

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

UDUL: KESAN PRA-RAWATAN OSMOTIK TERHADAP PENYEJUK BEKUAN  
 BUAH KUNDUR

IJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN (SAINS MAKANAN  
 DAN PEMAKANAN)  
 SESI PENGAJIAN: 2006 /2010

aya TAN SIEW LENG  
 (HURUF BESAR)

engaku 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

*(Lely)*

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

alamat Tetap: 28, Jalan Muda 24,  
 Off Jalan Meru, 41050  
 Klang, Selangor Darul Ehsan

*PN - FAN HUI YIN*

Nama Penyelia

Tarikh: *20 / Mei / 2010*Tarikh: *20 / Mei / 2010*

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



**KESAN PRA - RAWATAN OSMOTIK  
TERHADAP PENYEJUKBEKUAN  
BUAH KUNDUR**

**TAN SIEW LENG**

**LATIHAN ILMIAH DIKEMUKAKAN UNTUK  
MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA  
SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA  
MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN  
DALAM BIDANG SAINS MAKANAN DAN  
PEMAKANAN**

**SEKOLAH SAINS MAKANAN  
DAN PEMAKANAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
2010**



## **PENGAKUAN CALON**

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

21 May 2010

*Tan Siew Leng*  
Tan Siew Leng  
HN 2006 – 3364

## PENGESAHAN

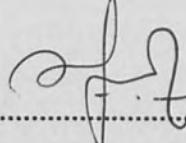
NAMA : **TAN SIEW LENG**  
NOMBOR MATRIX : **HN 2006 – 3364**  
TAJUK : **KESAN PRA-RAWATAN OSMOTIK TERHADAP PENYEJUKBEKUAN BUAH KUNDUR**  
SARJANA : **SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN DALAM BIDANG SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN**  
TARIKH VIVA : **14 MEI 2010**

### DISAHKAN OLEH

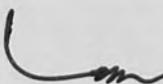
**1. PENYELIA**  
PN. FAN HUI YIN

  
.....

**2. PEMERIKSA 1**  
PN. NOR QHAIRUL IZZREEN MOHD. NOOR

  
.....

**3. PEMERIKSA 2**  
PROF. MADYA DR. CHYE FOOK YEE

  
.....

**4. DEKAN**  
PROF. MADYA DR. MOHD ISMAIL ABDULLAH

  
.....

## **PENGHARGAAN**

Saya ingin mengambil kesempatan dalam ruangan penghargaan ini untuk mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan ribuan terima kasih kepada Penyelia saya, Pn Fan Hui Yin dan Cik Ho Ai Ling dari Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan, Universiti Malaysia Sabah yang telah menasihati, membimbing dan memberi tunjuk ajar kepada saya sepanjang tempoh projek penyelidikan ini. Tanpa bimbingan dari beliau berdua, tidak mungkin saya dapat menyempurnakan tesis saya pada masa yang ditetapkan.

Selain itu, ribuan terima kasih juga diajukan kepada penolong makmal iaitu Pn. Marni, Encik Othman, Encik Sahirun dan Pn. Dayang yang sedia membantu dari segi persediaan alatan makmal dan juga membimbing saya tentang cara penggunaan alatan makmal. Tidak dilupai juga kepada Encik Lim yang sudi menolong saya dalam mendapatkan sampel projek penyelidikan saya.

Di samping itu juga, saya juga ingin merakamkan penghargaan kepada ibu bapa, adik –beradik dan rakan seperjuangan yang turut memberi saya sokongan moral sepanjang proses penyelidikan ini. Nescaya dengan sokongan dan rahmat daripada pihak-pihak yang diutarkan dalam ruangan ini, saya berjaya menyempurnakan tesis saya pada tempoh masa yang ditetapkan.

Sekalung penghargaan dan ribuan terima kasih dirakamkan sekali lagi kepada pihak-pihak yang telah memberi bimbingan dan sokongan moral kepada saya. Sekian, terima kasih.

Tan Siew Leng  
21 May 2010

## ABSTRAK

Kesan pra-rawatan osmotik dengan menggunakan suhu ( $35^{\circ}\text{C}$  and  $40^{\circ}\text{C}$ ), kepekatan ( $50^{\circ}\text{Briks}$ ,  $60^{\circ}\text{Briks}$  and  $70^{\circ}\text{Briks}$ ) dan masa (20, 40, 60, 90, 120 and 180 minit) terhadap kehilangan air dan perolehan pepejal buah kundur dikaji. Tujuh jenis pra-rawatan osmotik dipilih daripada keputusan kehilangan air dan perolehan pepejal untuk kajian perbandingan kesan osmodehidrat-penyejukbekuan buah kundur dari segi warna, tekstur dan penerimaan sensori selepas disimpan pada suhu penyejukbekuan,  $-18^{\circ}\text{C}$  selama 8 minggu. Pengukuran indeks kualiti iaitu warna dan tekstur dengan menggunakan instrumentasi bagi buah kundur sejukbeku tanpa pra-rawatan osmotik dan osmodehidrat-penyejukbekuan buah kundur dinilai secara bandingan pada tempoh 0, 2, 4, 6, dan 8 minggu. Penilaian sensori dijalankan pada akhir tempoh penyimpanan sejukbeku selama 8 minggu. Keputusan mendapati degradasi warna berlaku pada buah kundur sejukbeku tanpa pra-rawatan osmotik dan juga osmodehidrat-penyejukbekuan buah kundur tetapi secara keseluruhan osmodehidrat-penyejukbekuan buah kundur mempunyai nilai kroma yang lebih tinggi. Pra-rawatan osmotik 3 memberikan kesan paling ketara dalam pengekalan warna buah kundur sejukbeku dengan min nilai kroma yang tertinggi ( $7.29\pm1.45$ ). Osmodehidrat-penyejukbekuan buah kundur juga mempunyai nilai keteguhan yang lebih tinggi berbanding buah kundur sejukbeku tanpa pra-rawatan osmotik, menunjukkan kelebihan pertahanan tekstur daripada proses pra-rawatan osmotik sebelum penyejukbekuan. Pra-rawatan osmotik 6 menunjukkan min nilai keteguhan yang tertinggi ( $108.16\pm10.74$ ). Penilaian sensori dengan menggunakan ujian hedonik mendapati osmodehidrat-penyejukbekuan buah kundur yang menerima pra-rawatan osmotik 6 menunjukkan min skor penerimaan keseluruhan yang tertinggi ( $4.9\pm0.94$ ). Kesimpulannya, osmodehidrat-penyejukbekuan buah kundur memberi pembalaikan dari segi warna dan tekstur selepas penyimpanan sejukbeku selama 8 minggu. Penilaian sensori menunjukkan para panel lebih menyukai osmodehidrat-penyejukbekuan buah kundur.

## **ABSTRACT**

### **EFFECT OF OSMOTIC PRE-TREATMENT ON FROZEN WINTER MEON**

The effect of osmotic pretreatment by using different temperature ( $35^{\circ}\text{C}$  and  $40^{\circ}\text{C}$ ), concentration ( $50^{\circ}\text{Brix}$ ,  $60^{\circ}\text{Brix}$  and  $70^{\circ}\text{Brix}$ ) and time (20, 40, 60, 90, 120 and 180 minutes) on the water loss and solid gain of winter melon was studied. Seven pretreatment was chosen based on water loss and solid gain measurements as the achievement of initial starting point for the comparative study of color, texture and sensory acceptance on untreated and osmo-dehydrofrozen winter melon stored for 8 weeks at  $-18^{\circ}\text{C}$ . Quality indices of color and texture measured by using instrumentation on untreated and osmodehydro-frozen winter melon were comparatively measured at 0, 2, 4, 6, and 8 weeks. Sensory evaluation was also conducted to assess the overall acceptance of frozen winter melon after 8 weeks of storage. Degradation of color occurred for both untreated and osmo-dehydrofrozen winter melon but the osmo-dehydrofrozen winter melon exhibit higher chroma value. Osmotic pre-treatment 3 had the most significant effect on winter melon color retention and with the highest chroma value ( $7.29\pm1.45$ ). The osmo-dehydrofrozen winter melon also showed higher firmness value compared to untreated frozen winter melon, showing the texture protection provided by osmotic pretreatment prior to freezing. Osmotic pre-treatment 6 showed the highest firmness value ( $108.16\pm10.74$ ). The sensory assessment by applying hedonic test showed that the osmotic pre-treatment 6 had the highest score ( $4.9\pm0.94$ ) in term of overall acceptance. In conclusion, the osmo-dehydrofrozen winter melon showed improved quality in color and texture characteristics after 8 weeks of storage compared to untreated winter melon. Sensory evaluation showed that the osmo-dehydrofrozen winter melon was more likeable compared to untreated frozen winter melon.

## SENARAI KANDUNGAN

## MUKASURAT

<b>TAJUK</b>	i
<b>PENGAKUAN CALON</b>	ii
<b>PENGESAHAN</b>	iii
<b>PENGHARGAAN</b>	iv
<b>ABSTRAK</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>SENARAI KANDUNGAN</b>	vii
<b>SENARAI JADUAL</b>	ix
<b>SENARAI RAJAH</b>	x
<b>SENARAI SIMBOL</b>	xii
<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xiii
 <b>BAB 1: PENDAHULUAN</b>	 1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif	3
1.3 Kepentingan Kajian	4
 <b>BAB 2: ULASAN PERPUSTAKAAN</b>	 5
2.1 Buah Kundur	5
2.2 Mekanisma Penyahidratan Secara Osmotik	6
2.3 Kebaikan dan Kelemahan Proses Penyahidratan Secara Osmotik	10
2.4 Penyejukbekuan dan Osmodehidrat-penyejukbekuan	11
2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kadar Proses Osmotik	15
2.5.1 Nisbah Sampel kepada Larutan Osmotik	16
2.5.2 Geometri Sampel	16
2.5.3 Kepekatan Larutan Osmotik	17
2.5.4 Suhu Larutan Osmotik	17
2.5.5 Masa rendaman	18
2.5.6 Kesan Pengacauan Pada Larutan Osmotik	18
2.6 Kriteria-kriteria dalam Pemilihan Agen Larutan Osmotik	18
2.6.1 Ciri-ciri Sensori atau Organoleptik	19
2.6.2 Berat Molekul	19
2.6.3 Fungsi Pengawetan	20
2.7 Pengukuran kualiti	21
2.7.1 Warna	21
2.7.2 Tekstur	23



<b>BAB 3: METODOLOGI</b>	27
3.1 Penyediaan Sampel	27
3.2 Penyediaan Larutan Osmotik	27
3.3 Proses Pra-Rawatan Osmotik	28
3.4 Penyejukbekuan dan Penyimpanan	28
3.5 Penentuan Kandungan Lembapan dan Pepejal Kering	29
3.6 Pengiraan Kehilangan Air (WL) dan Perolehan Pepejal (SG)	29
3.7 Pengukuran Kualiti	30
3.7.1 Analisa Warna	30
3.7.2 Analisa Tekstur	31
3.8 Ujian Penilaian Sensori (Ujian Hedonik)	32
3.9 Analisa Data	33
3.10 Analisa Statistik	33
<b>BAB 4: HASIL DAN PERBINCANGAN</b>	34
4.1 Kehilangan Air Dan Perolehan Pepejal Buah Kundur Yang Menerima Pra-Rawatan Osmotik	34
4.2 Kesan Kepekatan Terhadap Pra-Rawatan Osmotik Dari Segi Kehilangan Air Dan Perolehan Pepejal Pada Buah Kundur	37
4.3 Kesan Suhu Terhadap Pra-Rawatan Osmotik Dari Segi Kehilangan Air Dan Perolehan Pepejal Pada Buah Kundur	37
4.4 Pemilihan Pra-Rawatan Osmotik Bagi Buah Kundur Dari Segi Kehilangan Air, Perolehan Pepejal Dan Nisbah Perolehan Pepejal Kepada Kehilangan Air	41
4.5 Keputusan Pengukuran Kualiti	44
4.5.1 Keputusan Warna (Nilai Kroma)	44
4.5.2 Keputusan Tekstur (Nilai Keteguhan, g)	47
4.6 Penerimaan Sensori Terhadap Penyejukbekuan Buah Kundur Yang Diberi Pra-Rawatan Osmotik	52
4.6.1 Warna	54
4.6.2 Tekstur	54
4.6.3 Rasa	55
4.6.4 Penerimaan Keseluruhan	56
<b>BAB 5: KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Kekangan Dan Cadangan Masa Depan	59
<b>RUJUKAN</b>	61
<b>LAMPIRAN</b>	67

## **SENARAI JADUAL**

## **MUKASURAT**

Jadual 2.1	Komposisi nutrien buah kundur di Malaysia	6
Jadual 4.1	Jenis pra-rawatan yang dipilih berdasarkan keputusan kehilangan air, perolehan pepejal dan nisbah perolehan pepejal kepada kehilangan air, (SGL/WL)	42
Jadual 4.2	Ujian hedonik buah kundur sejukbeku tanpa dan dengan pra-rawatan osmotik selepas tempoh penyimpanan lapan minggu pada suhu penyejukbekuan (-18°C)	53

**SENARAI RAJAH****MUKASURAT**

Rajah 2.1	Fenomena pemindahan jisim semasa proses penyahidratan osmotik pada bahan makanan	7
Rajah 2.2	Langkah pemprosesan dalam penyahidratan osmotik pada bahan makanan	9
Rajah 2.3	Proba berlainan yang digunakan dalam ujian tekanan, proba (b) popular untuk buah-buahan dan sayur-sayuran	24
Rajah 3.1	Pengukuran dimensi buah kundur	27
Rajah 3.2	Pengukuran tekstur menggunakan ujian tekanan, (a) sampel buah kundur, (b) <i>Texture Analyzer</i>	32
Rajah 4.1	Peratus kandungan air apabila buah kundur diberi pra-rawatan pada suhu 35 °C, kepekatan (50 °Briks, 60 °Briks dan 70 °Briks) dan masa (20, 40, 60, 90, 120 dan 180 minit)	34
Rajah 4.2	Peratus perolehan pepejal apabila buah kundur diberi pra-rawatan pada suhu 35°C, kepekatan (50 °Briks, 60 °Briks dan 70 °Briks) dan masa (20, 40, 60, 90, 120 dan 180 minit)	35
Rajah 4.3	Peratus kandungan air apabila buah kundur diberi pra-rawatan pada suhu 40°C, kepekatan (50 °Briks, 60 °Briks dan 70 °Briks) dan masa (20, 40, 60, 90, 120 dan 180 minit)	35
Rajah 4.4	Peratus perolehan pepejal apabila buah kundur diberi pra-rawatan pada suhu 40°C, kepekatan (50 °Briks, 60 °Briks dan 70 °Briks) dan masa (20, 40, 60, 90, 120 dan 180 minit)	36
Rajah 4.5	Peratus kandungan air apabila buah kundur diberi pra-rawatan pada kepekatan 50 °Briks dan suhu yang berbeza iaitu 35 °C dan 40 °C.	38

Rajah 4.6	Peratus perolehan pepejal apabila buah kundur diberi pra-rawatan pada kepekatan 50 °Briks dan suhu yang berbeza iaitu 35 °C dan 40 °C.	39
Rajah 4.7	Peratus kandungan air apabila buah kundur diberi pra-rawatan pada kepekatan 60 °Briks dan suhu yang berbeza iaitu 35 °C dan 40 °C.	39
Rajah 4.8	Peratus perolehan pepejal apabila buah kundur diberi pra-rawatan pada kepekatan 60 °Briks dan suhu yang berbeza iaitu 35 °C dan 40 °C.	40
Rajah 4.9	Peratus kandungan air apabila buah kundur diberi pra-rawatan pada kepekatan 70 °Briks dan suhu yang berbeza iaitu 35 °C dan 40 °C.	40
Rajah 4.10	Peratus perolehan pepejal apabila buah kundur diberi pra-rawatan pada kepekatan 70 °Briks dan suhu yang berbeza iaitu 35 °C dan 40 °C.	41
Rajah 4.11	Nilai kroma untuk buah kundur sejukbeku tanpa pra-rawatan osmotik dan osmodehidrat-penyejukbekuan buah kundur pada masa 0, 2, 4, 6 dan 8 minggu selepas tempoh penyimpanan pada suhu penyejukbekuan (-18°C)	45
Rajah 4.12	Nilai keteguhan (g) untuk buah kundur sejukbeku tanpa pra-rawatan osmotik dan osmodehidrat-penyejukbekuan buah kundur pada masa 0, 2, 4, 6 dan 8 minggu selepas tempoh penyimpanan pada suhu penyejukbekuan (-18°C).	48

## **SENARAI SIMBOL**

°C	Suhu
%	Peratus
g	Gram
WL	Kehilangan air
SG	Perolehan pepejal

## **SENARAI LAMPIRAN**

## **MUKASURAT**

Lampiran A	Carta alir untuk metodologi projek penyelidikan	67
Lampiran B	Ujian hedonik	68
Lampiran C	Ujian hedonik dengan menggunakan reka bentuk <i>Balanced Incomplete Block Design</i> (BIB)	69
Lampiran D	Keputusan kehilangan air dan perolehan pepejal semasa pra-rawatan osmotik	70
Lampiran E	Analisis varians satu hala untuk jenis pra-rawatan yang dipilih	74
Lampiran F	Analisis varians dua hala untuk pengukuran warna	77
Lampiran G	Analisis varians dua hala untuk pengukuran tekstur	81
Lampiran H	Analisis varians satu hala untuk ujian hedonik	85

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Pengenalan

Permintaan pengguna terhadap buah-buahan dan sayur-sayuran yang diproses semakin meningkat dari segi rasa, keaslian dan juga pengaruh terhadap kesihatan. Pengguna bukan sahaja menitikberatkan produk akhir bahan makanan yang diproses, malahan golongan ini juga amat mementingkan penggunaan ingredien yang ditambah ke dalam bahan makanan yang diproses tersebut. Hal ini bermakna, penggunaan teknik pemprosesan makanan yang dapat meminimakan perubahan ciri-ciri asli bahan makanan yang diproses amat diperlukan dalam industri pemakanan (Rizzolo *et al.*, 2007).

Buah kundur dengan nama saintifik, *Benincasa hispida*, juga dikenali sebagai labu putih merupakan tanaman bermusim dan dimakan sebagai sayuran. Buah kundur berbulu semasa muda. Apabila matang, buah ini akan kehilangan bulu dan membentuk lapisan berdebu putih dan berlilin, memberikan namanya labu berlilin, atau "*wax gourd*" (Hutton, 2004). Buah kundur mempunyai nilai komersial di negara-negara Asia kerana buah ini mempunyai kandungan air yang tinggi, memberi kelebihan rasa organoleptik yang manis, digunakan dalam bidang perubatan Cina dan keupayaan buah ini memberi ciri-ciri penyejukan. Buah kundur proses yang boleh didapati di pasaran adalah seperti halwa buah kundur atau buah kundur kering-manis.

Buah yang mempunyai kandungan air yang tinggi adalah cenderung terdedah kepada kerosakan. Untuk kegunaan industri, buah perlu diperlakukan dengan kaedah pemprosesan tertentu dan diisimpan pada keadaan yang sesuai supaya ciri-ciri seperti warna, aroma, rasa, dan tekstur yang dapat dipelihara sepanjang pemprosesan bahan makanan tersebut. Kaedah penyejukbekuan sering kali digunakan untuk tujuan pengawetan bahan makanan. Walau bagaimanapun, kaedah penyejukbekuan memberi kesan negatif kepada buah-buahan dan sayur-

sayuran dari segi perubahan warna yang dipengaruhi oleh biokimia dan mekanisma fisiokimia buah-buahan dan sayur-sayuran tersebut, iaitu, (a) perubahan pigmentasi semula jadi tisu buah atau sayuran (klorofil, antosianin, karotenoids), (b) pembentukan enzim pemerangan, dan (c) pemecahan sel-sel kloroplas dan kromoplas. Warna hijau pada sayur-sayuran akan menghilang semasa proses penyejukbekuan kerana berlaku degradasi klorofil yang mengakibatkan pembentukan warna pucat pada sayur-sayuran (Rahman, 1999).

Selain itu, penyejukbekuan juga mempengaruhi rasa, aroma, tekstur dan kandungan nutrien, terutamanya Vitamin C (asid askorbik) pada sesuatu bahan makanan sejukbeku. Perubahan ini merupakan di antara permasalahan yang dihadapi dalam proses penyejukbekuan makanan kerana ia merupakan parameter yang penting dalam menilai tahap penerimaan sesuatu produk makanan tersebut (Rahman, 1999). Adalah penting bahawa makanan yang hendak disejuk beku perlu diberikan praperlakuan tertentu sebelum disejukbekukan untuk memperoleh hasil akhir yang bermutu dari segi warna, rasa, tekstur dan kandungan nutrien. Kaedah pra-rawatan secara osmotik pada buah-buahan dan sayur-sayuran merupakan di antara praperlakuan sebelum bahan makanan tersebut disejukbeku. Kaedah kombinasi antara penyahidratan secara osmotik dan diikuti dengan penyejukbekuan ini dikenali sebagai "*osmodehydrofreezing*" (Tregguno & Goff, 1996).

Beberapa tahun kebelakangan ini, penyahidratan secara osmotik telah digunakan sama ada sebagai langkah alternatif perantaraan atau sebagai teknologi pra-rawatan, telah mendapat banyak perhatian dalam industri pengawetan buah-buahan untuk mengurangkan penggunaan tenaga dan juga untuk memperbaiki kualiti produk buah yang diproses (Biswal *et al.*, 1991). Kebanyakan kajian penyahidratan osmotik yang dilakukan adalah mengkaji tentang aspek-aspek seperti pengaruh parameter terhadap mekanisma penyahidratan osmotik, permodelan kinetik dan difusi penyahidratan osmotik, kombinasi penyahidratan secara osmotik dengan teknik penstabilan yang menggunakan bahan aditif, dan kesannya terhadap kualiti produk akhir (Raoult-Wack, 1994; Lenart, 1996; Rastologi *et al.*, 2002). Penyahidratan secara osmotik mendapat perhatian kerana terdapat beberapa potensi kebaikan yang meliputi, (1)

pengekalan warna dan rasa yang lebih baik, (2) pemberian dinding sel selektif dengan lebih baik dan (3) menggunakan tenaga yang lebih rendah berbanding kaedah pengeringan konvektif yang lain. Walaupun terdapat potensi kebaikan yang dinyatakan, kaedah penyahidratan secara osmotik masih kurang diaplikasikan secara komersial (Khin *et al.*, 2007).

Penyahidratan secara osmotik ialah proses pengeluaran air dengan cara menempatkan bahan makanan ke dalam larutan yang hipertonik, iaitu larutan yang lebih pekat atau lebih rendah aktiviti airnya ( $\text{aw}$ ). Oleh sebab larutan di luar lebih pekat dan tekanan osmosisnya lebih tinggi, maka timbul satu daya penggerak untuk air keluar dari sel dan dinding sel bertindak sebagai membran separa telap. Penyahidratan secara osmotik pada buah adalah berpandukan prinsip sel dinding yang bertindak sebagai membran separa telap. Oleh sebab membran ini bersifat separa telap, maka berlaku juga resapan dan kebocoran masuk bahan larut dari larutan rendaman yang pekat ke dalam tisu dan sebaliknya. Oleh itu, penyahidratan secara osmotik merupakan satu proses dinamik, iaitu proses resapan serentak air dan bahan larut (Ishak, 1995).

## 1.2 Objektif

- i. Mengkaji kesan pra-rawatan osmotik iaitu kehilangan air dan perolehan pepejal terhadap penyejukbekuan buah kundur dengan menggunakan larutan sukrosa pada kepekatan ( $50^{\circ}\text{Briks}$ ,  $60^{\circ}\text{Briks}$  dan  $70^{\circ}\text{Briks}$ ), suhu ( $35^{\circ}\text{C}$  dan  $40^{\circ}\text{C}$ ) dan masa rendaman yang berbeza ( $20$ ,  $40$ ,  $60$ ,  $90$ ,  $120$ ,  $180$  minit).
- ii. Mengkaji kualiti buah kundur sejuk beku dari segi warna dan tekstur selepas menerima pra-rawatan osmotik.
- iii. Menilai penerimaan sensori terhadap pra-rawatan osmotik ke atas penyejukbekuan buah kundur.

### **1.3 Kepentingan Kajian**

Buah kundur proses yang terdapat di pasaran adalah seperti gula buah kundur atau buah kundur kering-manis. Pemprosesan buah kundur ini melibatkan proses pengeringan dan penggunaan larutan gula, dan kebiasaannya juga ditambah dengan sulfit sebagai agen pengawetan. Pengambilan sulfit pada dos tertentu boleh memberi kesan negatif kepada manusia (Davidson & Branen, 1993). Oleh itu, buah kundur sejuk beku merupakan salah satu alternatif pemprosesan buah kundur tanpa melibatkan penggunaan agen pengawetan, sulfit.

Walau bagaimanapun, penyejukbekuan juga memberi kesan negatif kepada buah yang disejuk beku. Permintaan pengguna terhadap bahan pemprosesan semakin meningkat dan golongan ini amat menitikberatkan pengekalan ciri-ciri seperti warna, tekstur dan rasa sebenar buah selepas diproses. Oleh itu, operasi pra-perlakuan yang boleh meminimakan kesan buruk penyejukbekuan perlu dilakukan. Pra-rawatan osmotik merupakan kaedah yang berkos rendah tetapi didapati mampu memelihara warna, tekstur dan rasa buah sebelum proses pengeringan selanjutnya.

Pengeluaran air merupakan unit operasi yang penting dalam pemprosesan makanan untuk menstabilkan makanan dengan mengurangkan aktiviti air, aw. Kaedah pengeringan kerap digunakan pada buah-buahan atau sayur-sayuran sebagai proses untuk mengurangkan aktiviti air, aw. Namun begitu, kebanyakan pengeringan secara konvensional adalah berkos tinggi dan melibatkan perubahan fasa. Pra-rawatan osmotik merupakan suatu kaedah penyahidratan yang berupaya mengurangkan kandungan air di dalam buah tanpa terlibat dalam perubahan fasa, justeru menjadikan proses pengeringan selanjutnya seperti penyejukbekuan lebih berkesan.

Di samping itu, kebanyakan kajian pra-rawatan osmotik berfokus kepada kajian kinetik dan difusi, kurang penilaian kualitatif untuk produk akhir seperti buah kundur. Kajian tentang kesan pra-rawatan osmotik terhadap kualiti penyejukbekuan buah kundur ini merupakan satu cabang yang boleh diterokai.

## BAB 2

### ULASAN PERPUSTAKAAN

#### 2.1 Buah Kundur

Buah kundur merupakan tanaman semusim dengan nama botani *Benincasa hispida*. Ia diklasifikasikan dalam kategori *Cucurbitaceae*, dan juga dikenali sebagai "wax gourd". Buah kundur berasal dari negara Indonesia dan Jepun, tetapi pada masa kini boleh didapati di kebanyakan negara tropika di Asia. Ia menyerupai "melon" dan mempunyai isi yang tebal, berwarna putih, ranggup dan berair. Salah satu kelebihan pada buah ini adalah disebabkan kehadiran lapisan berlilin debu putih yang menyelaputi permukaan kulit buah ini. Kehadiran lapisan ini juga membolehkan buah kundur disimpan untuk tempoh yang lebih lama. Buah ini boleh dimakan secara mentah, tetapi kebiasaanya dimasak terlebih dahulu dalam bentuk sup. Ia juga digunakan dalam pembuatan gula kering. Buah kundur yang matang mempunyai kandungan air yang paling tinggi (Sahadevan, 1987).

Buah kundur mempunyai batang yang berwarna hijau, berbulu serta mengeluarkan sulur paut yang digunakan unuk memanjang. Terdiri daripada bunga jantan dan bunga betina yang berasingan dan daunnya mempunyai tangkai daun yang besar (Safiei, 1998). Terdapat dua jenis buah kundur iaitu yang berbentuk bujur dan yang berbentuk memanjang. Semasa muda, buah ini adalah berbulu dan apabila matang terdapat kehadiran debu-debu putih yang bersifat lilin menyelaputi permukaan kulit. Buah yang matang juga dikenalpasti dari segi warna iaitu perubahan warna hijau tua semasa muda kepada warna hijau muda apabila matang. Kebiasaannya, buah kundur mempunyai diameter 15–20 cm dan panjang 20–35 cm. Buah kundur yang bersaiz kecil adalah 1.5–5 kg, manakala buah kundur yang besar adalah 7–20 kg (Hutton, 2004).

Jadual 2.1 menyenaraikan komposisi nutrien untuk buah kundur di Malaysia berdasarkan IMR, 1982.

**Jadual 2.1 Komposisi nutrien buah kundur di Malaysia**

Komponen	Per 100g
Tenaga	20.0 kalori
Kelembapan	94.5 g
Protein	0.5 g
Lemak	0.2 g
Karbohidrat	4.0 g
Fiber	0.5 g
Ash	0.3 g
Kalsium	11.0 g
Vitamin B1	0.02 mg
Vitamin B2	0.31 mg
Vitamin C	68.0 mg

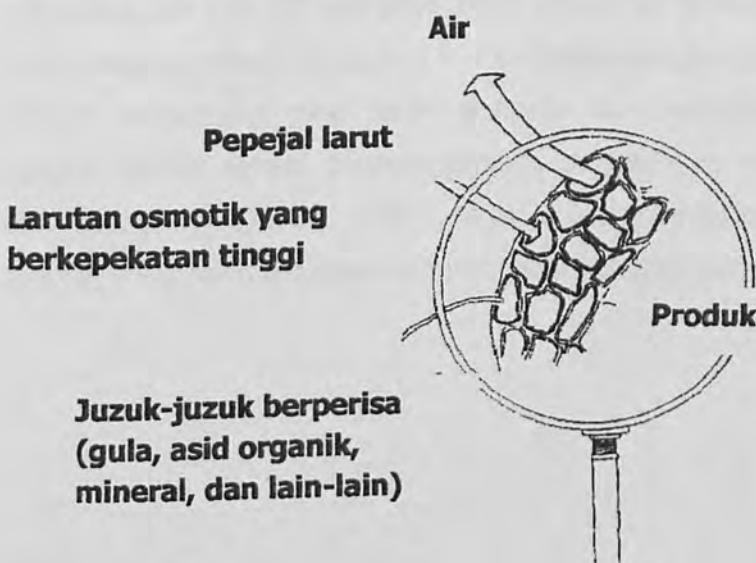
Sumber: Sahadevan (1987)

## **2.2 Mekanisma penyahidratan secara osmotik**

Penyahidratan secara osmotik menggunakan prinsip osmosis. Ini bermakna berlaku resapan air melalui membran separa telap pada tisu buah-buahan dan sayur-sayuran disebabkan terdapat perbezaan kecerunan kepekatan akibat tekanan osmotik. Kajian awal mencadangkan semasa proses penyahidratan osmotik, terdapat lapisan dengan kedalaman 2–3mm terbentuk di dalam membran produk yang menerima rawatan osmotik. Pembentukan lapisan ini mempunyai kesan terhadap pemindahan jisim yang menggalakkan penyingkiran air, menghadkan pengumpulan pepejal dan juga mengurangkan kehilangan juzuk-juzuk perisa yang larut air (Marcotte & Le Maguer, 1992; Raoult-Wack *et al.*, 1991). Namun begitu, kebanyakan kajian awal tidak mengambil kira tentang perubahan yang berlaku pada sel membran bahan biologikal. Oleh itu, koeffisien resapan oleh air melalui bahan biologikal dianggap sekata sepanjang proses osmotik (Rastogi *et al.*, 2002).

Dalam proses osmotik yang ideal, hanya air akan meresap keluar dari membran separa telap tanpa perubahan sel membran. Walau bagaimanapun,

membran dinding sel pada buah-buahan dan sayur-sayuran merupakan sel hidup biologikal. Oleh itu, sel membran pada buah-buahan dan sayur-sayuran boleh mengembang dan mengecut bergantung kepada perkembangan dan tekanan segah yang dihasilkan di dalam sel. Disebabkan sel membran pada bahan biologikal berubah akibat tekanan osmotik, ini akan mempengaruhi pemindahan jisim yang berlaku semasa proses osmotik melalui membran separa telap (Rastologi *et al.*, 2002). Di dalam sistem bahan makanan yang diberi perlakuan penyahidratan osmotik, air akan meresap keluar dari sel manakala bahan larut dari larutan osmotik akan meresap masuk ke dalam sel disebabkan perbezaan kecerunan kepekatan. Selain itu, berlaku juga resapan kebocoran keluar juzuk-juzuk seperti asid organik, mineral, gula dan lain-lain juzuk berperisa. Oleh itu, penyahidratan osmotik pada bahan makanan mengalami dua keadaan transformasi, iaitu pengurangan kandungan air dan penambahan pepejal yang berlaku serentak, justeru menyebabkan pengurangan berat pada bahan makanan tersebut (Torreggiani, 1993). Rajah 2.1 menunjukkan fenomena pemindahan jisim yang berlaku semasa proses penyahidratan osmotik pada bahan makanan.

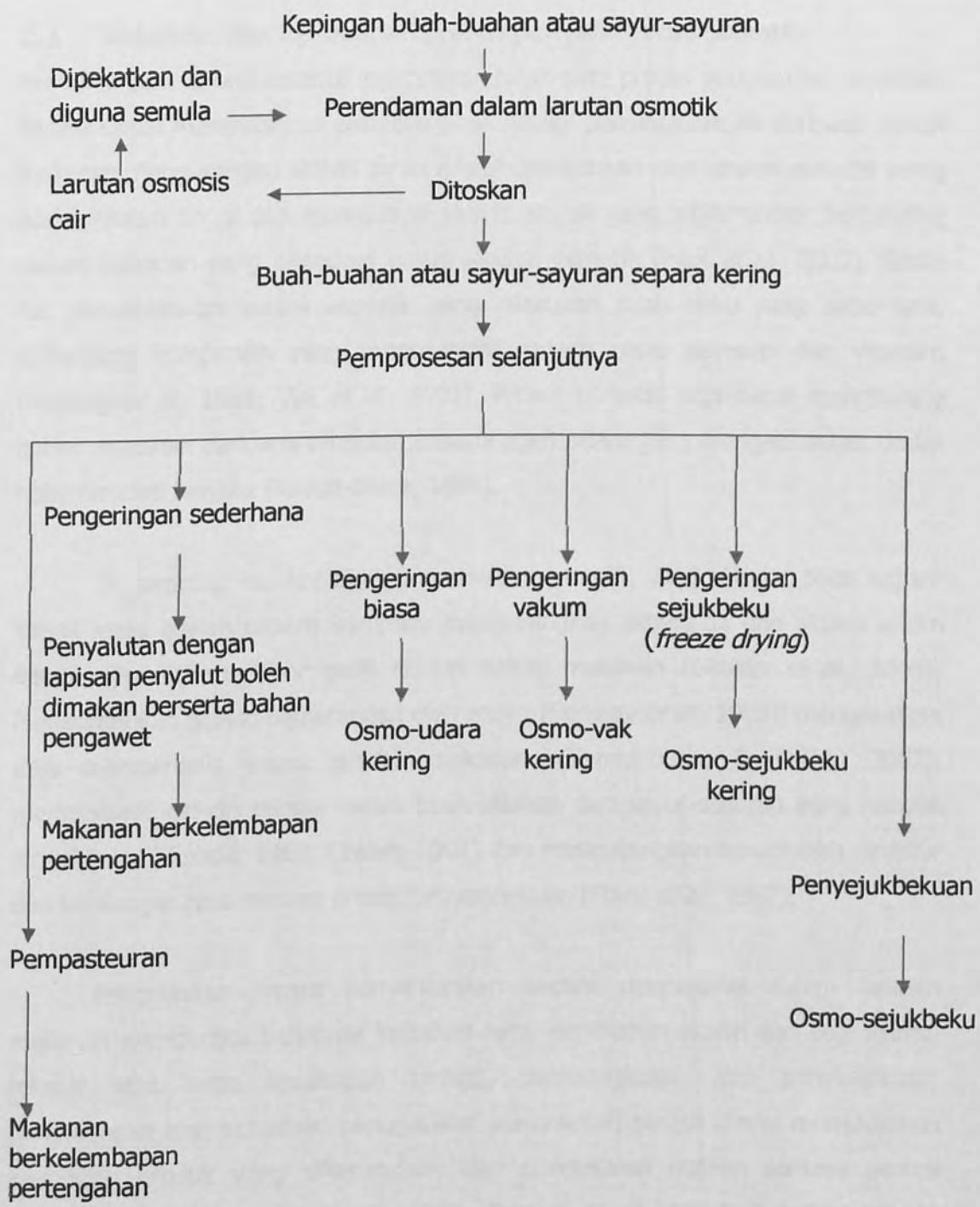


**Rajah 2.1:** Fenomena pemindahan jisim semasa proses penyahidratan osmotik pada bahan makanan.

Sumber: Torreggiani (1993)

Menurut Rastogi *et al.* (2002), pada permulaan proses penyahidratan osmotik, air akan meresap keluar dari sel bahan makanan dan ini akan meningkatkan tekanan osmotik. Apabila tekanan osmotik mendekati titik kritikal, sel membran akan mengecut. Oleh itu, kadar kehilangan air dari sel dan pertambahan kemasukan pepejal larut ke dalam sel adalah tinggi pada peringkat awal proses osmotik, kemudian menurun secara beransur-ansur sehingga proses osmotik menghampiri tahap keseimbangan antara kadar pengeluaran air dari sel dan kadar kemasukan pepejal larut ke dalam sel (Rastologi *et al.*, 2002; Blanda *et al.*, 2009). Faktor-faktor seperti kepekatan larutan osmotik, suhu, masa rendaman, geometri bahan makanan dan nisbah sampel kepada larutan osmotik juga akan mempengaruhi kadar proses penyahidratan osmotik (Ponting *et al.*, 1966; Lerici *et al.*, 1985; Torreggiani, 1993; Rahman, 1999; Rastologi *et al.*, 2002).

Penyahidratan osmotik boleh diaplikasikan dalam satu sistem kombinasi antara dua kaedah pengeringan, di mana penyahidratan osmotik merupakan prarawatan terhadap pengeringan susulan (Torreggiani, 1993). Oleh itu, penyahidratan osmotik selalunya tidak dijalankan sebagai satu kitar pengeringan yang lengkap, sebaliknya proses ini merupakan langkah prapengeringan dalam satu sistem pengeringan yang terdiri daripada dua peringkat, di mana pengeringan susulan adalah seperti penyejukbekuan, pengeringan vakum, pengeringan biasa dan sebagainya (Ishak, 1995). Rajah 2.2 menunjukkan langkah pemprosesan susulan yang boleh dilakukan selepas penyahidratan osmotik pada bahan makanan.



**Rajah 2.2: Langkah pemprosesan susulan selepas penyahidratan osmotik pada bahan makanan.**

Sumber: Ishak (1993)

### **2.3 Kebaikan dan kelemahan proses penyahidratan osmotik**

Penyahidratan secara osmotik merupakan salah satu proses pengawetan makanan kerana dapat merendahkan aktiviti air, aw melalui penyingkiran air daripada bahan makanan. Pengurangan aktiviti air ini adalah disebabkan oleh larutan osmotik yang berkepekatan tinggi dan mempunyai aktiviti air, aw yang lebih rendah berbanding bahan makanan yang direndam dalam larutan osmotik (Park *et al.*, 2002). Selain itu, penyahidratan secara osmotik yang dilakukan pada suhu yang sederhana, melindungi komponen yang termosensitif seperti rasa, pigmens dan vitamins (Ponting *et al.*, 1966; Vial *et al.*, 1991). Proses osmotik juga dapat menghalang bahan makanan daripada terdedah kepada agen udara yang mengakibatkan tindak balas oksidasi berlaku (Raoult-Wack, 1994).

Di samping itu, kebaikan pra-rawatan osmotik yang dilapor pada kajian-kajian lepas adalah seperti berupaya mengurangkan aktiviti air dan aktiviti enzim dengan perubahan minor pada ciri-ciri bahan makanan (Giraldo *et al.*, 2003); mengurangkan aktiviti pemerangan oleh enzim (Conway *et al.*, 1983); mengekalkan atau memperbaiki warna produk makanan (Giannakourou & Taokis, 2007); memperbaiki ciri-ciri tekstur untuk buah-buahan dan sayur-sayuran yang hendak dinyahbeku (Huxsoll, 1982; Chiralt, 2001) dan mengurangkan keruntuhan struktur dan kehilangan rasa semasa proses penyahbekuan (Forni *et al.*, 1987).

Penggunaan proses penyahidratan secara osmotik di dalam industri makanan mempunyai beberapa kebaikan iaitu, pemberian kualiti dari segi warna, tekstur, dan rasa; kecekapan tenaga, pembungkusan dan penyimpanan; pengurangan kos; ketiadaan penggunaan pra-rawatan secara kimia; menyediakan kestabilan produk yang dikehendaki; dan pengekalan nutrien semasa proses penyimpanan (Rahman & Perera, 1999; Sablani *et al.*, 2002). Kebaikan proses osmotik sebagai pra-rawatan sebelum pengeringan selanjutnya seperti penyejukbekuan atau pengeringan dengan udara ialah membolehkan penyingkiran kandungan air daripada sel buah dengan cepat tanpa melibatkan gangguan iaitu perubahan fasa yang kerap kali dihadapi semasa proses pengeringan dengan udara.

## RUJUKAN

- Alves, D.G., Barbosa Jr, T.L., Antonio, G.C. & Xidieh Murr, F.E. 2005. Osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.). *Journal of Food Engineering*. **68**: 99–103.
- Baardseth, P., Skrede, G., Naes, T., Thomassen, M.S., Iversen, A. & Kaaber, L. 1988. A comparison of CIE L,a,b values obtained from two different instruments on several food commodities. *Journal of Food Science*. **53**:1737–1742.
- Biswal, R.N., Bozorgmehr, K., Tompkins, F.D. & Liu, X. 1991. Osmotic concentration if green beans prior to freezing. *Journal of Food Science*. 56–70.
- Blanda, G., Cerretani, L., Cardinali, A., Barbieri, A., Bendini, A. & Lercker, G. 2009. Osmotic dehydrofreezing of strawberries: Polyphenolic content, volatile profile and consumer acceptance. *LWT Food Science and Technology*. **42**: 30–36.
- Bourne, M.C. 2002. *Food Texture and viscosity: Concept and Measurement*. California: Academic Press.
- Chiralt, A., Martinex-Navarrete, M.N., Martinez-Monzo, J., Talens, P., Moraga,G., Ayala, A. & Fito, P. 2001. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes Cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*. **49**: 129–135.
- Conway, J. Castaigne, F., Picard, G. & Vovan, X. 1983. Mass transfer consideration in the osmotic dehydration of apples. *Canadian Institute of Food Science Technology Journal*. **16**: 25–29.
- Dermesonlouoglou, K.E., Pourgouri, S. & Taoukis, S.P. 2008. Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment to the shelf life of frozen cucumber. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **9**: 542–549.
- Dermesonlouoglou, K.E., Giannakourou, M.C. & Taoukis, S.P. 2007 (a). Kinetic modeling of the dedradation of quality of osmo-dehydrofrozen tomatoes during storage. *Journal of Food Chemistry*. **103**: 985–993.
- Dermesonlouoglou, K.E., Giannakourou, M.C. & Taoukis, S.P. 2007 (b). Stability of dehydrofrozen tomatoes pretreated with alternative osmotic solutes. *Jounal of Food Engineering*. **78**: 272–280.
- Erba, M.L., Forni, E. & Colonello, A. 1994 . Influence of sugar composition and air dehydration levels on the chemical-physical characteristics of osmodehyrdrofrozen fruit. *Journal of Food Chemistry*. **50**: 69–73.

Evans, J.A. 2008. *Frozen Food Science and Technology*. United Kingdom: Blackwell Publishing Limited.

Falade, K.O., Igbeka, J.C. & Ayanwuyi, F.A. 2007. Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *Journal of Food Engineering*. **80**: 979–985.

Fellows, P.J. 2000. *Food Processing Technology: Principles and Practice*. 2<sup>nd</sup> Edition. Boca Raton: Woodhead Publishing Limited.

Fernandes, F.A.N., Gallao, M.I., & Rodrigues, S. 2008. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *LWT Food Science and Technology*. **41**: 604–610.

Forni, E., Torreggiani, D., Crivelli, G., Maestrelli, A., Bertolo, G., Santelli, F. 1990. Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwi fruit. *Acta Horticulturae*. **282**: 425–434.

Giraldo, G., Talens, P., Fito, P. & Chiralt, A. 2003. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering*. **58**: 33–43.

Grout, B.W.W. 1987. *Higher plants at freezing temperatures*. In *The Effects of Low Temperatures on Biological Systems*. London: Edward Arnold Publishers.  
Horner, W.F.A. 1993. *Drying: chemical changes (Encyclopedia of food science, food technology and nutrition)*. London: Academic Press.

Hutton, W. 2004. Handy Pocket Guide: Asian Vegetables. Singapore: Periplus Publications.

Huxsoll, C.C. 1982. Reducing the refrigeration load by partial concentration of foods prior to freezing. *Food Technology*. 98–102.

Ishak, S. 1995. *Pengawetan Makanan Secara Pengeringan*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Ismail, N & Cheah, P.B. 1998. *Lepas Tuai: suatu pengenalan fisiologi dan pengendalian buah-buahan dan sayur-sayuran*. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia.

Jokic, A., Gyura, J., Levic, L. & Zavargo, Z. 2007. Osmotic dehydration of sugar beet in combined aqueous solutions of sucrose and sodium chloride. *Journal of Food Engineering*. **78**: 47–51.

Khin, M., Zhou, W. & Yeo, S.Y. 2007. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. *Journal of Food Engineering*. **81**: 514–522.

Kowalska, H. & Lenart, A. 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *Journal of Food Engineering*. **49**: 137–140.

Krokida, M.K., Karathanos, V. T. & Maroulis, Z.B. 2000. Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. *Drying Technology*. **18**: 937–950.

Lazarides, H. N. & Mavroudis, N. E. 1996. Kinetics of osmotic dehydration of a highly shrinking vegetable tissue in a salt-free medium. *Journal of Food Engineering*. **30**: 61–74.

Lenart, A. 1996. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. *Drying Technology*. **14**: 391–413.

Lerici, C.R., Pinnavaia, G., Dalla Rosa, M. & Bartolucci, L. 1985. Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. *Journal of Food Science*. **50**: 1217–1219, 1226.

Li, B. & Sun, D.-W. 2002. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – a review. *Journal of Food Engineering*. **54**: 175–182.

Lombard, G.E., Oliveira, J.C., Fito, P. & Andres, A. 2008. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal of Food Engineering*. **85**: 277–284.

Maestrelli, A., Giallonardo, G., Forni, E. & Torreggiani, D. 1997. Dehydrofreezing of sliced strawberries; a combined technique for improving texture. *Journal of Food Engineering*. **7**: 37–40.

Mayor, L., Cunha, R.L. & Sereno, A.M. 2007. Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. *Journal of Food Research International*. **40**: 448–460.

Meilgaard, M. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*. United States of America: CRC Press.

Montes, J. C., Vicario, I.M., Raymundo, M., Fett, R. & Heredia, F.J. 2005. Application of tristimulus colorimetry to optimize the extraction of anthocyanins from Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg.). *Food Research International*. **38**: 983–988.

Nielsen, S.S. 2003. *Introduction to Food Analysis*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Osorio, C., Franco, M.S., Castano, M.P., Gonzalez-Miret, M.L., Heredia, F.J. & Morales, L. 2007. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. **8**: 353–359.

- Park, K.L., Bin, A., Brod, F.P.R. & Brandini Park, T.H.K. 2002. Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis L.*). *Journal of Food Engineering*. **52**: 293–298.
- Pinnavaia, G., Dalla Rosa, M. & Lerici, C. R. 1988. Dehydrofreezing of fruit using direct osmosis as concentration process. *Acta Alimentaria Polonica*. **16**: 51–57.
- Ponting, J.D. 1973. Osmotic dehydration of fruits: recent modifications and applications. *Process Biochemistry*. **8**: 18–20.
- Ponting, J.D., Watters, G.G., Forrey, R., Jackson, R. & Stanley., W.L. 1966. Osmotic dehydration of fruits. *Food Technology*. **20**: 125–128.
- Rahman, M.S. 1999. *Handbook of Food Preservation*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Rahman, M.S. & Lamb, J. 1990. Osmotic dehydration of pineapple. *Journal of Food Science and Technology*. **27**: 150–152.
- Rahman, M. S., & Perera, C. O. 1999. *Drying and food preservation, Handbook of Food Preservation*. New York: Marcel Dekker.
- Ramaswamy, H.S. 2006. *Food Processing Principles and Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Rao, V.A. 2001. The prebiotic properties of oligofructose at low intake levels. *Nutrition Research*. **21**: 843–848.
- Raoult-Wack, A. L. 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science & Technology*. **5**: 255–260.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Niranjan, K., & Knorr, D. 2002. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology*. **13**: 48–59.
- Ravindra, M. R., & Chattopadhyay, P. K. 2000. Optimization of osmotic preconcentration and fluidized bed drying to produce dehydrated quick cooking potato cubes. *Journal of Food Engineering*. **44**: 5–11.
- Rizzolo, A., Gerli, F, Prinzivalli C., Buratti, S. & Torreggiani, D. 2007. Headspace volatile compounds during osmotic dehydration of strawberries (cv Camarosa): Influence of osmotic solution composition and processing time. *LWT Food Science and Technology*. **40**: 529–539.
- Roberfroid, M.B. 2000. Chicory fructooligosaccharides and the gastrointestinal tract. *Nutrition Research*. **16**: 677–679.

- Rodrigues, A.C.C., Cunha, R.L. & Hubinger, M.D. 2003. Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing. *Journal of Food Engineering*. **59**: 129–135.
- Rodrigues, S., & Fernandes, F.A.N. 2006. Dehydration of melons in a ternary system followed by air-drying. *Journal of Food Engineering*. **80**: 678–687.
- Sahadevan. N. 1987. *Green Fingers*. Kuala Lumpur: Shadavan Publications.
- Sablani, S.S & Rahman, M.S. 2003. Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Research International*. **36**: 65–71.
- Shafiei. S. 1998. *Sayur-sayuran Semenanjung Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Sharma, S.K., Mulvaney, S.J. & Rizvi, S.S.H. 2000. *Food Process Engineering: Theory and Laboratory Experiments*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Silveira, T.F., Rahman, S.M., & Buckle, A.K. 1996. Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. *Food Research International*. **29**: 227–233.
- Singh, S., Shivhare, U.S., Ahmed, J. & Raghavan, G.S.V. 1999. Osmotic concentration kinetics and quality of carrot preserve. *Food Research International*. **32**: 509–514.
- Skaer, H.B. 1987. *Low temperature and biological electron microscopy. In The Effects of Low Temperatures on Biological Systems*. London: Edward Arnold Publishers.
- Talens, P., Martinez – Navarrete, N., Fito, P. & Chiralt, A. 2001. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. *Innovations Food Science & Emerging Technologies*. **3**: 191–199.
- Talens, P., Escriche, I., Martinez – Navarrete, N. & Chiralt, A. 2002. Study of the influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of strawberries. *Journal of Food Science*. **67**: 1648–1653.
- Talens, P., Escriche, I., Martinez – Navarrete. N. & Chiralt. A. 2003. Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit. *Food Research International*. **36**: 635–642.
- Taub, I.A. and Singh, R.P. Food storage stability. United State of America: CRC Press.

Teles, U. M., Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S., Lima, A. S., Maia, G. A. & Figueiredo, R.W. 2006. Optimization of osmotic dehydration of melons followed by air drying. *International Journal of Food Science and Technology*. **41**: 674–680.

Torreggiani, D. 1993. Osmotic dehydration in fruits and vegetable processing. *Food Research International*. **26**: 59–68.

Torreggiani D, Bertolo G. 2002. The role of an osmotic step: Combined processes to improve quality and control functional properties in fruit and vegetables. In *Engineering and Food for the 21st Century*. Boca Raton: CRC Press.

Torreggiani, D. & Bertolo, G. 2004. Present and future in process control and optimization of osmotic dehydration. *Advances in Food and Nutrition Research*. **48**: 173 –238.

Tregunno. N.B. & Goff H.D. 1996. Osmodehydrofreezing of apples: structural and textural effects. *Food Research International*. **29**: 471–479.

Uemura, M. & Yoshida, S. 1986. Studies on freezing injury in plant cells: II. Protein and lipid changes in the plasma membranes of jerusalem artichoke tubers during a lethal freezing in vivo. *Plant Physiol.* **80**: 187–195.

Watanabe, K., Ueno, S. & Mitsuda, H. 1990. Alterations of plasma membrane phospholipids in cultured *Lavandula vera* cells different in cryoprotection by a cryoprotectant treatment. *Plant Cell Physiol.* **31**: 163–166.