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada Pn Zainab Bt Aman selaku penolong kanan pembantu makmal kerana banyak membantu saya dalam hal-hal berkenaan dengan bahan kimia serta memberi kebenaran untuk menyiapkan kerja di makmal sehingga malam dan tidak lupa juga kepada pembantu-pembantu makmal serta staf-staf Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan yang lain. Selain itu, ribuan terima kasih untuk Puan Juliana, pembantu makmal di Institut Biologi Tropika Pemuliharaan kerana menolong saya menggunakan pengering sejuk beku di sana.

Terima kasih yang tidak terhingga kepada ibu dan ayah saya, Pn Roba'ayah Bt Mat Rais dan En. Mohamed Jalal B Diran dan juga keluarga saya atas kasih sayang, dorongan dan pengorbanan yang dicurahkan kepada saya selama ini. Ucapan terima kasih yang istimewa buat Nor Fadhlina Bt Ahmad Murad atas segala pertolongan dan kerana sentiasa bersama saya dalam mengharungi susah senang dalam perjuangan menyiapkan tesis ini.

Akhir sekali, terima kasih kepada semua kawan-kawan (Rusiyah, Rasyidah, Nurul Liyana, Juliana,Nik Hasmayuzan) dan individu yang secara langsung atau tidak langsung membantu saya dalam menghasilkan tesis ini. Hanya Allah sahaja yang dapat membalias jasa kalian. Sekian.

ABSTRAK

Pengeringan merupakan salah satu kaedah yang penting dalam pengawetan manakala halia merupakan tanaman yang mengandungi pelbagai khasiat dan kebaikan dari segi kesihatan. Kajian ini dijalankan bagi melihat kesan empat jenis kaedah pengeringan (matahari, ketuhar, udara panas dan sejuk beku) ke atas aktiviti antioksida dan ciri-ciri penghidratan semula halia kering. Selain itu kajian ini membincangkan kesan sinar lembayung ungu dan kesan tiga jenis suhu pengeringan (50°C , 60°C dan 70°C) ke atas parameter tadi. Pemerhatian secara fizikal juga dibuat ke atas halia yang telah melalui proses pengeringan. Keputusan menunjukkan serbuk halia daripada pengeringan ketuhar pada 60°C mempunyai kandungan jumlah fenol tertinggi iaitu sebanyak 18.47 ± 0.16 g GAE/g. Bagi analisis aktiviti antioksida, serbuk halia bagi pengeringan sejuk beku mempunyai nilai aktiviti penyahan radikal DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) tertinggi iaitu sebanyak 61.19 ± 6.33 g AEAC/g manakala pengeringan ketuhar pada suhu 60°C mempunyai nilai kuasa penurunan ferum tertinggi iaitu sebanyak 12.83 ± 0.10 $\mu\text{Mol/L}$. Sementara itu kaedah dan suhu pengeringan ketuhar dan udara panas didapati tiada perbezaan bererti pada $p < 0.05$. Sinar lembayung ungu pula didapati mempengaruhi kualiti serbuk halia yang dihasilkan namun kualiti tersebut masih rendah berbanding kaedah pengeringan yang lain. Ciri-ciri penghidratan semula tidak dipengaruhi oleh kaedah pengeringan yang berbeza namun suhu pengeringan yang tinggi iaitu 70°C semasa pengeringan ketuhar telah menghasilkan serbuk halia yang mempunyai nisbah penghidratan semula dan pekali penghidratan semula yang tinggi iaitu 6.01 ± 0.13 dan 1.13 ± 0.05 . Pemerhatian secara fizikal pula menunjukkan halia daripada kaedah pengeringan sejuk beku mempunyai warna dan tekstur yang lebih baik berbanding kaedah pengeringan yang lain. Secara keseluruhan, pengeringan sejuk beku merupakan kaedah terbaik dalam menghasilkan serbuk halia yang berkualiti tinggi.

ABSTRACT

Drying was one of the important methods in preservation while ginger was a plant that contained many health benefits. This study was worked out to analyze the effect of four types of drying methods (sun, oven, hot air and freeze drying) on the antioxidant activity and the rehydration properties of dried ginger. This study also analyzed the effect of ultra violet and three drying temperatures (50°C , 60°C dan 70°C) on the parameter mentioned. A physical observation was also carried out on the ginger that underwent the drying process. The results showed that the ginger powder made from the oven drying at the temperature of 60°C had the highest total phenolic content which was $18.47\pm0.16 \text{ g GAE/g}$. For the antioxidant assay, ginger powder made from freeze drying method had the highest antioxidant activity in which its value for DPPH radical scavenging activity was $61.19\pm6.33 \text{ g AEAC/g}$ while the oven drying method had the highest ferric reducing power which was $12.83\pm0.10 \mu\text{Mol/L}$. However, the oven and hot air methods and the temperature used showed that they were not significantly affect the quality of ginger powder at $p<0.05$. This study also found out that ultra violet had showed to give an effect to the quality of ginger powder but the quality level was still low compared to the other drying methods. A test of rehydration properties revealed that it did not influenced by the various drying methods but a high drying temperature which was at 70°C by using the oven drying method produces ginger powder with a high rehydration ratio and also a high coefficient of rehydration which was 6.01 ± 0.13 and 1.13 ± 0.05 . A physical observation shown that ginger made from freeze drying had better colour and texture compared to the other drying methods. In overall, the freeze drying method was the best method to produce a high quality ginger powder.

KANDUNGAN

	Halaman
TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGAKUAN PEMERIKSA	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI LAMPIRAN	xi
SENARAI SIMBOL	xii
SENARAI UNIT	xiii
SENARAI SINGKATAN	xiv
 BAB 1: PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif kajian	5
 BAB 2: KAJIAN PERPUSTAKAAN	
2.1 Halia	7
2.1.1 Morfologi halia	9
2.2 Kegunaan halia	10
2.2.1 Minyak halia	11
2.2.2 Oleoresin	12
2.2.3 Serbuk halia	12
2.3 Nilai pemakanan halia	12
2.4 Pengeringan	14
2.4.1 Kaedah pemindahan secara haba	14
2.4.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar pengeringan	15
2.5 Kaedah-kaedah pengeringan	17
2.5.1 Pengeringan matahari	17
2.5.2 Pengeringan ketuhar	18
2.5.3 Pengeringan udara panas	19
2.5.4 Pengeringan sejukbeku	20
2.6 Sinar lembayung ungu	20
2.7 Aktiviti antioksida	21
2.7.1 Pengukuran aktiviti antioksida	27
2.7.2 Ujian kandungan jumlah fenol (TPC)	29
2.7.3 Ujian aktiviti penyahan radikal DPPH	29
2.7.4 Ujian kuasa penurunan ferum (FRAP)	31
2.8 Aktiviti antioksida halia	32
2.8.1 Gingerol	33
2.8.2 Shogaol	34
2.9 Ciri-ciri fizikal halia	35
 BAB 3: METODOLOGI	
3.1 Bahan kimia dan reagen	37
3.2 Alatan dan instrumen	38

3.3	Sampel halia	38
3.4	Penyediaan sampel	40
3.5	Penentuan kandungan lembapan rizom halia segar	40
3.6	Kaedah-kaedah Pengeringan	41
3.6.1	Pengeringan matahari	41
3.6.2	Pengeringan udara panas	42
3.6.3	Pengeringan ketuhar perolakan	42
3.6.4	Pengeringan sejukbeku	42
3.7	Penentuan kandungan lembapan serbuk halia	43
3.8	Proses pengekstrakan	43
3.9	Ujian penentuan kandungan jumlah fenol (<i>Total Phenolic Content</i>)	43
3.9.1	Penyediaan larutan stok asid galik	43
3.9.2	Penyediaan larutan sodium karbonat	44
3.9.3	Ujian penentuan kandungan jumlah fenol	44
3.10	Analisis aktiviti antioksida	44
3.10.1	Ujian kuasa penurunan ferum (FRAP)	45
3.10.2	Ujian aktiviti penyahan radikal DPPH	46
3.11	Penentuan ciri-ciri penghidratan semula	47
3.12	Analisis statistik	48

BAB 4: HASIL DAN PERBINCANGAN

4.1	Tempoh masa pengeringan	49
4.2	Kesan pengeringan ke atas kandungan jumlah fenol	52
4.3	Kesan pengeringan ke atas aktiviti antioksida	55
4.4	Kesan pengeringan ke atas ciri-ciri penghidratan semula	59
4.5	Pemerhatian fizikal terhadap halia yang dikeringkan	61

BAB 5: KESIMPULAN

5.1	Kesimpulan	65
5.2	Cadangan	67

RUJUKAN

LAMPIRAN A	Data mentah kandungan lembapan halia	83
LAMPIRAN B	Analisis statistik Tukey HSD dari program <i>Statistical Package for Social Science</i> (SPSS)	84
LAMPIRAN C	Ujian kolerasi Pearson	88
LAMPIRAN D	Graf larutan standard	87

SENARAI JADUAL

	Halaman
JADUAL 2.1: Taksonomi halia	7
JADUAL 2.2: Nilai nutrisi per 100 gram bagi rizom halia segar	13
JADUAL 2.3: Penunjuk yang baik untuk mengelak dari terdedah kepada sinar lembayung ungu pada tempoh paras lembayung ungu maksima	21
JADUAL 2.4: Pengelasan antioksida	25
JADUAL 3.1: Bahan kimia dan reagen yang digunakan dalam analisis	37
JADUAL 3.2: Senarai alatan dan instrumen utama dalam analisis	38
JADUAL 3.3: Spesifikasi gred untuk halia tua	39
JADUAL 3.4: Indeks kualiti visual bagi halia	39
JADUAL 4.1: Tempoh pengeringan yang diambil oleh kaedah pengeringan berbeza	49
JADUAL 4.2: Kesan kaedah pengeringan terhadap kandungan jumlah fenol	52
JADUAL 4.3: Kesan kaedah pengeringan terhadap aktiviti antioksida serbuk halia	56
JADUAL 4.4: Kesan pelbagai kaedah pengeringan ke atas ciri-ciri penghidratan semula	59



SENARAI RAJAH

	Halaman
RAJAH 2.1: Rizom halia	8
RAJAH 2.2: Tindakbalas semasa peringkat permulaan	22
RAJAH 2.3: Tindakbalas semasa peringkat perambatan	23
RAJAH 2.4: Tindakbalas semasa peringkat penamatian	23
RAJAH 2.5: Tindakbalas perencutan antiokksida primer semasa peringkat permulaan dan peringkat perambatan	26
RAJAH 2.6: Tindakbalas radikal bebas antiokksida	26
RAJAH 2.7: Tindakbalas besi-sekuesteran	26
RAJAH 2.8: Tindakbalas kaedah HAT	27
RAJAH 2.9: Tindakbalas kaedah ET	28
RAJAH 2.10: Tindakbalas kaedah reagen Folin-Ciocalteau	29
RAJAH 2.11: Struktur radikal DPPH	29
RAJAH 2.12: Tindakbalas radikal DPPH dengan antiokksida	30
RAJAH 2.13: Struktur FRAP $[\text{Fe}(\text{II})(\text{TPTZ})_2]^{2+}$ (<i>Kation ferrous tripyridyltriazine</i>)	31
RAJAH 2.14: Tindakbalas reagen FRAP	31
RAJAH 2.15: Struktur kimia gingerol	34
RAJAH 2.16: Struktur kimia shogaol	35
RAJAH 4.1: Halia selepas pengeringan matahari semasa sinar lembayung ungu rendah dan tinggi	61
RAJAH 4.2: Halia selepas pengeringan ketuhar perolakan pada tiga suhu berbeza	62
RAJAH 4.3: Halia selepas pengeringan udara panas pada tiga suhu berbeza	62
RAJAH 4.4: Halia selepas pengeringan sejukbeku selama 30 jam	63

SENARAI LAMPIRAN

	Halaman	
LAMPIRAN A	Data mentah kandungan lembapan halia	83
LAMPIRAN B	Analisis statistik Tukey HSD dari program <i>Statistical packages for Social Science (SPSS)</i>	84
LAMPIRAN C	Ujian kolerasi Pearson	88
LAMPIRAN D	Graf larutan standard	90

SENARAI SIMBOL

<	- kurang daripada
>	- lebih daripada
%	- peratus
=	- sama dengan
a	- alfa
B	- beta
+	- tambah
•	- radikal bebas
:	- nisbah
/	- per
-	- tolak
X	- darab
H ₂ O	- molekul air
O ₂	- molekul oksigen
Fe ²⁺	- kation ferum (II)
Fe ³⁺	- kation ferum (III)
OH ⁻	- ion hidroksida
Fe ₂ SO ₄ .7H ₂ O	- ferum sulfat
H ₂ O ₂	- hidrogen peroksid

SENARAI UNIT

nm	- nanometer
cm	- sentimeter
mL	- milliliter
mg	- miligram
mm	- milimeter
g	- gram
μ	- mikroliter
$^{\circ}\text{C}$	- darjah Selsius
mcg	- mikrogram
rpm	- <i>revolutions per minute</i>
mBar	- milibar
a_w	- aktiviti air
L	- liter
M	- Molar (mol liter^{-1})
w/v	- <i>weight per volume</i>
kcal	- kilo kalori
mM	- milimol

SENARAI SINGKATAN

ABTS	- <i>2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)</i>
AEAC	- <i>Ascorbic Acid Equivalent Antioxidant Capacity</i>
ANOVA	- Analisis varians
BHA	- butylated hydroxyanisole
BHT	- butylated hydroxytoluene
COR	- <i>Coefficient of rehydration</i>
CUPRAC	- <i>cupric reducing antioxidant capacity</i>
DNA	- <i>Deoxyribonucleic acid</i>
DPPH	- <i>1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl</i>
EDTA	- ethylenediamine tetraacetate
EPA	- <i>United States Environmental Protection Agency</i>
ET	- <i>Electron Transfer</i>
FRAP	- <i>ferric reducing antioxidant power</i>
GAE	- <i>Gallic acid equivalent</i>
GC	- Kromatografi gas
HAT	- <i>Hydrogen Atom Transfer</i>
HCl	- Asid hidroklorik
HPLC	- Kromatografi cecair berprestasi tinggi
IU	- <i>International unit</i>
MRP	- <i>Maillard Reaction Product</i>
NaOH	- Sodium hidroksida
NEB	- <i>Non-enzymatic browning</i>
NWS	- <i>National Weather Service</i>
ORAC	- <i>oxygen radical absorbance capacity</i>
ROS	- <i>Reactive Oxygen Species</i>
RR	- <i>Rehydration ratio</i>
SEM	- <i>Standard Error Mean</i>
SET	- <i>Single Electron Transfer</i>
SFE	- Supercritical fluid extraction
SPLET	- <i>Single Proton Loss Electron Transfer</i>
SPSS	- <i>Statistical package for social science</i>
TBHQ	- Tert-butylhydroquinone
TEAC	- <i>Trolox®-equivalent antioxidant capacity</i>
TPTZ	- <i>Trypyridyl-s-triazine</i>
TRAP	- <i>total peroxyl radical-trapping antioxidant parameter</i>
USDA	- <i>United States Department of Agriculture</i>
UV	- <i>Ultraviolet</i>
UV/VIS	- <i>Ultraviolet visible</i>
UVI	- Indeks lembayung ungu suria

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Halia atau nama saintifiknya, *Zingiber officinale* merupakan salah satu rempah yang penting di dunia di mana ia terkenal dalam memainkan peranan dalam bidang perubatan dan masakan. Tanaman ini telah ditanam bagi tujuan-tujuan tersebut bagi sekurang-kurangnya sejak 2000 tahun dahulu (Nicoll & Henein, 2007) di mana ia dipercayai mula ditanam di negara China dan kemudiannya dibawa ke negara-negara lain seperti India, Jepun, Asia Tenggara, Mesir, Australia, Nigeria dan Jamaika.

Bahagian paling penting bagi pokok halia adalah rizomnya di mana rizom ini merupakan bahagian yang sering disebut sebagai akar halia. Nilainya sangat tinggi dan ini adalah disebabkan ia mengandungi sebatian-sebatian yang menghasilkan bau tajam serta aroma dan rasa sengit yang sering diaplikasikan kelebihannya dalam masakan samada dalam bentuk segar atau kering selain diawetkan dalam sirap, dijadikan gula-gula atau teh (Shukla & Singh, 2007). Selain itu, dalam masakan Barat dan Arab, serbuk halia atau halia kering digunakan untuk memberi rasa dalam roti, kek, teh, bir dan wain.

Di samping itu, dari aspek perubatan pula rizom halia juga mempunyai beberapa kebaikan dari aspek perubatan di mana ia dipercayai dapat mengubati

kembung perut, ketidakhadaman, sembelit, batuk, sakit tekak, lenguh-lenguh dan demam (Ali *et al.* 2008). Hasil kajian terdahulu mendapati sebatian tidak meruap yang terdiri daripada gingerol dan shogaol yang mempunyai ciri-ciri anti keradangan, anti emetik, anti lipidemik, anti tumorigenik, anti apoptotik serta anti hiperglisemik (Ali *et al.* 2008).

Produk primer daripada rizom halia adalah halia segar, halia jeruk dan halia kering manakala produk sekunder yang didapati hasil daripada pemprosesan halia adalah serbuk halia, minyak halia dan oleoresin halia. Minyak halia yang juga dipanggil minyak pati atau minyak meruap didapati daripada proses penyulingan dan ia terdiri daripada sebatian hidrokarbon seskuiterpena seperti zingiberene, curcumene, farnesene, bisabolene dan b-sesquiphellandrene (Shukla & Singh, 2007) yang memberikan ciri-ciri aroma yang wangi, hangat dan sedikit sitrus manakala rasa yang diberikan adalah rasa hangat tetapi tidak sengit. Oleoresin halia pula adalah cecair pekat yang berwarna coklat gelap yang didapati daripada proses pengekstrakan serbuk halia. Ia terdiri daripada sebatian-sebatian tidak meruap seperti gingerol, shogaol, paradol dan zingeron yang memberikan rasa sengit, panas, pedas dan tajam.

Selalunya halia muda yang akan digunakan secara segar manakala halia tua diproses untuk dijadikan produk tertentu. Rizom halia selalunya dieksport dalam bentuk yang lebih mudah iaitu dalam bentuk kering iaitu samada dalam bentuk pecahan dan dikisarkan di negara pengimpor atau telah diproses menjadi serbuk. Selain itu ia juga dapat dieksport dalam bentuk segar. Antara kebaikan memproses rizom halia kepada bentuk kering atau serbuk adalah ia dapat mengurangkan berat dan isi padu rizom dan seterusnya dapat mengurangkan bahan pembungkus dan ruang simpanan (Soleha, 1995). Ini dapat mengurangkan kos pengangkutan di samping tidak memerlukan proses pendinginan semasa penyimpanan dan pengangkutan. Selain itu rizom halia yang kering membolehkannya untuk dicampurkan dengan bahan lain yang mungkin tidak dapat dilakukannya sekiranya rizom adalah dalam bentuk segar (Soleha, 1995).

Pengeringan merupakan salah satu kaedah yang selalu digunakan ke atas rizom halia bagi tujuan pengawetan. Ia adalah suatu pendekatan fizikal untuk pengawetan di mana secara teorinya kaedah ini menurunkan kandungan air dalam

makanan dengan cara pengewapan atau pemejalwapan iaitu penyingkiran air dalam makanan dengan pemberian haba hingga ke satu tahap yang dapat merencat pertumbuhan dan aktiviti mikroorganisma dan tindak balas yang boleh merosakkan makanan. Terdapat beberapa kaedah pengeringan yang yang dibezakan melalui cara haba diberikan dan wap air yang dikeluarkan serta hasil yang diperoleh. Antaranya adalah kaedah pengeringan matahari, pengasapan, sejuk beku, gelombang mikro, ketuhar, osmosis serta pengeringan menggunakan alat pengering (Soleha, 1995).

Kajian oleh Bartley dan Jacobs (2000) mendapati pengeringan menggunakan alat pengering dram 2-peringkat yang dilakukan ke atas halia Australia telah mengurangkan kandungan sebatian gingerol dalam rizom manakala bagi sebatian hidrokarbon terpena seperti α -pinene, β -phellandrene, ar-curcumene dan zingiberene telah didapati meningkat. Kajian oleh Balladin *et al.* (1996) juga menunjukkan hasil yang sama. Penggunaan alat pengering bakul dawai untuk membantu pengeringan matahari telah menurunkan kandungan gingerol dan meningkatkan kandungan shogaol dalam rizom halia kering. Dalam rizom halia kering yang diekstrak melalui penyulingan stim didapati kandungan 8-shogaol dan 10-shogaol telah meningkat dan ini mungkin disebabkan proses penghidratan 8-gingerol dan 10-gingerol. Selain daripada itu kajian oleh Prasad dan Vijay (2005) mendapati rizom halia kering yang mengalami pengeringan matahari mempunyai warna yang gelap daripada rizom halia kering yang dikeringkan dengan alat pengering solar-biomass yang berwarna lebih cerah. Kajian ini juga melaporkan kualiti produk yang dihasilkan dengan pengeringan matahari adalah sangat rendah di mana kuantiti minyak meruap yang diekstrak adalah lebih sedikit iaitu 1.32% berbanding rizom halia yang dikeringkan dengan alat pengering iaitu 2.48%. Sementara itu, proses pengeringan juga mempunyai kesan terhadap aktiviti antioksidan rizom halia. Kajian oleh Chan *et al.* (2008) melaporkan pengeringan sejukbeku adalah kaedah yang terbaik dalam memelihara ciri-ciri antioksidan daun halia berbanding pengeringan lain seperti pengeringan gelombang mikro, ketuhar dan matahari.

Semakin hari semakin banyak produk-produk berasaskan halia dihasilkan dan dijual di pasaran dalam pelbagai bentuk iaitu seperti losyen, gel, jus ataupun serbuk. Produk-produk ini merupakan hasil daripada pemprosesan rizom halia yang dijalankan secara kecil-kecilan iaitu di bawah industri desa atau dihasilkan dalam kilang di bawah industri kecil dan sederhana. Hal ini disebabkan pengguna zaman

sekarang semakin mengingini produk yang berkesan, berkualiti tinggi dan dapat digunakan dengan mudah, cepat serta tidak cerewet kerana tuntutan masa yang memerlukan mereka lebih menumpukan hal lain yang lebih penting. Namun, terdapat pelbagai kaedah pengeringan yang dapat diaplikasikan pada halia, namun kaedah yang sering digunakan untuk menghasilkan halia dalam bentuk kering adalah kaedah pengeringan tradisional secara matahari dan juga kaedah pengeringan udara panas yang menggunakan ketuhar. Ini adalah kerana kedua-dua kaedah pengeringan ini yang paling mudah dan murah untuk digunakan berbanding kaedah-kaedah lain.

Selain itu terdapat juga penghasilan serbuk halia secara komersil melalui kilang-kilang yang menggunakan kaedah pengeringan udara panas. Terdapat variasi dalam faktor suhu dan kelajuan angin yang digunakan oleh kilang-kilang tersebut. Ini menyebabkan kualiti halia yang dihasilkan adalah berbeza-beza mengikut kilang. Satu piawai mengenai penggunaan suhu yang sesuai perlu dibuat kerana suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kadar pengeringan dan suhu yang optimum diperlukan dalam menghasilkan serbuk halia yang berkualiti. Oleh itu kajian mengenainya perlu dibuat dan dibandingkan dengan kaedah-kaedah pengeringan yang lain supaya penghasilan serbuk halia yang berkualiti tinggi dapat dibuat. Tambahan pula dengan nilai perubatan herba yang tinggi di pasaran dunia, Malaysia mempunyai potensi yang tinggi untuk pergi lebih jauh dalam penghasilan produk-produk berdasarkan herba.

Oleh sebab tiada lagi kajian terperinci yang mengkaji kesan beberapa kaedah pengeringan ke atas kualiti serbuk halia, maka kajian ini akan dilakukan bagi mengetahui kaedah pengeringan manakah yang akan menghasilkan serbuk halia yang paling berkualiti iaitu dari segi aktiviti antioksida dan ciri-ciri fizikal halia kering. Kajian penyelidikan ini akan mengkaji kesan empat jenis kaedah pengeringan yang berbeza iaitu pengeringan matahari, ketuhar, udara panas dan sejuk beku terhadap rizom halia. Suhu pengeringan bagi kaedah matahari adalah berbeza-beza kerana ia bergantung pada cuaca. Pada masa kini, di Malaysia, suhu tertinggi yang dicapai adalah antara 30°C sehingga 34°C manakala suhu bagi pengeringan ketuhar perolakan dan udara panas adalah antara 50°C sehingga 70°C .

Di samping itu, kajian ini juga meluaskan fokusnya terhadap pengaruh sinar lembayung ungu yang mungkin memberi kesan terhadap kandungan sebatian meruap dan tidak meruap dalam halia. Terdapat beberapa kajian yang melaporkan bahawa sinar lampau ungu dari cahaya matahari mempengaruhi penghasilan komponen bioaktif dalam tanaman herba. Menurut kajian oleh Ioannidis *et al.* (2002), rawatan yang dibuat terhadap pokok selasih (*Ocimum basilicum L.*) dengan sinar lembayung ungu (UV-B) mendapat sinar tersebut mempengaruhi perkembangan kelenjar minyak yang menempatkan sebatian meruap bagi tumbuhan tersebut. Selepas beberapa hari diberi rawatan UV-B, kelenjar minyak telah dipenuhi minyak meruap dan seterusnya mengalami perkembangan ke peringkat matang dengan normal berbanding pokok selasih yang tidak diberi rawatan UV-B.

Kesan keempat-empat kaedah pengeringan ini diuji dari segi aktiviti antioksida dan ciri-ciri fizikal yang dimiliki oleh serbuk halia. Serbuk halia yang terhasil akan diekstrak menggunakan kaedah pengekstrakan mudah dengan pelarut metanol dan etil asetat. Aktiviti antioksida serbuk halia akan ditentukan dengan kaedah DPPH (1,1diphenyl-2-picrylhydrazyl) yang akan mengukur aktiviti penyahan radikal serbuk halia, kaedah FRAP yang akan mengukur kuasa penurunan ferum oleh serbuk halia serta kandungan jumlah fenol yang terkandung dalam serbuk halia. Ciri-ciri fizikal yang diukur dari segi ciri-ciri penghidratan semula akan ditentukan melalui nisbah penghidratan semula (RR) dan pekali penghidratan semula (COR). Suatu pemerhatian terhadap ciri-ciri fizikal halia selepas pengeringan juga akan dibuat untuk membandingkan ciri-ciri fizikal antara halia yang melalui kaedah pengeringan yang berasaskan rawatan terma dan juga kaedah pengeringan yang tidak berasaskan rawatan terma iaitu pengeringan sejuk beku.

1.2 Objektif Kajian

Terdapat tiga objektif yang menjadi fokus utama bagi kajian ini iaitu:

- i. Mengkaji kesan pelbagai kaedah pengeringan terhadap aktiviti antioksida dalam bentuk serbuk dan ciri-ciri fizikal halia kering.
- ii. Menentukan kaedah pengeringan yang dapat menghasilkan halia kering yang mempunyai aktiviti antioksida dan ciri-ciri fizikal yang berkualiti tinggi.

- iii. Mengkaji sama ada sinar lembayung ungu memberikan kesan yang jelas terhadap aktiviti antiokksida dan ciri-ciri fizikal halia kering yang dihasilkan.

BAB 2

KAJIAN PERPUSTAKAAN

2.1 Halia

Halia atau nama saintifiknya, *Zingiber officinale* tergolong dalam famili Zingiberaceae yang terdiri daripada 47 genera termasuk *Zingiber*, *Curcuma*, *Alpinia*, *Amomum*, *Elettaria*, *Kaempferia* dan *Hedychium* (Kikuzaki, 1998). Di Semenanjung Malaysia, terdapat lebih kurang 160 spesis dari 18 genera yang dijumpai dan kebanyakannya ditanam di bahagian tanah rendah atau lereng bukit (Larsen *et al.* 1999). Taksonomi bagi halia adalah seperti dalam Jadual 2.1 berikut:

Jadual 2.1: Taksonomi halia

Kingdom	Plantae
Divisi	Magnoliophyta
Kelas	Liliopsida
Order	Zingiberales
Famili	Zingiberaceae
Genus	Zingiber

Sumber: Lohmueller (2003)

Perkataan zingiber tersebut sebenarnya berasal dari perkataan Arab iaitu "zanjabil" namun ia telah ditukarkan ke bahasa Sanskrit iaitu "Singabera" yang

bermaksud akar tanduk di mana ia merujuk kepada bentuk fizikal rizom halia (Kapoor, 1990) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Kemudiannya nama tersebut diwujudkan dalam bahasa Greek pula iaitu "Zingiberi" dan akhir sekali, namanya telah ditukarkan kepada "Zingiber" iaitu sebuah perkataan dalam bahasa Latin (Larsen *et al.* 1999).



Rajah 2.1: Rizom halia

Rekod-rekod terdahulu menunjukkan halia telah lama digunakan sebagai rempah dalam masakan seperti yang tercatat dalam catatan *Analects of Confucius* (c. 500 BC) yang mengatakan beliau tidak pernah melupakan halia ketika menikmati makanan. Pokok halia yang ditanam dalam pasu dibawa bersama oleh para pelayar apabila berlayar antara Laut India dengan Laut China Selatan pada abad ke 5. Seterusnya pada abad ke 13 orang Arab membawa rizom halia dalam pelayaran mereka ke Afrika Selatan untuk ditanam di bahagian tepi pantai. Di Eropah, walaupun pada mulanya halia digunakan untuk mengubati sakit perut, namun lama kelamaan ia semakin popular sebagai rempah dan telah dikenali sebagai salah satu tanaman herba dari abad ke 9. Rekod dari China pula menunjukkan halia ditanam di negeri Melaka pada tahun 1416. Pada akhir abad ke 15, Vasco da Gama yang pulang ke Portugis dari pelayaran di India melaporkan halia merupakan antara rempah yang dieksport dari Malabar dan dibawa oleh orang Muslim Afrika ke pelabuhan Laut Merah dan seterusnya ke Kaherah dan Eropah. Seorang rakyat Sepanyol, Francesco de Mendoza, membawa rizom halia ke Mexico dan dari sana tanaman ini disebarluaskan

ke Kepulauan Caribbean dan Amerika. Pada tahun 1547 penajah Sepanyol pula mengeksport 1000 tan rizom halia yang ditanam di Jamaica menjadikan negara tersebut negara utama penghasil dan pengeksport halia yang berkualiti tinggi (Weiss, 2002).

Di Malaysia sumber utama bekalan halia tua Malaysia ialah Bukit Tinggi, Pahang, yang terkenal dengan halia Bentong manakala di Sabah pula adalah di daerah Keningau dan Tambunan. Halia muda pula ditanam di daerah Sepang di Selangor yang mengeluarkan varieti Sabah dan Indonesia.

2.1.1 Morfologi halia

Halia merupakan sejenis tumbuhan herba yang tumbuh secara tegak dan berdaun dengan bunga yang berwarna ungu beserta rizom yang bercabang. Secara umumnya, daun pokok halia berwarna hijau dan warnanya semakin pucat di bahagian bawah. Panjangnya adalah antara 5 hingga 25 cm manakala lebarnya antara 1 hingga 3 cm. Batangnya tegak dan kecil dengan diameter 5 hingga 10 milimeter, tumbuh kira-kira satu meter dari tanah, tidak bercabang, berwarna hijau muda tetapi berwarna kemerah-merahan di bahagian bawah. Bunganya tumbuh secara satu-satu dengan tebal 2 cm dan panjang antara 4 hingga 6 cm serta terdiri daripada pelepas hijau kekuningan di bawahnya. Akarnya pula adalah terdiri daripada rizom yang keras, dengan variasi warna kulit dari kuning pucat kepada coklat gelap manakala warna isinya dari kuning pucat kepada oren kemerahan. Variasi warna kulit dan isi rizom halia adalah merupakan ciri-ciri kultivar dan ia berbeza-beza mengikut tempat ia ditanam. Selain itu, rizom tersebut mempunyai lobus yang berdiameter antara 1.5 hingga 2.5 cm serta bercabang-cabang. Bentuk, saiz dan cabang rizom dipengaruhi secara langsung oleh jenis tanah yang digunakan (Weiss, 2002).

Selalunya, halia ditanam secara vegetatif di mana ia dibiakkan melalui pemotongan rizom halia dan selain itu, ia juga boleh dibiakkan secara mikro menggunakan meristem atau kultur tisu. Bagi proses penuaian pula, rizom halia diambil dari tanah dan dibasuh untuk membuang kotoran dan tanah yang terlekat padanya. Selepas itu rizom dikeringkan dan disimpan. Selain daripada pengeringan

RUJUKAN

- Aladesanmi, A. J., Iwalewa, E. O., Adebajo, A. C., Akinkunmi, E. O., Taiwo, B. J., Olorunmola, F. O. & Lamikanra, A. 2007. Antimicrobial and antioxidant activities of some Nigerian medicinal plants. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines.* **4**(2):173-184.
- Ahmed, R. S., Seth, V. & Banerjee, B.D. 2000. Influence of dietary ginger (*Zingiber officinale* Rosc) on antioxidant defense system in rat: comparison with ascorbic acid. *Indian Journal of Experimental Biology.* **38**(6):604-6.
- Akta, 2007. *Akta Makanan 1983 (Akta 281) & Peraturan-peraturan* (Sehingga 20 Julai 2007). Kuala Lumpur: International Law Book Services.
- Ali, B. H., Blunden, G., Tanira, M. O. & Nemmar, A. 2008. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research. *Food and Chemical Toxicology.* **46**:409-420.
- Antognoni, F., Zheng, S., Pagnucco, C., Baraldi, R., Poli, F. & Biondi, S. 2007. Induction of flavonoid production by UV-B radiation in *Passiflora quadrangularis* callus cultures. *Fitoterapia.* **78**(5): 345-352.
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B., Berker, I. & Özyurt, D. 2007. Comparative Evaluation of Various Total Antioxidant Capacity Assays Applied to Phenolic Compounds with the CUPRAC Assay. *Molecules.* **12**: 1496-1547.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. & Karademir, S.E. 2004. A Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols, Vitamins C and E, Using Their Cupric Ion Reducing Capability in the Presence of Neocuproine: CUPRAC Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **52**: 7970-7981.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S.E. & Altun, M. 2005. Total Antioxidant Capacity Assay of Human Serum Using Copper(II)-Neocuproine as Chromogenic Oxidant: The CUPRAC Method. *Free Radical Research.* **39**: 949-961.

- Balladin, D. A., Yen, I. C., McGaw, D. R. & Headley, O. 1996. Solar drying of West Indian Ginger (*Zingiber Officinale Roscoe*). Rhizome using Wire Basket Dryer. *Renewable Energy*. **7** (4): 409-418.
- Barbosa-Cánovas, G. V. & Vega Mercado, H. 1996. *Dehydration of Foods*. USA: Chapman & Hall.
- Bartley, J. P. & Jacobs, A. L. 2000. Effects of drying on flavour compounds in Australian-grown ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **80**: 209-215.
- Benzie, I. F. F. & Strain, J. J. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. **239**: 70-76.
- Bliddal, H., Rosetzszyk, A. & Schlichting, P. 2000. A randomized, placebo-controlled, cross-over study of ginger extracts and ibuprofen in osteoarthritis. *Journal of Osteoarthritis Cartilage*. **8**(1): 9-12.
- Böhm, V. & Schlesier, K. 2004. Methods to Evaluate the Antioxidant Activity. In Dris, R. & Jain, S. M. (eds.). *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Bondet, V., Brand-Williams, W. & Berset, C. 1997. Kinetics and Mechanisms of Antioxidant Activity Using The DPPH Free Radical Method. *Food Sci. Technol.* **3**: 609-615.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. 1995. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* **28**:25-30.
- Budhwaar, V. 2006. *The secret benefits of ginger and turmeric*. India: Sterling Publishers.
- Buenger, J., Ackermann, H., Jentzsch, A., Mehling, A., Pfitzner, I., Reiffen, K. A., Schroeder, K. R. & Wollenweber, U. 2006. An interlaboratory comparison of methods used to assess antioxidant potentials. *International Journal of Cosmetic Science*. **28**(2): 135-146.
- Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Liato, F.S. & Yong, M.Y. 2009. Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.07.090

- Chen, C. H., Kuo, M., Wu, C. H. & Ho, C. H. 1986. Pungent compounds of ginger (*Zingiber officinale* (L) Rosc) extracted by liquid carbon dioxide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **34:** 477-480.
- Chrubasik, S., Pittler, M.H. & Roufogalis, B.D. 2005. Zingiberis rhizoma: A comprehensive review on the ginger effect and efficacy profiles. *Phytomedicine.* **12:**684–701.
- Chung, W. Y., Jung, Y. J., Surh, Y. J., Lee, S. S. & Park, K.K., 2001. Antioxidative and antitumor promoting effects of [6]-paradol and its homologs. *Mutat. Res.* **496:**199–206.
- Codex, 1999. "Codex Standard For Ginger" (atas talian)
http://www.codexalimentarius.net/download/standards/344/CXS_218e.pdf
Dicetak 23 Disember 2008.
- Dragon, D. 2009. "Convection vs. conventional oven..What's the difference?" (atas talian) http://www.articlepros.com/home_care/Appliances/article-21803.html
- Eichner, K. 1981. Antioxidative effect of Millard reaction intermediates. *Progress in Food Nutrition and Science.* **5:** 441-451
- Fellows, P. 1998. *Food Processing Technology Principles and Practice.* Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Folin, O., & Ciocalteu, V. 1927. On Tyrosine and Tryptophane Determinations in Proteins. *J. Biol. Chem.* **73:** 627-650.
- Frenkel, E. N. & Meyer, A. S. 2000. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of Science and Food Agricultural.* **80:**1925 – 1941.
- Freeman, B. A. & Crapo, J. D. 1982. Biology of disease: free radicals and tissue injury. *Lab Invest.* **47(5):**412-426.
- Genin, N. & René, F. 1995. Analyse du Rôle de la transition vitreuse dans les procédés de conservation agroalimentaires. *Journal of Food Engineering.* **26:** 391-408.

George, S. D. S., Cenkowski, S. & Muir, W. E. 2004. *A review of drying technologies for the preservation of nutritional compounds in waxy skinned fruit*. Central ASAE/CSAE Conference. Winnipeg, Manitoba, Canada.

Ghiselli, A., Nardini, M., Baldi, A. & Scaccini, C. 1996. Antioxidant activity of different phenolic fractions separated from Italian red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **46**: 361-367.

Govindarajan, V. 1982. Ginger: Chemistry, Technology and Quality Evaluation: Part 1. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **17**:1-96.

Grabowski, S., Marcotte, M., Poirier, M. & Kudra, T. 2002. *Drying characteristics of osmotically pretreated cranberries. Energy and quality aspects*. (atas talian). <http://cetcvarennes.nrcan.gc.ca/eng/publication/r2002083e.html>.

Green, R. J. 2004. Antioxidant Activity of Peanut Plant Tissues. North Carolina: North Carolina State University.

Halliwell, B. 2002. Food-derived antioxidants: How to evaluate their importance in food and in-vivo. Dalam Cadens, E. & Pakcer, L. (eds.) *Handbook of Antioxidants* (2nd ed.). New York: Marcel Dekker.

He, X., Bernart, M., W., Lian, L. & Lin, L. 1998. High-performance liquid chromatography-electrospray mass spectrometric analysis of pungent constituents of ginger. *Journal of Chromatography A*. **796**: 327-334.

Hirschhom, H. H. 1983. Botanical remedies of the former Dutch East Indies (Indonesia). I. *Eumycetes, Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae* (Monocotyledones only). *J Ethnopharmacol*. **7**(2):123-156.

Hodzic, Z., Pasalic, H., Memisevic, A., Srabovic, M., Saletovic, M. & Poljakovic, M. 2009. The influence of total phenols content on antioxidant capacity in the whole grain extracts. *European Journal of Scientific Research*. **28**(3): 471-477.

Hsu, C., Chen, W., Weng, Y. & Tseng, C. 2003. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry*. **83**: 85-92.

Huang, D., Ou, B. & Prior, R. L. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **53**:1841 – 1856.

Ioannidis, D., Bonner, L. & Johnson, C. B. 2002. UV-B is required for normal development of oil glands in *Ocimum basilicum* L. (Sweet basil). *Annals of Botany*. **90**(4): 453-460.

Irzyniec, Z., Klimezak, J. & Michalowski, S. 1995. Freeze-drying of the black currant juice. *Drying Technology*. **13**(1,2): 417-424.

Ivan, A. R. 2000. *Medicinal Plants of the World, vol. 3: Chemical Constituents, Traditional and Modern Medicinal Uses*. New Jersey: Humana Press Inc.

Jadhav, S.J., Nimbalkar, S.S., Kulkarni, A.D. & Madhavi, D.L. 1996. Lipid Oxidation in Biological and Food System. *Dalam Madhavi, D.L., Deshpande, S.S. & Salunkhe, D.K. (eds.) Food Antioxidants*. London and New York: Elsevier Applied Science.

Janjai, S., Srisittipokakun, N. & Bala, B. K. 2008. Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices. *Energy*. **33**: 91-103.

John, D. 1984. One hundred useful raw drugs of the Kanj tribes of Trivandrum Forest division, Kerala, India. *Int J Crude Drug Res*. **22**(1):17-39.

Julkunen-Tiitto, R. 1985. Phenolic constituents in the leaves of Northern Willows: methods for the analysis of certain phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **33**: 213-217.

Kapoor, L. D. 1990. *Handbook of Ayurvedic Medicinal Plants*. US: CRC Press.

Kaur, P., Kumar, A., Arora, S. & Ghuman, B.S. 2006. Quality of dried coriander leaves as affected by pretreatments and method of drying. *European Food Res Technology*. **223**: 189-194.

Kerstin, R. & Müller, C. 2007. Species-specific and leaf-age dependent effects of ultraviolet radiation on two Brassicaceae. *Phytochemistry*. **68**(6): 875-885.

Kikuzaki, H. 1998. Ginger for Drug and Spice Purposes. *Dalam Mazza, G. & Oomah, B. D. (eds.). Herbs, Botanicals and Teas.* US: CRC Press.

Kikuzaki, H., Kawasaki, Y. & Nakatani, N. 1994. Structure of the antioxidative compounds in ginger. *Dalam Ho, C-T, Osawa, T., Huang, M-T. & Rosen, R. T. (eds.). Food Phytochemicals for Cancer Prevention II Teas, Spices and Herbs. ACS Symposium Series.* Washington: ACS Press.

Kim, J. K., Kim, Y., Na, K. M., Surh, Y. J. & Kim, T.Y., 2007. [6]-Gingerol prevents UVB-induced ROS production and COX-2 expression *in vitro* and *in vivo*. *Free Radical Research.* **41**:603–614.

Koo, H.M. & Suhaila, M. 2001. Flavonoid (Myricetin, Quercetin, Kaempferol, Luteolin, and Apigenin.) Content of Edible Tropical Plants. *Journal Agriculture Food Chemistry.* **49**(6): 3106-3112.

Kuo, J. M., Yeh, D. B. & Pan, B. S. 1999. Rapid photometric assay evaluating antioxidative activity in edible plant material. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **47**:3206–3209.

Kuti, J. O. & Konuru, H. B. 2004. Antioxidant capacity and phenolic content in leaf extracts of tree spinach (*Cnidoscolus* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* **52**:117-121.

Lama, S & Santra, S. C. 1979. Development of Tibetan plant medicine. *Science Culture.* **45**: 262-265.

Larsen, K., Ibrahim, H., Khaw, S. H. & Saw, L. G. 1999. *Gingers of Peninsular Malaysia.* Kota Kinabalu: Natural History Publication (Borneo).

Larson, R.A. 1988. The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry.* **27**(4):969-978.

Lawrence, B. 2000. Progress in Essential Oils. Ginger Oil. *Perfume and Flavorist.* **25**(2): 55-58.

Leal, P. F., Braga, M. E. M., Sato, D. N., Carvalho, J. E., Marques, M. O. M. & Meireles, M. A. A. 2003. Functional Properties of Spice Extracts Obtained via Supercritical Fluid Extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **51**: 2520-2525.

Lembaga Pemasaran Pertanian Persekutuan, 2000. "Spesifikasi gred untuk halia tua dan halia muda". (atas talian) www.moa.gov.my/html/download/slide/fama3.pps Dicetak 23 Disember 2008.

Levine, H. & Slade, L. 1989. A food polymer science approach to the practice of cryostabilization technology. *Comments Agricultural Food Chemistry*. **1**: 315-396.

Lewicki, P. P. 1998. Some remarks on rehydration of dried foods. *Journal of Food Engineering*. **36**: 81-87.

Lohmueller, F. A. 2003. The botanical classification of angiospermae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. **141**(4): 399-436.

Luthria, D. L., Mukhopadhyay, S. & Krizek, D. T. 2006. Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. *Journal of Food Composition and Analysis*. **19**(8): 771-777.

Madhavi, P.L., Singhal, R.S. & Kulkarni, P.R. 1996. Technological Aspects of methods for the analysis of certain phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **33**: 213-217.

Mahady, G.B., Pendland, S.L., Yun, G.S., Lu, Z.Z. & Stoia, A. 2003. Ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) and the gingerols inhibit the growth of Cag A+ strains of *Helicobacter pylori*. *Anticancer Res.* **23**: 3699-3702.

Masuda, Y., Kikuzaki, H., Hisamoto, M. & Nakatani, N. 2004. Antioxidant properties of gingerol-related compounds from ginger. *Biofactors*. **21**: 293-296.

Miller, N.J., Rice-Evans, C.A., Davies, M.J., Gopinathan, V. & Milner, A. 1993. A Novel Method for Measuring Antioxidant Capacity and Its Application to Monitoring the Antioxidant Status in Premature Neonates. *Clin. Sci.* **84**: 407-412.

Mohd Yusof, O. 1991. *Teknologi Pengeringan Hasil Pertanian di Malaysia: Konsep, Status dan Ke Arah Penggunaan Teknologi Tenaga Suria*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Moore, J. & Liangli, Y. 2008. Methods for antioxidant capacity estimation of wheat and wheat-based food products. Dalam Liangli, Y. (ed.) *Wheat Antioxidants*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Mpofu, A., Beta, T. & Sapirstein, H. D. 2008. Effects of genotype, environment and genotype x environment interaction on the antioxidant properties of wheat. Dalam Liangli Yu (ed.). *Wheat Antioxidants*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Mujumdar, A. S. 1995. *Handbook of industrial drying* (2nd edition.). New York: Marcel Dekker, Inc.

Mujumdar, A. S. 1997. Drying Fundamentals. Dalam Baker, C. G. J. (ed.) *Industrial Drying of Foods*. UK: Blackie Academic and Professional.

National Agricultural Library, 2009. "Ginger root, raw" (atas talian) http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl. Dicetak 31 Oktober 2008.

Najah, R. 2005. Kesan jenis pembungkusan, suhu simpanan dan jangkamasa simpanan ke atas kualiti halia matang. Kota Kinabalu: Universiti Malaysia Sabah.

Nakatani, N. 1997. Antioxidants from spices and herbs. Dalam Shahidi, F. (ed.) *Natural Antioxidants. Chemistry, Health Effects and Applications*. Illinois: AOCS Press.

Nicoli, M.C., Anese, M. dan Parpinel, M. 1999. Influence of processing on the of Thermal Treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **46**: 4118-4122

Nicoll, R. & Henein, M. Y. 2007. Ginger (*Zingiber officinale Roscoe*): A hot remedy for cardiovascular disease? *Int J Cardiol* (2007), doi:10.1016/j.ijcard.2007.07.107

Nsimba, R. Y., Kikuzaki, H. & Konishi, Y. 2008. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. Seeds. *Food Chemistry*. **106**: 760-766.

Onyenekwe, P. C. 2000. Assessment of oleoresin and gingerol content in gamma irradiated ginger rhizomes. *Nahrung*. **44**(2): 130-132.

Orikasa, T., Wu, L., Shiina, T. & Tagawa, A. 2008. Drying characteristics of kiwifruit during hot air drying. *Journal of Food Engineering*. **85**:303-308.

Ou, B., Huang, D., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J., A. & Deemer, E., K., 2002. Analysis of Antioxidant Activities of Common Vegetables Employing Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Assays: A Comparative Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **50**: 3122-3128.

Pan, Z., Shih, C., McHugh, T. H. & Hirschberg, E. 2008. Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying. *LWT*. **41**(10): 1944-1951.

Paull, R. E., Chen, N. J. & Goo, T. T. C. 1988. Compositional changes in ginger rhizomes during storage. *Journal. Amer. Soc. Hort. Sci.* **113**(4): 584-588.

Patro, B. S., Rele, S., Chintalwar, G. J., Chattopadhyay, S., Adhikari, S. & Mukherjee, T. 2002. Protective activities of some phenolic 1,3-diketones against lipid peroxidation: possible involvement of the 1,3-diketone moiety. *Chembiochem*. **3**:364-370.

"Pelan Pemasaran Komoditi Halia 2003-2010" (atas talian)
<http://www.usahawantani.com/2008/07/pelan-pemasaran-komoditi-halia.html> Dicetak 28 September 2008.

Pokorný, J. & Schmidt, Š. 2003. The impact of food processing in phytochemicals: the case of antioxidants. Dalam Johnson, I. & Williamson, G. (eds.). *Phytochemical Functional Foods*. Cambridge: CRC Press.

Pokorný, J., Yanishliera, N. & Gordon, M. (eds.) 2001. *Antioxidant in Food: Practical Application*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd.

Prasad, J. & Vijay, V. K. 2005. Experimental studies on drying of *Zingiber officinale*, *Curcuma longa* L. and *Tinospora cordifolia* in solar-biomass hybrid drier. *Renewable Energy*. **30**: 2097-2109.

- Prior, R. L., Wu, X. & Schaich, K. 2005. Standardized methods for the determinations of antioxidant capacity phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **53**: 4290-4302.
- Pruthi, J. S. 1992. Postharvest technology and spices: Pre-treatment, curing, cleaning, grading and packing. *Journal of Spices and Aromatic Crops*. **1**(1):1-29.
- Puengphian, C. & Sirichote, A. 2008. [6]-gingerol Content and Bioactive Properties of Ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) Extracts from Supercritical CO₂ Extraction. (atas talian) http://vishnu.sut.ac.th/iat/full_paper/up/Chairat%20PSU.doc Dicetak 23 Disember 2008.
- Rao, R. R. & Jamir, N. S. 1982. Ethnobotanical studies in Nagaland. I. Medicinal plants. *Econ Bot*. **36**:176-181.
- Rajalakshmi, D. & Narasimhan, S. 1996. Food Antioxidants: Sources and Methods of Evaluation. Dalam Madhavi, D.L., Deshpande, S.S. & Salunkhe, D.K. (eds.) *Food Antioxidants: Technological, Toxicological, and Health Perspectives*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Ratti, C. 2001. Hot Air and Freeze Drying of High Value Foods: A Review. *Journal of Food Engineering*. **49**:311-319.
- Ratti, C. 2008. *Advances in Food Dehydration*. US: CRC Press.
- Reifenrath, K. & Müller, C. 2007. Species-specific and leaf-age dependent effects of ultraviolet radiation on two Brassicaceae. *Phytochemistry*. **68**(6): 875-885.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A. & Yang, M. 1999. Antioxidant Activity Applying An Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biol Med*. **26**: 1231-1237.
- Roberto, G., Baratta, M. T., Deans, S.G. & Dorman, H.J.D. 2000. Antioxidant and Antimicrobial Activity of *Foeniculum vulgare* and *Crithmum maritimum* essential oils. *Planta Medica*. **66**: 687-693.
- Sahin, S. & Sumnu, S. G. 2006. *Physical properties of food*. USA: Springer.
- Shukla, Y. & Singh, M. 2007. Cancer preventive properties of ginger: A brief review. *Food and Chemical Toxicology*. **45**:683-690.

Singleton, V. L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. **299**: 152-178.

Soleha, I. 1995. *Pengawetan Makanan Secara Pengeringan*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Sharma, O.P. 1976. Antioxidant activity of curcumin and related compounds. *Biochemical Pharmacology*. **25**:1811–1812.

Srivastava, K. C. & Mustafa, T. 1992. Ginger (*Zingiber officinale*) in rheumatism and musculoskeletal disorders. *Journal of Medical Hypotheses*. **39**(4):342-348.

Stoilova, I., Krastanov, A., Stoyanova, A., Denev, P. & Gargova, S. 2007. Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). *Food Chemistry*. **102**: 764-77.

Suekawa, M., Isige, A. & Yuasa, K. 1984. Pharmacological studies on Ginger I: Pharmacological actions of pungent constituents, 6-gingerol and 6-shogaol. *Journal of Pharmacobiodyn*. **7**: 836-848.

Sugiyama, Y., S. Kawakishi, & T. Osawa. 1996. Involvement of the β-diketone moiety in the antioxidative mechanism of tetrahydrocurcumin. *Biochemical Pharmacology*. **52**:519–525.

Tanaka, S., Saito, M. & Tabata, M. 1980. Bioassay of crude drugs for hair growth promoting activity in mice by a new simple method. *Planta Med Suppl*. **40**:84-90.

Tech-Lab Scientific, 2009. "Laboratory Dryer Model FDD-720" (atas talian) http://mymall.netbuilder.com.my/index.php?doit=order&pid=51&domain=techlab&history_var=cid%3D22%26page%3D1 Dicetak 13 Mei 2009.

Tiwari, V., Shanker, R., Srivastava, J. & Vankar, P. S. 2006. Change in antioxidant activity of spices-turmeric and ginger on heat treatment. *Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. ISSN: 1579-4377.

Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V. & De Pasquale, A. 2005. Influence of heating on antioxidant activity and chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry*. **89**: 549–554.

"UV Index EPA Calculator" (atas talian) <http://www.csqnetwork.com/> Dicetak 10 September 2008.

Vinson, J., Zubik, L., Bose, P., Samman, N. & Proch, J. 2005. Dried fruits: excellent *in vitro* and *in vivo* antioxidants. *J Am Coll Nutr.* **24** (1): 44–50.

Weiss, E. A. 1997. *Essential Oil Crops*. Oxon: CAB International Publishing.

Weiss, E. A. 2002. *Spice Crops*. UK: CABI Publishing.

Zhang, H. Y. & Ji, H. F. 2006. How vitamin E scavenges DPPH radicals in polar protic media. *New Journal Chemistry*. **30**: 503 – 504.