

**KESAN PENGERINGAN YANG BERBEZA KE
ATAS KUALITI SERBUK ROZEL DAN
APLIKASINYA**

NUR SYAZWANI BINTI SAFFIE

**LATIHAN ILMIAH DISERAHKAN BAGI
MEMENUHI SEBAHAGIAN SYARAT
MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA
SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN DALAM
BIDANG TEKNOLOGI MAKANAN DAN
BIOPROSES**

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2012



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: KESAN PENGERINGAN BERBEZA KE ATAS KUALITI SERBUK ROZEL
DAN APLIKASINYA

DAZAH: SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN (TEKNOLOGI MAKANAN)
(DAN BIOPROSES)

SESI PENGAJIAN: 2008 - 2012

Saya NUR SYAZWANI BINTI SAFFIE

(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 ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

☒

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: KG. BANGGOL NANGKA

17000, PASIR MAS,

KELANTAN

EN. MANSOOR ABDUL HAMID

Nama Penyelia

Tarikh: 13 JULAI 2012

Tarikh: 13 JULAI 2012

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampiran surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebah 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).



PENGAKUAN

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

13 JULAI 2012



NUR SYAZWANI BINTI SAFFIE
BN08110020



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

NAMA : NUR SYAZWANI BINTI SAFFIE
NO MATRIK : BN08110020
TAJUK : KESAN PENDINGINAN YANG BERBEZA KE ATAS KUALITI SERBUK
ROSELLE DAN APLIKASINYA
IJAZAH : IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN
KEPUJIAN (TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)
TARIKH VIVA : 02 JULAI 2012

DISAHKAN OLEH

Tandatangan

1. PENYELIA

(ENCIK MANSOOR BIN ABDUL HAMID)



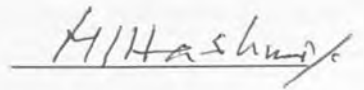
2. PEMERIKSA 1

(PUAN SITI FARIDAH BINTI MOHD AMIN)



3. PEMERIKSA 2

(DR. MOHD. IQBAL HASHMI)



4. DEKAN

(PROF. MADYA DR. SHARIFUDIN MD. SHAARANI)



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi puji dan syukur kepada Allah Yang Maha Esa kerana berkat dan bimbinganNya kepada saya akhirnya saya dapat menyiapkan projek tahun akhir saya ini.

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada Encik Mansoor Abdul Hamid, selaku penyelia penulisan disertasi saya ini di mana beliau telah banyak meluangkan masa dalam memberikan panduan dan nasihat bermula dari awal kajian penyelidikan saya sehingga akhirnya saya berjaya menyiapkan kajian ini. Kesabaran beliau dalam memberi tunjuk ajar serta bimbingan kepada saya amatlah dihargai.

Ucapan penghargaan juga saya tujukan kepada para pensyarah Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan, para pembantu makmal serta rakan-rakan yang telah menghulurkan bantuan secara langsung mahupun tidak langsung kepada saya. Tanpa bantuan mereka semua adalah mustahil bagi saya untuk menyiapkan projek ini.

Buat emak, ayah dan keluarga terima kasih atas dorongan dan semangat dari kalian. Jasamu tidak akan dilupakan.

Sekian, terima kasih.

Nur Syazwani Saffie

22 Mei 2012



ABSTRAK

MENGAJAI KESAN PENGERINGAN YANG BERBEZA KE ATAS KUALITI SERBUK ROSELLE (*HIBISCUSS SABDARIFFA*) DAN APLIKASINYA

Kajian ini dijalankan bagi mengkaji penggunaan kaedah pengeringan yang berbeza iaitu kaedah pengering vakum dan pengering kabinet dalam penghasilan serbuk roselle serta kesan penggunaan kedua-dua jenis pengering ini ke atas kandungan vitamin C dan antosianin serbuk roselle. Bagi mencapai berat yang malar masa pengeringan bagi pengering kabinet adalah panjang jika dibandingkan dengan masa pengeringan vakum. Kandungan vitamin C di dalam serbuk menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$) jika dibandingkan dengan roselle segar namun bagi roselle yang dikeringkan menggunakan kaedah vakum kandungan vitamin C adalah lebih tinggi berbanding dengan kabinet iaitu 127.01 ± 0.02 mg/g manakala bagi serbuk yang dihasilkan dengan pengering kabinet kandungan vitamin C adalah 107.04 ± 0.01 mg/g. Bagi kandungan antosianin pula walaupun terdapat penurunan yang signifikan ($p < 0.05$) di dalam serbuk jika dibandingkan dengan roselle segar tetapi untuk serbuk yang dihasilkan dengan kaedah pengeringan vakum kandungan antosianin adalah 525.40 ± 0.01 mg/ml manakala bagi serbuk yang dihasilkan dengan pengering kabinet kandungan antosianin adalah 438.21 ± 0.01 mg/ml. Dari segi warna pula warna merah serbuk roselle menunjukkan penurunan yang signifikan berbanding roselle segar namun warna merah roselle bagi pengering vakum adalah lebih tinggi iaitu 38.82 ± 0.02 jika dibandingkan dengan pengering kabinet iaitu 27.57 ± 0.02 . Serbuk ini juga telah berjaya digunakan dalam penghasilan sapuan dengan peratusan kehilangan vitamin C yang kurang iaitu sebanyak 6% sahaja.



ABSTRACT

EFFECT OF DIFFERENT DRYING METHOD ON ROSELLE (HIBISCUS SABDARIFFA) POWDER AND ITS APPLICATION

This research had been done to study the effect of different drying method which is vacuum drying and cabinet drying on the vitamin C and anthocyanin content of roselle. To get constant weight the time required to dried roselle using cabinet drying is much longer than using vacuum drying. Vitamin C content in powder showed a significant different ($p<0.05$) compared with fresh roselle but vitamin C in vacuum drying powder is much higher than cabinet which is 127.01 ± 0.02 mg/g for vacuum and 107.04 ± 0.01 mg/g for cabinet drying. For anthocyanin content there is significant different ($p<0.05$) between fresh roselle and dried roselle but the content is much higher in vacuum powder than in cabinet powder which is 525.40 ± 0.01 mg/ml for vacuum and 438.21 ± 0.01 mg/ml for cabinet drying. In term of colour vacuum dried powder have more density red colour than cabinet dried powder which is 38.82 ± 0.02 for vacuum dried and 27.57 ± 0.02 for cabinet dried. The powder also had been used to produce spread that have high retention of vitamin C which is its only less about 6%.

SENARAI ISI KANDUNGAN

Muka Surat

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SENARAI ISI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xii
SENARAI RAJAH	xiii
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xiv

1.0 PENGENALAN

1.1 Latar belakang kajian	1
1.2 Objektif kajian	5

2.0 ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa</i>)	6
2.2 Botani – Morfologi roselle	
2.2.1 Pokok	7
2.2.2 Batang dan dahan	8
2.2.3 Daun	8
2.2.4 Bunga dan kaliks	9
2.3 Ekologi	10



2.4 Kegunaan roselle	
2.4.1 Kegunaan bagi produk makanan	10
2.4.2 Kegunaan dalam bidang perubatan	12
2.5 Kandungan nutrisi	13
2.6 Antosianin	15
2.7 Asid askorbik	18
2.8 Pengeringan	20
2.8.1 Kaedah pengeringan sinar matahari	20
2.8.2 Pengering udara panas	21
2.8.3 Pengering permukaan panas	22
2.8.4 Faktor yang mempengaruhi kadar pengeringan	23
2.8.5 Kaedah pengeringan roselle	24
2.9 Sapuan	25
2.10 Gula	26
3.0 BAHAN DAN KAEDAH	
3.1 Bahan dan peralatan	28
3.2 Kaedah	
3.2.1 Penyediaan sampel	28
3.2.2 Kaedah pengeringan	29
3.2.3 Kaedah penghasilan serbuk	29
3.2.4 Kaedah penghasilan sapuan	30
3.3 Analisis serbuk roselle	
3.3.1 Analisis kandungan lembapan	31
3.3.2 Penentuan pH	32

3.3.3 Penentuan antosianin	32
3.3.4 Penentuan kandungan asid askorbik	34
3.3.5 Penentuan warna	35
3.4 Ujian mutu penyimpanan serbuk roselle	36
3.4.1 Penentuan pH	36
3.4.2 Penentuan kandungan asid askorbik	36
3.4.3 Penentuan warna	36
3.5 Ujian mikrobiologi serbuk roselle	
3.5.1 Penyediaan sampel	37
3.5.2 Pengiraan kulat dan yis	37
3.6 Ujian sensori sapuan	38
3.7 Analisis sapuan	
3.7.1 Penentuan pepejal terlarut (TSS)	38
3.7.2 Kandungan lembapan	38
3.7.3 Penentuan pH	38
3.7.4 Penentuan asid askorbik	39
3.7.5 Penentuan warna	39
3.8 Analisis statistik	39
 4.0 HASIL DAN PERBINCANGAN	
4.1 Serbuk roselle	
4.2 Analisis serbuk roselle	40
4.2.1 Kandungan lembapan	41
4.2.2 Kandungan pH	42
4.2.3 Warna	43

4.2.4 Kandungan antosianin	46
4.2.5 Asid askorbik	48
4.3 Kajian mutu simpanan serbuk roselle	49
4.3.1 Analisis fizikokimia	
a. pH	51
b. Warna	52
c. Asid askorbik	55
4.2.3 Ujian mikrobiologi serbuk roselle	57
a. Ujian kulat dan yis	57
4.4 Sapuan segera serbuk roselle	60
4.4.1 Ujian hedonik	60
a. Warna dan aroma	61
b. Kebolehsapuan	62
c. Kemanisan, kemasaman dan rasa roselle	63
d. Penerimaan keseluruhan	64
4.4.2 Analisis kimia sapuan	65
a. Kandungan lembapan	66
b. pH	67
c. Pepejal terlarut	67
e. Warna	68
f. Asid askorbik	68
4.4.3 Ujian mikrobiologi	69

BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1 Kesimpulan	71
----------------	----

5.2 Cadangan	72
--------------	----

RUJUKAN	74
----------------	----

LAMPIRAN	86
-----------------	----



SENARAI JADUAL

	Muka Surat
Jadual 2.1 Ciri-ciri fizikal bagi roselle segar	10
Jadual 2.2 Kandungan nutrisi bagi kaliks roselle yang segar	14
Jadual 2.3 Kandungan nutrisi bagi kaliks roselle yang kering	15
Jadual 3.1 Formulasi penghasilan sapuan	30
Jadual 4.1 Hasil analisis kaliks roselle	41
Jadual 4.2 Analisis fizikokimia bagi serbuk roselle yang dihasilkan menggunakan kaedah vakum yang disimpan	50
Jadual 4.3 Analisis fizikokimia bagi serbuk roselle yang dihasilkan menggunakan kaedah kabinet yang disimpan	51
Jadual 4.4 Jumlah anggaran pertumbuhan kulat pada serbuk	58
Jadual 4.5 Nilai min bagi setiap formulasi dari ujian hedonik	61
Jadual 4.6 Analisis kimia sapuan segera serbuk roselle	66
Jadual 4.7 Bilangan koloni mikroorganisma pada sapuan	69

SENARAI RAJAH

	Muka Surat
Rajah 2.1 Kaliks roselle segar	6
Rajah 2.2 Pokok roselle yang telah mula mengeluarkan buah	8
Rajah 2.3 Bunga roselle yang tumbuh pada bahagian ketiak pokok	9
Rajah 2.4 Struktur kimia antosianin	16
Rajah 2.5 Struktur kimia asid askorbik	19
Rajah 3.1 Penghasilan sapan segera serbuk roselle	31
Rajah 4.1 Peratusan warna merah dan kecerahan roselle	43
Rajah 4.2 Graf peratusan kehilangan antosianin bagi roselle	47
Rajah 4.3 Graf peratusan kehilangan vitamin C bagi roselle	48
Rajah 4.4 Graf bagi peratusan kecerahan (L^*) bagi sampel yang disimpan	53
Rajah 4.5 Graf bagi peratusan kemerahan (a^*) bagi sampel yang disimpan	53
Rajah 4.6 Peratusan kandungan vitamin C bagi sampel roselle	56

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

<	Kurang daripada
>	Lebih daripada
%	Peratus
°C	Darjah selsius
°Brix	Darjah brix
Kg	Kilogram
g	Gram
mg	Miligram
m	Meter
cm	Sentimeter
l	Liter
ml	Mililiter



BAB 1

PENGENALAN

1.1: Latar Belakang Kajian

Malaysia merupakan salah sebuah negara yang mempunyai pelbagai jenis tumbuhan tropika dan juga herba-herba yang sangat berguna dalam industri makanan. Salah satu tumbuhan yang semakin mendapat perhatian pada masa kini ialah rozel atau nama saintifiknya *Hibiscus sabdariffa*. Rozel merupakan salah satu spesies bunga raya dimana ianya tergolong di dalam keluarga Malvacane (Emmy *et al.*, 2008). Tumbuhan ini kebiasaannya terdapat di negara-negara yang beriklim tropika dan subtropika dengan jumlah taburan hujan antara 1500 sehingga 2000 mm setahun (Ismail *et al.*, 2008). Rozel boleh ditemui di negara seperti Afrika, India, Arab, Vietnam, Filipina, Thailand, Indonesia dan juga Malaysia (Mat Isa *et al.*, 1985; Rao, 1996; Abu Tarboush *et al.*, 1997; Chewonarian *et al.*, 1999). Bagi mengelakkan bunga rozel berkembang pada peringkat pra-matang, ianya perlu terdedah kepada cahaya matahari sekurang-kurangnya 13 jam di awal bulan pertama penanamannya (Robert, 2005).

Tumbuhan ini di kategorikan sebagai tumbuhan herba yang renek (Brouk, 1975; Morton, 1987). Di Malaysia, terdapat dua musim penanaman rozel iaitu pada bulan Januari hingga Julai bagi musim pertama dan Julai hingga Disember bagi musim kedua (Mohiuddin *et al.*, 2005). Manakala di negara-negara bermusim seperti Amerika, Taiwan, dan juga Nigeria rozel hanya boleh didapati pada bulan-bulan



tertentu sahaja (Morton, 1987; Aina & Shodipe, 2006) di mana penanamannya bermula dari bulan September sehingga bulan November.

Rozel dikatakan berasal dari India namun begitu ada juga yang berpendapat ianya berasal dari Afrika Barat. Tumbuhan ini dikenali dengan pelbagai nama seperti rozel (Abu Tarboush *et al.*, 1997; Chewonarin *et al.*, 1999; Tsui *et al.*, 2002), karkade (Abu Tarboush *et al.*, 1997) dan mesta (Rao, 1996). Tumbuhan ini merupakan tumbuhan yang berpotensi digunakan sebagai salah satu bahan bagi penghasilan produk makanan. Tanaman ini mula diperkenalkan sejak lebih tiga kurun yang lalu namun ianya semakin dikomersialkan pada masa kini kerana ianya mempunyai potensi besar bukan sahaja dalam industri makanan tetapi juga dalam industri perubatan.

Namun begitu di Malaysia penggunaan rozel dalam produk makanan masih lagi dianggap baru. Tumbuhan ini merupakan antara tumbuhan baru yang mula dikomersialkan di Malaysia (Ismail *et al.*, 2008). Rozel mula mendapat perhatian dalam industri makanan kerana kalikisnya menghasilkan warna merah yang menarik disamping rasanya yang unik (Wong *et al.*, 2003) yang dapat diaplikasikan di dalam pelbagai jenis produk makanan.

Selain itu kandungan pektin, askorbik asid, dan juga antosianin di dalam rozel adalah tinggi (Salvador *et al.*, 2008). Kaliks rozel mempunyai rasa yang masam yang membolehkan ia diproses menjadi pelbagai jenis hasilan makanan seperti halwa, jeli, sos, jeruk dan juga minuman rozel (Hirunpanish *et al.*, 2006). Selain dari makanan, kaliks rozel ini juga dikaji dari segi khasiatnya terhadap kesihatan manusia. Kaliks ini dikatakan boleh memberikan kesan yang positif ke atas kesihatan manusia (Faraji & Tarkhani, 1999; Tseng *et al.*, 1997). Antara yang sering dikaji ialah kelebihannya

dalam menjadi bahan antioksidan yang baik. Dari kajian yang telah dijalankan oleh Tee *et al.* (1997) menunjukkan bahawa rozel boleh dijadikan salah satu bahan untuk mencegah kanser, mengurangkan kadar tekanan darah tinggi dan juga memperbaiki sistem penghadaman manusia. Ekstrak dari kaliks rozel boleh digunakan bagi merawat pesakit yang mengalami masalah batu karang (Prasongwatana *et al.*, 2008).

Duke (1983) dan Mat Isa *et al.* (1985) telah melaporkan bahawa di dalam setiap 100g kaliks rozel yang segar mengandungi 84.5% kandungan lembapan, 1.9g protein, 0.1g lemak, 12.3g karbohidrat, 2.3g serat, dan 1.2g abu. Kandungan antosianin yang tinggi di dalam rozel menjadikan rozel sumber antioksidan yang baik (Tsui *et al.*, 2002). Du dan Francis (1973) melaporkan bahawa terdapat lebih kurang 1.5g antosianin di dalam setiap 100g rozel yang dikeringkan.

Selain itu rozel dikatakan mengandungi 3 kali ganda lebih vitamin C berbanding dengan anggur hitam (*Ribes nigrum* L.) dan 9 kali lebih vitamin C berbanding dengan buah sitrus (*Citrus sinensis* L.) dan seringkali diproses untuk dijadikan jus, teh dan juga bahan asas dalam penghasilan jem (Mat Isa *et al.*, 1985; Emmy, 2006). Dalam satu kajian yang dijalankan oleh Duke (1983) menunjukkan bahawa di dalam setiap 100g kaliks rozel yang segar mengandungi 2.85µg vitamin D, 0.04mg vitamin B1, 0.6mg vitamin B2 dan 0.5mg vitamin B kompleks.

Bagi rozel yang telah dikeringkan pula kandungan asid askorbik juga adalah tinggi iaitu di antara 360-280 mg/100g. Mat Isa *et al.* (1985) mengatakan bahawa kaliks rozel yang kering mengandungi asid askorbik yang tinggi, 260-280 mg/100g dan ini telah dibuktikan juga melalui kajian yang telah dijalankan oleh Tee *et al.* (1997) di mana ia menyatakan bahawa kandungan asid askorbik di dalam kaliks rozel

adalah lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan asid askorbik yang terdapat di dalam jambu batu dan oren.

Walaupun rozel ini mendapat perhatian dalam industri makanan kerana kandungan nutrisi yang tinggi namun oleh kerana jangka hayat simpanan bagi rozel segar adalah singkat maka proses pengawetan diperlukan dalam memastikan rozel ini dapat disimpan lama. Kaliks rozel yang segar kebiasaannya hanya boleh disimpan dalam masa 2 hingga 3 hari pada suhu bilik (Aina & Shodipe, 2006). Ini adalah kerana kandungan air yang terdapat di dalam kaliks menjadikannya sangat cepat rosak disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisma, perubahan fizikal serta tindak balas kimia dan juga biologi. Oleh yang demikian satu cara pengawetan perlu dijalankan bagi memastikan kaliks rozel ini dapat disimpan dalam jangka hayat yang lebih lama. Kaedah pengawetan yang biasa digunakan ialah pengawetan dengan cara pengeringan adalah sangat sesuai bagi menurunkan kandungan air di dalam kaliks rozel bagi mengelakkannya cepat rosak dan bagi menambahkan hayat penyimpanan rozel tersebut.

Namun begitu pengawetan menggunakan kaedah pengeringan akan menyebabkan sesetengah kandungan nutrien seperti antosianin dan vitamin C di dalam tumbuhan tersebut merosot. Kandungan utama antosianin rozel adalah terdiri daripada mono- dan diglukosida menyebabkan ianya kurang stabil dan sensitif pada perubahan pH dan juga suhu yang tinggi (Jackman & Smith, 2011). Oleh kerana antosianin adalah sangat sensitif pada suhu tinggi maka ianya sangat mudah terurai dan akan menghasilkan kompaun yang tidak berwarna ataupun kompaun yang berwarna perang (Idham *et al.*, 2011).

Selain itu pengeringan pada suhu yang tinggi juga akan menyebabkan vitamin C yang terkandung di dalam kaliks rozel terurai. Menurut kajian yang dijalankan oleh Aina dan Shodipe (2006) kandungan askorbik asid di dalam rozel akan terurai apabila melalui proses pemanasan pada suhu yang tinggi. Askorbik asid adalah sangat sensitif pada suhu yang tinggi, cahaya dan pH. Selain itu ia juga senang teroksida apabila dipanaskan (Lathrop & Leung, 1980).

Oleh kerana antosianin dan vitamin C adalah sangat sensitif kepada suhu yang tinggi maka kajian perlu dijalankan dalam mendapatkan kaedah pengeringan yang baik bagi memastikan kandungan antosianin dan vitamin C di dalam serbuk rozel yang dihasilkan dapat dikekalkan.

Oleh yang demikian tujuan kajian ini dijalankan adalah bagi mengkaji kesan penggunaan kaedah pengeringan yang berbeza iaitu pengeringan kabinet dan juga pengeringan vakum ke atas kandungan antosianin dan vitamin C di dalam serbuk rozel serta penerimaan sensori ke atas serbuk yang dihasilkan. Hasil dari kajian ini penting bagi industri makanan kerana serbuk yang terhasil dapat diaplikasikan dalam pembuatan produk makanan seperti jus rozel, aiskrim rozel, jem, kek, pudding dan pelbagai lagi.

1.2: Objektif Kajian

1. Mengkaji kesan penggunaan kaedah pengeringan yang berbeza ke atas kandungan antosianin dan vitamin C di dalam rozel.
2. Mengkaji kesan penyimpanan ke atas kualiti serbuk rozel yang dihasilkan.
3. Mengkaji penerimaan sensori ke atas produk yang dihasilkan dari serbuk rozel.

BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Rozel (*Hibiscus sabdariffa*)

Rozel atau nama saintifiknya *Hibiscus sabdariffa* salah satu spesies bunga raya dimana ianya tergolong di dalam keluarga Malvacane (Emmy *et al.*, 2008). Rozel ini juga merupakan sejenis tumbuhan herba yang renek (Brouk, 1975; Morton, 1987) yang kebiasaannya terdapat di negara-negara yang beriklim tropika dan subtropika dengan jumlah taburan hujan antara 1500 sehingga 2000 mm setahun (Ismail *et al.*, 2008). Rozel boleh ditemui di negara seperti Afrika, India, Arab Saudi, Vietnam, Filipina, Thailand, Indonesia dan juga Malaysia (Mat Isa *et al.*, 1985; Rao, 1996; Abu Tarboush *et al.*, 1997; Chewonarian *et al.*, 1999). Rajah 2.1 menunjukkan kaliks rozel yang biasa digunakan bagi penghasilan produk makanan.



Rajah 2.1: Kaliks rozel segar

Rozel dikatakan berasal dari India namun begitu ada juga yang berpendapat ianya berasal dari Afrika Barat. Tumbuhan ini dikenali dengan pelbagai nama seperti rozel (Abu Tarboush *et al.*, 1997; Chewonarin *et al.*, 1999), karkade (Abu Tarboush *et al.*, 1997) dan mesta (Rao, 1996). Tumbuhan ini merupakan tumbuhan yang berpotensi digunakan sebagai salah satu bahan bagi penghasilan produk makanan. Tanaman ini mula diperkenalkan sejak lebih tiga kurun yang lalu namun ianya semakin dikomersialkan pada masa kini kerana ianya mempunyai potensi besar bukan sahaja dalam industri makanan tetapi juga dalam industri perubatan.

Di Malaysia, terdapat dua musim penanaman rozel iaitu pada bulan Januari hingga Julai bagi musim pertama dan Julai hingga Disember bagi musim kedua (Mohiuddin *et al.*, 2005). Manakala di negara-negara bermusim seperti Amerika, Taiwan, dan juga Nigeria rozel hanya boleh didapati pada bulan-bulan tertentu sahaja (Morton, 1987; Aina & Shodipe, 2006) di mana penanamannya bermula dari bulan September sehingga bulan November. Bagi mengelakkan bunga rozel berkembang pada peringkat pra-matang, ianya perlu terdedah kepada cahaya matahari sekurang-kurangnya 13jam di awal bulan pertama penanamannya (Robert, 2005).

2.2 Botani-Morfologi rozel

2.2.1 Pokok

Rozel kebiasaannya ditanam samada dengan menggunakan biji benihnya ataupun keratan rentas batang rozel (Faridah, 1998). Ketinggian pokok rozel adalah di antara 3 sehingga 5 meter dengan tempoh hayatnya enam sehingga sepuluh meter dan mula berbunga pada umur 45 sehingga 60 hari dari tempoh penanamannya (Faridah, 1998).



Rajah 2.2: Pokok rozel yang telah mula mengeluarkan buah

2.2.2 Batang dan dahan

Dahan dan tangkai rozel berwarna dari hijau gelap kepada warna merah dengan ketinggian lebih kurang 3.5m (Ismail *et al.*, 2008). Dahan rozel adalah tidak berbulu dan akan mula melentur apabila ianya telah mengeluarkan bunga (Ismail *et al.*, 2008).

2.2.3 Daun

Pada peringkat awal pertumbuhannya daun rozel berwarna hijau dengan bentuk yang bujur meruncing (Ismail *et al.*, 2008). Namun begitu setelah pokok rozel ini semakin matang bentuk daun tersebut akan berubah dengan bentuk seakan-akan tapak tangan yang mempunyai tiga cuping yang meruncing di bahagian hujungnya dan pada bahagian tepi daun tersebut terdapat bentuk gerigi (Rusmawati, 1997).

2.2.4 Bunga dan kaliks

Rozel akan mula mengeluarkan bunga di antara 45 sehingga 60 hari selepas tempoh penanamannya. Bunga ini akan keluar di setiap bahagian ketiaknya dengan hanya sekuntum pada setiap bahagian (Ismail *et al.*, 2008). Bunga ini mempunyai lima kelopak yang berwarna kuning muda atau merah jambu (Morton, 1987). Rajah 2.2 menunjukkan bunga rozel yang berwarna merah jambu yang tumbuh pada bahagian ketiak pokok rozel.



Rajah 2.3: Bunga rozel yang tumbuh pada bahagian ketiak pokok

Kaliks rozel adalah bahagian yang paling digunakan dan mempunyai nilai komersil. Kaliks ini merupakan kelopak yang diambil dari bunga rozel setelah bijinya yang berada ditengah dibuang (Ismail, 2008). Pada setiap bunga rozel terdapat lima kaliks yang bercantum dibahagian bawah dan kebiasaannya ukuran kaliks ini adalah diantara 4 sehingga 5 cm (Ismail, 2008). Jadual 2.3 menunjukkan ciri-ciri fizikal bagi kaliks rozel yang segar.

Rujukan

- Aberz, J. E. & Wrolstad, R.E. 1979. Causative factors of colour deterioration in strawberry preserves during processing and storage. *Journal of Food Science*. **44**: 75-78.
- Abu-Tarboush, H. M., Ahmed, S. A. B. & Al Kahtani, H. A. 1997. Some nutritional properties of Karkade (*H. sabdariffa*) seed products. *Cereal Chemistry*. **74** (352): 35.
- Adams, J.B. 1973. Thermal degradation of anthocyanins with particular reference to the 3-glycoside of cyaniding in acidified aqueous solution at 100 degree. *Journal Science Food Agriculture*. **24**: 747-762.
- Aina, J.O. & Shodipe, A.A. 2006. Colour stability and vitamin C retention of roselle juice (*Hibiscus sabdariffa* L) in different packaging materials. *Nutrition and Food Science*. **36** (2): 90-95.
- Akta Makanan 1983 (Akta 281) & Peraturan Makanan 2001. Petaling Jaya: International Law Book Services.
- Al-Kahtani, H. & Hassan, B.H. 1990. Spray drying of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. *Journal of Food Science*. **55**(4): 1073-1076.
- Ameh, A. O., Isa, M. T., Ahmed, A. S. & Adamu, S. B. 2009. Studies on the use of trona in improving the taste of the extract from *Hibiscus Sabdariffa* calyx. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. **8** (1): 7-12.
- Aminah Abdullah. 2000. Prinsip penilaian sensori. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.

- Ankit, P., Nigel, P. B., Colm, O. & Tiwari, B. K. 2010. Studies on the use of trona in improving the taste of the extract from *Hibiscus Sabdariffa* calyx. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. **8** (1): 7-12.
- Association of Official Analytical Chemist. 2000. Official method of analysis. Virginia: AOAC.
- Ayhan, Z., Yeom, H. W., Zhang, Q. H. & Min, D. B. 2001. Flavour, colour and vitamin C retention of pulse electric field processed orange juice in different packaging materials. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. **49**: 659-674.
- Azza A. Abou-Arab, Ferial M. Abu-Salem & Esmat A. Abou-Arab. 2011. Physico-chemical properties of natural pigments (anthocyanin) extracted from roselle calyces (*Hibiscus sabdariffa*). *Journal of American Science*. **7** (7): 445-456.
- Badreldin, H. A., Naser Al Wabel & Gerald Blunden. 2005. Phytochemical, pharmacological an toxicological aspects of *Hibiscus sabdariffa* L.: A review. *Wiley Interscience*. **10** (1002): 1682.
- Beveridge, J. & Harrison, J. E. 2006. Nonenzymatic browning in pear juice concentrate at elevated temperatures. *Joyrnal of Food Science*. **49** (5): 1335-1336.
- Bridle, P. & Timberlake, C. F. 1997. Anthocyanins as natural food colour-selected aspects. *Fodd Chemistry*. **58** (2): 103-109.
- Broomfield, R.W. 1996. The manufacture of preserves, flavourings and dried fruits. pp. 165-174. United Kingdom: Blackie.
- Brouk, B. 1975. Plant consume by a man. pp. 448-452. London: Academic Press.

- Brownmiller, C., Howatd, L. R. & Prior R. L. 2008. Processing and storage effect on monomeric anthocyanins, percent polymeric colour and antioxidant capacity of processed blueberry products. *Journal of Food Science*. **5** (73): 72-79.
- Burdurlu, H.S., Nuray, K. & Feryal, K. 2005. Degradation of vitamin C in citrus juices concentrates during storage. *Journal Food Engineering*. **74** (2006): 211-216.
- Cisse, H., Ramesh, C.K., Luke, R.H. & Ronald, L.P. 2010. Effect of heating on the stability of grape and blueberry pomace procyanidins and total anthocyanins. *Food Research International*. **43**: 1464-1469.
- Che Rahani, Z. & Hamdzah, A. R. 1994. Kawalam mutu dalam pemprosesan jam dan jeli. *Teknologi Makanan MARDI*. **13**: 53-56.
- Chewonarin, T., Kinouchi, T., Kataoka, K., Arimachi, H., Kuwahara, T. & Initkekumnuen, U. 1999. Effects of Roselle (*H. sabdariffa* L.), a Thai medicinal plant, on the mutagenicity of various known mutagens in Salmonella typhimurium and on formation of aberrant crypt foci induced by the colon carcinogens azoxymethane and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo (4,5-b)pyridine in F344 rats. *Food and Chemical Toxicology*. **37**: 591-601.
- Chris, B., Paul, N. & Anthony, P. W. 2005. Food microbiology and laboratory practice. United Kingdom: Blackwell publishing.
- Christian, K. R. & Jackson, J. C. 2009. Changes in total phenolic and monomeric anthocyanin composition and antioxidant activity of three varieties of sorrel (*Hibiscuss sabdariffa*) during maturity. *Journal of Food Composition and Analysis*. **22**: 663-667.
- Chutintrasri, B. & Noomhorn, A. 2007. Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. *Journal of Food Science and Technology*. **40**: 300-306.

- Clydesdale, F.M., Main, J.H. & Francis, F.J. 1979. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) anthocyanins as colorants for beverages and gelatin desert. *Journal of Food Protection*. **42**: 204-267.
- Dierdre, M.H. & Adel, A.K. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biology & Technology*. **17**: 19-32.
- Du, C.T. & Francis, F.J. 1973. Anthocyanins of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Food Science*. **38**: 810-812.
- Duangmal, K., Saicheua, B. & Sueeprasan, S. 2004. Roselle anthocyanins as a natural food colorant and improvement of its colour stability. *Interim Meeting of the Color Association Proceeding*. 155-158.
- Duangmal, K., Saicheua, B. & Sueeprasan, S. 2008. Colour evaluation of freeze-dried roselle extract as a natural food colorant in a model system of a drink. *Journal Food Science and Technology*. **41**: 1437-1445.
- Duke, J.A. 1983. Malvacane Roselle. In *Handbook of Energy Crops*. pp. 345-369. America: Purdue University Indiana.
- Ellias, M. J. 1994. The methodology of shelf-life determination in shelflife evaluation of foods. pp. 36-37. London: Chapman & Hill.
- Emmy H. K. I., Amin, I. & Mohd Esa, N. 2008. Nutritional and amino acid contents of differently treated Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds. *Food Chemistry*. 906-911.

- Eskin, N. A. M. 1990. Biochemistry of food processing: Browning reactions in foods. *In Biochemistry of foods 2nd*. pp. 240–295. London: Academic Press.
- Fang, Z. & Bhandari, B. 2011. Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. *Food Chemistry*. **129**: 1139-1147.
- FAO/WHO. 2002. Vitamin C. In: Human vitamin & mineral requirements. Report of Joints FAO/WHO Expert Consultation. pp. 73-86. Rome: FAO.
- Faraji, M. & Tarkhani, A. 1999. The effect of sour tea (*H. sabdariffa*) on essential hypertension. *Journal of Ethnopharmacology*. **65**(3): 231–236.
- Faridah, M.S. 1998. Roselle bunga yang enak dimakan. Agromedia, bil.3. Selangor: Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia.
- Fennema, O. 1977. Loss of vitamins in fresh and frozen foods. *Food Technology*. **31**(12): 32–38.
- Gabb, S. 1997. Sudanese Karkadeh: A brief introduction, economics. London: The Sudan Foundation. Laman web: <http://www.sufo.demon.co.uk/econD12.htm>.
- Genshoff, S. 1993. Vitamin C (ascorbic acid): new roles, new requirements. *Nutrition Reviews*. **51** (11): 313-326.
- Giusti, M. M. & Wrolstad R. E. 2002. Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanin in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*. **67** (4): 1288-1299.
- Giusti, M.M & Wrolstad, R.E. 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their application in food system. *Biochemical Engineering Journal*. **14**(3): 217-225.
- Gonnet, J. F. 1999. Colour effects of co-pigmentation of anthocyanins revisited. A colorimetric definition using the CIELAB scale. *Food Chemistry*. **66**: 387-394.

- Gordon, L. R., & Samaniego-Esguerra, M. C. 1990. Effect of soluble solids and temperature on ascorbic acid degradation in lemon juice stored in glass bottles. *Journal of Food Quality*. **13**: 361–374.
- Goula, A.M., Adamopoulos, K.G. 2005. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. *Journal of Food Engineering*. **66**: 35–42.
- Halimatul, S. M. N., Amin, I., Mohd-Esa, N., Nawalyah, A. G. & Siti Muskinah, M. 2007. Protein quality of Roselle (*H. sabdariffa* L.) seeds. *ASEAN Food Journal*, **14**(2): 131–140.
- Herrera-Arellano, A., Flores-Romero, S., Chaves-Soto, M.A. & Tortonilello, J. 2004. Effectiveness and tolerability of a standardized extract from *Hibiscus sabdariffa* in patient with mild to moderate hypertension: A controlled and randomized clinical trial. *Phytomedicine*. **11**: 375-382.
- Hirunpanich, Y., Utaipat, A., Morales, N.P., Bunyaprapatsara, N., Sato, H., Herunsale, A. & Suthisisang, C. 2006. Hypocholesterolemic and antioxidant effects of aqueous extract from the dried calyx of *Hibiscus sabdariffa* L. in hypercholesterolemic rats. *Journal of Ethnopharmacology*. **103**: 252-260.
- Hoizmeister, L. A. 1993. Substitute fruit spreads of high sugar jams, jellies. *Diabetes in the news*. **12** (5): 36-40.
- Ibarz, A., Pagain, J. & Graza, S. 1999. Kinetic model for color changes in pear puree during heating at relatively high temperature. *Journal of the Food Science of Food and Agricultural*. **39**: 415-422.
- Ismail, A., Emmy, H.K.I. & Halimatul, S.M.N. 2008. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds-nutritional composition, protein quality and health benefits. *Journal Food Global Science*. **2** (1): 1-16.

- Jackman, R. L. & Smith, J. L. 1996. Anthocyanins and betalains. In: Natural food colourant. 2nd edition. Britain: Blackie Academic & Professional.
- Jackman, R.I. & Smith, J.L. 1996. Anthocyanins and betalains. *Natural Food Colourant*. 245-249.
- Jacques, P., Taylor, A., Itankinson, S., Willet, W., Mahnken, B., Lee, Y., Vaid, K. & Lahav, M. 1997. Long-term vitamin C supplement use and prevalence of early age-related lens opacities. *American Journal of Clinical Nutrition*. **66**: 911-916.
- Kader, F., Irmoulli, M., Nicola, P. & Metche, M. 2002. Involvement of blueberry peroxidase in the mechanism of anthocyanin degradation in blueberry juice. *Journal of Food Science*. **67** (3): 910-915.
- Kanekar, P., Sarneik, S. & Joshi, N. 1992. Sugar and acid tolerant microorganism causing spoilage in mango jam. *Food Science and Technology*. **29**: 278-280.
- Kim, D. O. & Padilla-Zakour, O. I. 2004. Jam processing effect on phenolic and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: Cherry, plum and raspberry. *Journal of Food Science*. **69**: 395-400.
- Konczak, I. & Zhang, W. 2004. Anthocyanin-more than nature's colour. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. **2004** (45): 239-240.
- Konczak, I. & Zhang, W. 2004. Anthocyanins mora than nature colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. **204**(5): 239-240.
- Kong, J.M., Chia, L.S., Goh, N.K., Chia T.F. & Brouillard, R. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*. **64**: 923-933.
- Kurz, C., Munz, M. Schieber, A. & Carle, R. 2007. Determination of the fruit content of apricot and strawberry jams and spreads, apricots and peach fruit preparations by gravimetric quantification of hemicelluloses. *Journal of Food Chemistry*. **109**: 447-454.

- Larisch, B., Grob, U. & Pishetsrieder, M. 1998. On the reaction of L-ascorbic acid with propylamine under various conditions: quantification of the main products by HPLC/DAD. *Food Chemistry*. **206**: 333-337.
- Lathrop, P.J. & Leung, H.K. 1980. Rates of ascorbic acid degradation during thermal processing of canned peas. *Journal of Food Science*. **45**: 152-153.
- Lee, H. S., & Coates, G. A. 1999. Vitamin C in frozen, fresh squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottled orange juice: A storage study. *Food Chemistry*. **65**: 165–168.
- Lim, J.Y.S. 2000. Penghasilan produk kering (The roselle dan ready mix powder) daripada kaliks roselle. Kota Kinabalu: Universiti Malaysia Sabah.
- Maccarone, E., Maccarone, A. & Rapisarda, P. 1985. Stabilization of anthocyanins of blood orange fruit juice. *Journal of Food Science*. **50**: 901-904.
- Markakis, P. 1982. Stability of anthocyanins in foods. pp. 163-178. London: Academic Press.
- Mat Isa, A., Mohd Isa, P.M. & Abd Aziz, A.R. 1985. Analisis kimia dan pemprosesan roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *MARDI Res. Bull.* **13**: 68-74.
- Mat Isa, A., Nazarifah, I. & Zaiton, A. 1996. Product development from roselle calyces. Kuala Lumpur: Institut Penyelidikan dan Pertanian Malaysia (MARDI).
- McGhile, T. K. & Walton, M. C. 2007. The bioavailability and absorption of anthocyanins: towards a better understanding. *Molecular Nutrition Food Research*. **51**:702-713.

- Meilgard, M., Civille, G.V. & Carr, B.T. 1999. Sensory evaluation techniques. 3rd edition. New York: CRC press.
- Meschter, E.E. 1973. Effect of carbohydrates and other factors on strawberry products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. **1**: 574-579.
- Mohd Esa, N. & Normah, H.N. 2010. Antioxidant activity in different parts of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extracts and potential exploitation of the seeds. *Food Chemistry*. **122**: 1055-1060.
- Mohiuddin, M.M. & Zaidi, H.R. 2005. Composition and characteristics of *Hibiscus sabdariffa* seeds oil. Fat, Soups and Coating material. **77**: 488-489.
- Morton, J.F. 1987. Roselle in fruits of warm climate. pp.281-286. United States of America: Florida Flair Books.
- Muego-Gnanasekharen, K. F., Resurreccion, A. V. A., Garcia, V. V. & Rosario, R. 1993. Consumer acceptance and storage stability of a cheese-flavored spread made from peanuts. *Food Quality & Preference*. **4** (1993): 111-117.
- Omobuwajo, T.O., Sanni, L.A. & Baloni, Y.A. 2000. Physical properties of sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) seeds. *Journal Food Engineering*. **45**: 37-41.
- Palamidis, N. & Markakis, P. 1978. Stability of grape anthocyanin in carbonated beverages. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. **33**: 2633-2639.
- Patras, A., Nigel, P., Brunton, C.O., & Tiwari, B.K. 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanism and kinetics of degradation. *Food Science and Technology*. **21**: 3-11.
- Pitt, J. I. & Hocking, A.D. 1999. Fungi and food spoilage. Australia: Academic Press.

- Prasongwatana, V., Surachet, W., Pote, S. & Veerapol, K. 2008. Uricosuric effect of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) in normal & renal-stone former subject. *Journal of Ethnopharmacology*. **91** (10): 1589-1594.
- Prenești, E., Berto, S., Daniele, P. G. & Toso, S. 2007. Antioxidant power quantification of decoction and cold infusions of *Hibiscus sabdariffa* flowers. *Food Chemistry*. **100**: 433-438.
- Ramesh, C. K., Luke, R. H. & Ronald, L. P. 2010. Effect of heating on the stability of grape and blueberry pomace procyanidins and total anthocyanins. *Food Research International*. **43** (2010): 1464-1469.
- Rao, P. U. 1996. Nutrient composition and biological evaluation of roselle (*H. sabdariffa*) seeds. *Plant Food for Human Nutrition*. **49**: 27-34.
- Redlinger, P. & Nelson, D. 2001. Making fruit spreads. Iowa: Iowa State Universities of Science and Technology.
- Renny, D.F. & Mulyantini, S. 2006. Pengeringan kelopak bunga rosella menggunakan tray dryer. Indonesia: Universitas Diponegoro.
- Robert, S.M. 1996. Roselle production manual (*Hibiscus sabdariffa*). Laman web: http://www.herbs.org/Africa/hibiscus_production_manual.html.
- Robert, S.M. 2005. Roselle production: Botanical Description. Laman web: http://www.herbs.org/Africa/articles/hibiscus_manual.html.
- Robertson, G. L. & Samaniego, C. M. L. 1986. Effect of initial dissolved oxygen levels on the degradation of ascorbic acid and the browning of lemon juice during storage. *Journal of Food Science*. **51**(1): 184-187.
- Rusmawati, C.M. 1997. Roselle spesies bunga raya yang hebat. *Dewan Kosmik*. **5**(9):30-31.

- Salvador, G.M., Mirna, E.E., Juan Florencio, G.L. & Isaac, A.G. 2006. Effect of the Temperature on the Spray Drying of Roselle Extracts (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Plant Foods Human Nutrition*. **64**:62–67.
- Santanu, B., Shivhare, U. S., Singh, T. V. & Beniwal, V. S. 2010. Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substitute mango jam. *Journal of Food Engineering*. **105** (2011): 503-512.
- Sivasankar, B. 2008. Food processing and preservation. pp. 201-230. India: Prentice-Hall.
- Soleha Ishak. 1995. Pengawetan makanan secara pengeringan. Selangor: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Tee, E.S., Noor, M.I., Azudin, M.N. & Idris, K. 1997. Nutrient composition of Malaysian foods. pp. 299. Malaysia: Institute for Medical Research Kuala Lumpur.
- Tsai, P. J., Mc Intosh, J., Pearce, P., Camden, B. & Jordan, B. R. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle (*H. sabdariffa* L.) extract. *Food Research International*. **35**: 351–356.
- Tseng, T. H., Kao, E. S., Chu, C. Y., Chou, F. P., Lin Wu, H. W. & Wang, C. J. 1997. Protective effects of dried flower extracts of *H. sabdariffa* L. against oxidative stress in rat primary hepatocytes. *Food and Chemical Toxicology*. **35**(12): 1159–1164.
- Uysal, P. & Kirca, T. 2011. Effect of UV-c light on anthocyanin content & other quality parameters of pomegranate juice. *Journal of Food Composition and Analysis*. **24** (6): 790-795.
- Will, R. B. H., McGlasson, W. B., Graham, D. & Joyce, D. 1998. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of the fruit, vegetables and ornamentals. 4th edition. Australia: New South Wales University, Press.

- Williams, P.A. & Phillips, G.O. 2003. Texture in Food: The use of hydrocolloids to improve food texture. pp. 265. America: CRC Press.
- Wong, C.J., Wang J.M. & Lin W.L. 2000. Protective effect of *Hibiscus sabdariffa* against *tert-butyl* hydroperoxide-induced hepatic toxicity in rats. *Food Chemistry Toxicology*. **38**: 411-416.
- Wong, P.K., Salmah, Y., Ghazali, H. M. & Che Man, Y. B. 2002. Physico-chemical characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Nutrition and Food Science*. **32** (2): 68-73.
- Zaiton, H., Suzila, I., Ahmed Mahir, M.M.B., Salmah, Y. & Chek Zaini H. 2009. *Quality of roselle tea as affected by drying temperatures and storage time*. Prosiding Seminar Kimia Bersama UKM-ITB VIII 9-11 Jun 2009. Nilai: Universiti Sains Islam Malaysia.
- Zee, J. A., Carmichael, D., Poirer, D. & Fournier, M. 1991. Effect of storage condition on the stability of vitamin C in various fruits and vegetables produced and consumed in Quebec. *Journal of Food Composition and Analysis*. **4**: 77-86.
- Zhongxiang, F. & Bhesh, B. 2011. Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. *Food Chemistry*. **129** (2011): 1139-1147.
- Zuhaili, I., Ida Idayu, M., Siti Hamidah, M.S. & Mohd Roji, S. 2011. Effect of thermal processes on roselle anthocyanins encapsulated in different polymer matrices. *Journal of Food Processing and Preservation*. **10** (1111): 1745-4549.