

**KESAN INDEKS KEMATANGAN KE ATAS CIRI-CIRI  
TEKSTUR DAN FIZIKOKIMIA BUAH BETIK  
(*Carica papaya* L.) KULTIVAR PANJANG**

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**CHOO SIN POH**

**SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN**

**2006**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SARAWAK

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

UDUL: KESAN INDEKS KEMATANGAN KE ATAS CIRI-CIRI TEKSTUR DAN FIZIKOKIMIA BUAH BETIK (Carica papaya L.) KULTIVAR PANJANG  
 JAZAH: SARJANA MUDA SAINS MAKANAN (TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)  
 SESI PENGAJIAN: 2002 / 2003

Saya CHOO SIN POH  
 (HURUF BESAR)

Saya 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

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: A-3A-23, JLN BATU UNJUR9, PRIMA BAYU APARTMENT, TMN BAYU

Nama Penyelia

PERDANA, 41200, KLANG, SELANGOR D.E.DR. LEE JAU SHYATarikh: 19/5/06Tarikh: 19/5/06

CATATAN: \* 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

## PENGAKUAN

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



CHOO SIN POH

HN2003-2490

19 MEI 2006



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PERAKUAN PEMERIKSA

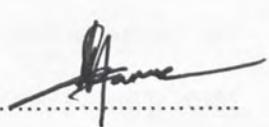


PENYELIA

(DR. LEE JAU SHYA)

PEMERIKSA 1

(PROF. MADYA DR. MOHD. ISMAIL ABDULLAH)



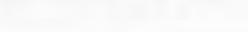
PEMERIKSA 2

(En. MANSOOR ABDUL HAMID)



DEKAN

(PROF. MADYA DR. MOHD. ISMAIL ABDULLAH)



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGHARGAAN

Saya berasa syukur kerana dapat menyiapkan tesis saya pada masa yang ditetapkan. Terlebih dahulu saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Dr. Lee Jau Shya, selaku penyelia tesis saya yang telah memberi bimbingan dan tunjuk ajar kepada saya sepanjang tempoh menyiapkan tesis ini. Tanpa kerjasama daripada beliau tidak mungkin projek ini dapat disiapkan.

Saya juga ingin menuju ribuan terima kasih kepada ahli keluarga saya terutama ibu bapa saya yang memberi komitmen dan semangat kepada saya sepanjang tempoh menyiapkan tesis ini. Seterusnya, saya ingin tujukan ribuan penghargaan kepada En. A. Balakrishna, selaku pembekal buah betik kepada saya sepanjang tesis dijalankan.

Akhir sekali, ucapan terima kasih dituju kepada para pensyarah dan pembantu makmal Sekolah Sains Makanan Dan Pemakanan yang memberi dorongan dan kerjasama kepada saya dalam menyiapkan tesis ini. Di samping itu, saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada rakan-rakan saya yang memberi bantuan dan cadangan kepada saya dalam menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi sepanjang tesis dijalankan.

Terima Kasih.



## ABSTRAK

### **KESAN INDEKS KEMATANGAN KE ATAS CIRI-CIRI TEKSTUR DAN FIZIKOKIMIA BUAH BETIK (*Carica papaya L.*) KULTIVAR PANJANG**

Kajian tentang kesan indeks kematangan ke atas ciri-ciri tekstur dan fizikokimia buah betik (*Carica papaya L.*) kultivar *Panjang* telah dijalankan. Ciri-ciri fizikokimia termasuk kehilangan berat buah, kajian perubahan morfologi buah, kepekatan ion hidrogen (pH), jumlah peratusan asid sitrik, kelembapan, jumlah pejal terlarut (TSS), komposisi gula dan ciri-ciri tekstur secara penembusan mengikut indeks warna (juga dikenali sebagai indeks kematangan) telah diuji ke atas buah betik *Panjang* yang dibekal dari kebun komersial di Keningau, Sabah. Perubahan morfologi buah merentasi indeks kematangan termasuk warna kulit, isi dan biji benih buah serta tempoh pemasakan telah dikaji. Kehilangan berat buah berkorelasi kuat secara positif dengan kedua-dua indeks kematangan ( $r=0.938^{**}$ ) dan hari penyimpanan ( $r=0.985^{**}$ ). Kandungan asid sitrik, TSS, jumlah gula dan gula tak penurun meningkat dengan ketara ( $P<0.05$ ), manakala kandungan pH dan kelembapan menurun dengan ketara ( $P<0.05$ ) mengikut tahap kematangan. Kandungan gula penurun menunjukkan penurunan dari indeks 1 hingga 3 dan diikuti oleh peningkatan yang mendadak ( $P<0.05$ ). Terdapat hubungan korelasi kuat antara indeks kematangan dengan semua ciri-ciri kimia yang dikaji ( $r>0.900^{**}$  atau  $r>-0.900^{**}$ ) kecuali gula penurun ( $r=0.623^{**}$ ). Berdasarkan ujian penembusan, didapati daya dan tenaga titik hasil (*yield point*) bagi ketiga-ketiga diameter prob yang digunakan (8.0mm, 6.4mm dan 4.8mm) menunjukkan tren menurun yang signifikan ( $P<0.05$ ) merentasi indeks kematangan. Ini mencadangkan tekstur buah semakin lembut mengikut kematangan. Kesan dominan prob ke atas tisu buah betik *Panjang* adalah kesan mampatan berbanding dengan kesan ricihan. Kedua-dua daya dan tenaga titik hasil berkorelasi kuat dengan indeks kematangan, dengan daya titik hasil ( $r>-0.900^{**}$ ) lebih sesuai untuk digunakan sebagai indeks tekstur atau indeks kematangan berbanding dengan tenaga titik hasil ( $r<-0.900^{**}$ ). Diameter prob 8.0mm adalah paling sesuai digunakan untuk menguji ciri-ciri tekstur betik *Panjang* memandangkan hubungan korelasi yang paling kuat ( $r=-0.930^{**}$ ) dengan indeks kematangan. Buah betik *Panjang* turut diklasifikasi kepada kategori buah masak dan tidak masak berdasarkan ciri-ciri tekstur. Indeks kematangan 3 (warna hijau melebihi kuning) dalam buah betik *Panjang* dikenalpasti tahap permulaan perubahan mendadak untuk majoriti ciri-ciri fizikal, tekstur dan kimia diikuti oleh perubahan pada kadar yang perlahan selepas indeks kematangan 4. Kesimpulannya, kesemua ciri-ciri fizikokimia dan tekstur yang dikaji dapat digunakan sebagai penunjuk tahap kematangan buah betik *Panjang* kerana berkorelasi kuat dengan indeks kematangan. Namun untuk ramalan tahap kematangan buah betik yang tepat, gabungan ciri-ciri tekstur dan fizikokimia diperlukan.



## ABSTRACT

### **EFFECT OF MATURITY INDICES ON TEXTURE AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PAPAYA (*Carica papaya L.*) CULTIVAR PANJANG**

The study of the effect of maturity indices on texture and physicochemical properties of papaya (*Carica papaya L.*) cultivar Panjang had been carried out. Physicochemical properties such as weight loss, changes of fruit morphology, concentration of hydrogen ion (pH), percentage of citric acid, moisture content, total soluble solid (TSS), sugar composition and texture properties by puncture test along the maturity indices were measured on Panjang papaya obtained from commercial orchard in Keningau, Sabah. Fruit morphology changes along the maturity stages such as peel colour, fruit pulp, seed and ripening duration were studied. Weight loss of fruit was strongly correlated to the maturity indices ( $r=0.938^{**}$ ) and storage days ( $r=0.985^{**}$ ). Citric acid, TSS, total sugar and non-reducing sugar displayed significant ( $P<0.05$ ) increase, whereas pH and moisture content decreased significantly ( $P<0.05$ ) according the maturity stages. Reducing sugar showed a decreasing trend from index 1 to 3 and followed by abrupt increase ( $P<0.05$ ). There were strong correlations among the maturity indices and chemical properties ( $r>0.900^{**}$  or  $r>-0.900^{**}$ ) except reducing sugar ( $r=0.623^{**}$ ). According to the puncture test, yield force and energy of three different probe diameters (8.0mm, 6.4mm and 4.8mm) showed significant ( $P<0.05$ ) decreasing trends along the maturity indices. This outcome suggests the softening of fruit texture with maturation. The dominant effect of the probes on the papaya fruit texture was mainly compression compared to shear effect. Both yield point force and energy were strongly correlated to maturity indices, with the yield force parameter ( $r>-0.900^{**}$ ) more suitable to be used as maturity indices than energy ( $r<-0.900^{**}$ ). Probe with 8.00mm diameter was found the best to test the textural properties of Panjang papaya according to the strong correlation with maturity indices ( $r=-0.930^{**}$ ). Panjang papaya had also been categorized into ripe fruit and unripe fruit based on texture properties. Maturity index 3 (more greenish than yellowish) in Panjang papaya was identified as the beginning stage for dramatic changes of majority physicochemical and texture properties followed by slower changes rate after index 4. In conclusion, all the physicochemical and texture properties studied could be used as indicator of maturity stages for Panjang papaya due to strong correlations with maturity indices. However, combination of texture and physicochemical properties are needed for accurate prediction of the maturity stages in papaya fruit.



## KANDUNGAN

TAJUK	HALAMAN
<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>PENGAKUAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGAKUAN PEMERIKSA</b>	<b>iii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
<b>KANDUNGAN</b>	<b>vii</b>
<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>xi</b>
<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>xii</b>
<b>SENARAI SIMBOL</b>	<b>xiii</b>
<b>SENARAI SINGKATAN</b>	<b>xiv</b>
<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	<b>xv</b>
<b>SENARAI PERSAMAAN</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 : PENGENALAN</b>	<b>1</b>
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Kepentingan Kajian	4
1.3 Objektif	5
<b>BAB 2 : ULASAN KEPUSTAKAAN</b>	<b>7</b>
2.1 Tekstur Makanan	7
2.1.1 Definisi Tekstur Makanan	7
2.1.2 Pengelasan Tekstur	9
2.1.3 Kepentingan Tekstur Makanan	10
2.1.4 Pengukuran Tekstur Makanan	11
2.1.4.1 Klasifikasi Jenis Ujian Pengukuran Tekstur Makanan	11
2.1.4.2 Pengukuran Tekstur Dengan Ujian Sensori	13
2.1.4.3 Korelasi Antara Pengukuran Sensori Dan Instrumen	14
2.2 Tekstur Buah-buahan	15
2.2.1 Klasifikasi Tekstur Buah-buahan	15
2.2.2 Kepentingan Pengukuran Tekstur Buah-buahan	16



2.2.2.1 Prospek Penyelidikan	16
2.2.2.2 Kematangan	17
2.2.2.3 Prospek Piawaian	18
2.2.3 Faktor-faktor Mempengaruhi Tekstur Buah-buahan	19
2.2.3.1 Genetik	19
2.2.3.2 Persekutaran	20
2.2.3.3 Irradiasi Sinaran	20
2.2.3.4 Kandungan Mineral	21
2.2.3.5 Jenis dan Saiz Buah	21
2.2.3.6 Kematangan Dan Pemasakan	22
2.2.3.7 Suhu Dan Keadaan Penyimpanan	23
2.2.4 Tren dan Masalah Tekstur Buah-buahan	23
2.3 Cara Pengukuran Tekstur Buah-buahan	25
2.3.1 Ujian Dekstruktif	26
2.3.1.1 Ujian Penembusan	26
2.3.1.2 Ujian Ekstrusi	28
2.3.1.3 Ujian ricihan-mampatan ( <i>shear compression</i> )	28
2.3.2 Ujian Tanpa Dekstruktif	29
2.3.2.1 Ujian Deformasi (mampatan)	29
2.3.2.2 Ujian-ujian Lain	30
2.4 Buah Betik	30
2.4.1 Indeks Kematangan	34
2.4.2 Komposisi Buah Betik Dan Kegunaanya	36
2.4.3 Pengeluaran Buah Betik Di Malaysia	38
2.4.4 Faktor-faktor Mempengaruhi Pemasakan Buah Betik	39
2.4.5 Perubahan Fizikokimia Semasa Pertumbuhan Dan Pemasakan	40
2.4.5.1 Fizikal	40
2.4.5.2 Fisiologi	40
2.4.5.3 Karbohidrat	41
2.4.5.4 Asid Organik	42
2.4.5.5 Pigmen	42
2.4.5.6 Bahan Meruap	43
2.4.5.7 Struktur Polisakarida dan Perubahan tekstur	43
2.4.5.8 Lipid Metabolisma	44
2.4.5.9 Proteases	45



2.4.5.10 Fenolik	45
2.4.5.11 Kelembapan	45
2.4.5.12 Kandungan Nutrisi	46
<b>Bab 3 : BAHAN DAN KAEDAH</b>	<b>47</b>
3.1 Persampelan	47
3.2 Reka bentuk eksperimen	48
3.3 Ujian Fizikal	49
3.3.1 Kehilangan Berat Buah	49
3.3.2 Perubahan Morfologi Buah Betik	49
3.4 Ujian Kimia	49
3.4.1 Penentuan Masa Menyahaktikan Enzim Invertase	49
3.4.2 Penyediaan sampel	50
3.4.3 Kepekatan Ion Hidrogen (pH)	51
3.4.4 Kandungan Kelembapan	51
3.4.5 Kandungan Asid Sitrik Tertitrat	51
3.4.6 Jumlah Pejal Terlarut (TSS)	52
3.4.7 Jumlah Kandungan Gula, Gula Penurun Dan Gula Bukan Penurun	52
3.4.7.1 Kandungan Jumlah Gula	53
3.4.7.2 Kandungan Gula Penurun	53
3.4.7.3 Penyediaan Lengkuk Piawai Glukosa	53
3.4.7.4 Pengukuran Penyerapan Sampel	54
3.5 Kajian Awal Ujian Penembusan	55
3.5.1. Kesan Suhu	55
3.5.2 Kelajuan Prob	55
3.5.3 Penyediaan Sampel	56
3.5.4 Prosedur	56
3.5.4.1 Kedudukan Yang Diuji	57
3.5.4.2 Ketebalan Potongan	58
3.5.4.3 Diameter Prob	59
<b>BAB 4 : HASIL DAN PERBINCANGAN</b>	<b>60</b>
4.1 Hasil Kajian Awal	60
4.1.1 Masa Penyahaktifan Enzim Invertase	60
4.1.2 Kesan Suhu	61



4.1.3 Kesan Kelajuab Prob	61
<b>4.2 Ciri-ciri Fizikal</b>	<b>63</b>
4.2.1 Perubahan Morfologi Buah Betik <i>Panjang</i>	63
4.2.2 Kehilangan Berat	65
4.2.3 Korelasi Antara Ciri-ciri Fizikal Dengan Indeks Kematangan	67
<b>4.3 Ciri-ciri Kimia</b>	<b>68</b>
4.3.1 Kandungan Asid Sitrik Dan pH	68
4.3.2 Kandungan Jumlah Pejal Terlarut (TSS)	70
4.3.3 Komposisi Gula Dan Juzuknya	72
4.3.4 Kandungan Kelembapan	75
4.3.5 Ujian Korelasi Ciri-ciri Kimia Dengan Indeks Kematangan	77
<b>4.4 Ciri-ciri Tekstur</b>	<b>79</b>
4.4.1 Ujian Penembusan	79
4.4.2 Ciri-ciri Tekstur Buah Betik <i>Panjang</i> Merentasi Tahap Kematangan	81
4.4.3 Klasifikasi Buah Betik <i>Panjang</i> Mengikut Tahap Kematangan	86
4.4.4 Kesan Diameter Prob terhadap Tekstur Buah Betik <i>Panjang</i>	88
4.4.5 Kajian Kesan Ricihan ( <i>shearing</i> ) Dan Mampatan ( <i>compression</i> )	89
4.4.6 Korelasi Antara Ciri-ciri Tekstur Dan Indeks Kematangan	91
<b>4.5 Korelasi Antara Ciri-ciri Fizikokimia Dan Tekstur</b>	<b>93</b>
<b>BAB 5 : KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>97</b>
5.1 Kesimpulan	97
5.2 Cadangan	99
<b>RUJUKAN</b>	<b>100</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>115</b>

## SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
1.1	Indeks warna betik pada setiap indeks kematangan	3
2.1	Hubungan antara parameter tekstur dan nomenklatur popular	10
2.2	Klasifikasi cara objektif dalam pengukuran tekstur dan konsistensi	13
2.3	Cara umum penilaian tekstur buah-buahan tropika dan kesan pembolehubah terhadap parameter instrumen	26
2.4	Ciri-ciri untuk beberapa varieti buah betik	33
2.5	Pengelasan gred untuk betik <i>Panjang</i> berdasarkan keadaan dan ciri-ciri	34
2.6	Saiz betik <i>Panjang</i> ditentukan berdasarkan berat dalam unit kilogram	34
2.7	Indeks warna betik pada setiap indeks kematangan	36
2.8	Komposisi nutrisi buah betik (per 100g bahagian boleh dimakan)	37
2.9	Semenanjung Malaysia: pengeluaran buah-buahan (tan metrik)	38
2.10	Peringkat TSS semasa pemasakan bagi betik <i>Eksotika</i>	42
4.1	Suhu dalaman buah betik pada tempoh ujian berbeza	61
4.2	Korelasi antara kehilangan berat dengan indeks kematangan atau tempoh penyimpanan	68
4.3	Korelasi antara ciri-ciri kimia dengan indeks kematangan	78
4.4	Klasifikasi kematangan buah betik mengikut ciri-ciri tekstur	87
4.5	Kajian kesan prob ke atas tisu buah betik <i>Panjang</i> secara pengiraan	91
4.6	Ujian korelasi antara ciri-ciri tekstur dengan indeks kematangan	92
4.7	Korelasi antara ciri-ciri fizikokimia dengan tekstur buah betik <i>Panjang</i> merentasi tahap kematangan.	94

## SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
2.1	Bahagian keratan menegak dan membujur buah betik	32
3.1	Betik kultivar <i>Panjang</i> dari kebun penanaman betik dengan pembekalnya	48
3.2	Reka bentuk Faktorial yang digunakan untuk ujian penembusan	48
3.3	Monokromatometer ( <i>CECIL, 1011</i> )	54
3.4	Pembahagian Potongan Sampel	56
3.5	Instrumen Pengukuran Tekstur ( <i>Hounsfield siri H-10-KS</i> )	57
3.6	Kedudukan penembusan	58
3.7	Diameter prob 8.0mm, 6.4mm dan 4.8mm	59
4.1	Perubahan peratusan gula penurun buah betik terhadap masa perlakuan gelombang mikro	60
4.2	Kajian tahap sensitiviti prob mengikut kelajuan	62
4.3	Perubahan morfologi buah betik <i>Panjang</i> merentasi indeks kematangan	64
4.4	Kehilangan berat merentasi indeks kematangan dan tempoh penyimpanan	66
4.5	Perubahan kandungan asid sitrik merentasi indeks kematangan	69
4.6	Perubahan kandungan pH merentasi indeks kematangan	70
4.7	Perubahan kandungan TSS merentasi indeks kematangan	71
4.8	Perubahan komposisi gula merentasi indeks kematangan	73
4.9	Perubahan kandungan kelembapan merentasi indeks kematangan	76
4.10	Bentuk graf daya-ekstensi yang dihasilkan dalam ujian penembusan	80
4.11	Perubahan daya titik hasil bagi pelbagai diameter prob merentasi indeks kematangan	82
4.12	Kesan indeks kematangan terhadap tenaga titik hasil bagi pelbagai diameter prob	83
4.13	Kehadiran dua zon dalam sampel buah betik yang digunakan dalam kajian ini	85
4.14	Komponen daya yang terlibat pada titik penembusan ke dalam makanan	89



## SENARAI SIMBOL

>	Lebih daripada	$^{\circ}\text{C}$	Darjah celcius
<	Kurang daripada	C	Karbon
$\leq$	Kurang atau sama daripada	$\gamma$	Gamma
/	Per	&	Dan
%	Peratus	$\beta$	Beta
-	Hingga	P	Nisbah diameter
$\pm$	Tambah atau tolak	Z	Nisbah diameter kuasa dua
$\infty$	Berkadaran		
mg	Miligram		
M	Molal		
ml	Mililiter		
cm	sentimeter		
N	Newton; kenormalan		
M	Dimensi jisim		
T	Dimensi masa		
L	Dimensi panjang		
P	Kebarangkalian		
$^{\circ}\text{Briks}$	Darjah Briks		
F	Daya		
D	Sesaran,		
D1	nisbah daya		
ppm	Bahagian per <i>million</i>		
$\text{mm}^{-1}$	permilimeter		
m	Meter		
Kg	Kilogram		
g	gram		
$\mu\text{g}$	Mikrogram		
i.u	<i>International unit</i>		
Kcal	kikalorii		
$^{\circ}\text{F}$	Fahrenheit		
r	Pemalar regresi		



**SENARAI SINGKATAN**

DNS	Asid 3,5-dinitrosalicylic
NaOH	natrium hidroksida
USDA	United States Department of Agriculture
pH	Kepekatan ion hidrogen
TSS	Jumlah pejal terlarut
FAMA	Federal Agricultural Marketing Authority
RM	Ringgit Malaysia
PG	Poligalakturonase
min	Minit
t.th.	Tanpa tarikh
<i>et al.</i>	Lebih dari tiga orang pengarang



## SENARAI LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>		<b>Halaman</b>
A	Lengkuk Piawai Glukosa	115
B	Kesan indeks kematangan ke atas perubahan kehilangan berat betik <i>Panjang</i>	116
C	Kesan hari penyimpanan ke atas perubahan kehilangan berat betik <i>Panjang</i>	117
D	Kesan indeks kematangan ke atas perubahan ciri-ciri kimia buah betik <i>Panjang</i>	118
E	Kesan indeks kematangan ke atas perubahan komposisi gula buah betik <i>Panjang</i>	119
F	Kesan indeks kematangan ke atas ciri-ciri tekstur betik <i>Panjang</i> (dilapor dalam daya titik hasil)	120
G	Kesan indeks kematangan ke atas ciri-ciri tekstur betik <i>Panjang</i> (dilapor dalam tenaga titik hasil)	122
H	Output daripada ujian <i>Turkey</i> (Homogenous subsets) bagi membandingkan kesan indeks kematangan ke atas perubahan kehilangan berat betik <i>Panjang</i>	124
I	Output daripada ujian <i>Turkey</i> (Homogenous subsets) bagi membandingkan kesan indeks kematangan ke atas perubahan komposisi kimia betik <i>Panjang</i>	125
J	Output daripada ujian <i>Turkey</i> (Homogenous subsets) bagi membandingkan kesan indeks kematangan ke atas perubahan komposisi gula betik <i>Panjang</i>	127
K	Output daripada ujian <i>Turkey</i> (Homogenous subsets) bagi membandingkan kesan indeks kematangan ke atas perubahan ciri-ciri tekstur betik <i>Panjang</i> (dilapor dalam daya titik hasil)	129
L	Output daripada ujian <i>Turkey</i> (Homogenous subsets) bagi membandingkan kesan indeks kematangan ke atas perubahan ciri-ciri tekstur betik <i>Panjang</i> (dilapor dalam tenaga titik hasil)	131



## SENARAI PERSAMAAN

No. Persamaan		Halaman
2.1	Daya titik hasil	27
3.1	Peratusan kehilangan berat	49
3.2	Peratusan kelembapan	51
3.3	Peratusan asid sitrik	52
3.4	% Kandungan gula dalam sampel (sebagai glukosa)	55



# BAB 1

## PENGENALAN

### 1.1 Pendahuluan

Tekstur buah-buahan boleh didefinisikan sebagai atribut yang dapat menentukan 'sentuhan' makanan dalam mulut dan atribut-atribut tersebut dapat diukur sama ada secara sensori atau secara instrumen (Harker *et al.*, 1997a). Istilah-istilah seperti keras, teguh, lembut, rangup, lembik, liat, dan berjus sering digunakan untuk menggambarkan ciri-ciri tekstur buah-buahan dan sayuran (Abbott & Harker, t.th.). Terdapat banyak cara yang pernah dijalankan untuk menguji tahap kematangan buah betik, contohnya kajian biokimia dan fisiologi (Latifah, Ali & Lazan, 1996), kimia (Jones & Kubota, 1940; Selvaraj *et al.*, 1982; Selvaraj & Pal, 1982) dan fizikal iaitu warna (Peleg & Brito, 1974) dan tekstur (Lam & Zaipun, 1987). Namun mengikut Lizana (1990), perbezaan komposisi kimia buah-buahan amat bergantung kepada peringkat kematangan, amalan kebudayaan, kawasan geografi serta jenis varieti buah. Maka ia memerlukan pelbagai cara daripada aspek yang berlainan untuk mengikuti tahap kematangan buah-buahan bagi mengurangkan variasi tersebut. Ini turut disokong oleh Duprat *et al.*, (1995) yang menyatakan bahawa buah-buahan adalah produk biologi yang kompleks dan tidak dapat digambarkan dengan hanya satu faktor disebabkan variasi antara buah yang besar.

Disebabkan kebanyakan ciri tekstur makanan adalah dirasai dalam mulut dan proses penguyahan dikenali sebagai proses pemusnahan, maka ia adalah logik menggunakan ujian tekstur secara destruktif dalam mengkaji tekstur makanan



(Finney, 1969). Ujian tekstur secara penembusan mencontohi gigi dalam mengunyah makanan serta untuk makanan berselular seperti buah-buahan, maka ia membekalkan ciri-ciri mekanikal setempat serta berdasarkan dinding sel di mana ia tepat berkorelasi dengan kriteria sensori. Bourne (1965a) menerangkan ujian tekstur secara penembusan sebagai pengukuran daya yang diperlukan untuk menolak prob ke dalam produk makanan. Data dalam ujian penembusan sering dilaporkan sebagai daya titik hasil (*yield point*) dalam unit *Newton* (Bourne, 1975). Titik hasil menunjukkan permulaan penembusan prob ke dalam makanan, mengakibatkan penghancuran yang tak berbalik (Bourne, 2002). Pengukuran daya titik hasil tersebut boleh dikatakan sebagai keteguhan isi buah-buahan (Harker *et al.*, 1997a). Di samping itu, Bourne (1972a) turut berpendapat bahawa daya geseran merupakan ralat yang penting dan tidak dapat dipiawaikan terutamanya dalam instrumen *shear* yang disebabkan oleh geseran bebilah. Penggunaan instrumen tanpa geseran iaitu ujian penembusan, ekstrusi dan deformasi dapat menyelesaikan masalah ini.

Perubahan warna kekuningan pada kulit buah betik secara tradisional digunakan sebagai penunjuk tahap kematangan (Peleg & Brito, 1974). Dengan ini, tahap kematangan buah betik ditentukur secara mata kasar berdasarkan carta warna piawai (Jadual 1.1). Bagaimanapun, perubahan komposisi kimia, biokimia, tekstur dan ciri-ciri fizikal lain telah didapati boleh dikorelasi dengan tahap kematangan buah betik.



**Jadual 1.1: Indeks warna betik pada setiap indeks kematangan**

Indeks	Warna
1	Kesemua hijau pada permukaan kulit
2	Hijau dengan campuran kuning
3	Lebih hijau berbanding kuning
4	Lebih kuning berbanding hijau
5	Kuning dengan campuran hijau
6	Kesemua kuning

(Sumber: Lam & Zaipun, 1987)

Menurut Selvaraj *et al.*, (1982) yang telah membuat penyelidikan terhadap perubahan kimia empat jenis buah betik semasa pemasakan (*Honey Dew, Pink Flesh Sweet, Sunrise* dan *Washington*), membuat kesimpulan bahawa pemasakan buah betik cenderung dicirikan oleh peningkatan dalam sukrosa berbanding dengan glukosa dan fruktosa, bahan kering dan penurunan keasidan. Kajian Camera, Diez & Torija (1993) turut membuat kesimpulan bahawa pH dan TSS boleh digunakan sebagai indeks kematangan buah betik setelah mengkaji perubahan semasa pemasakan buah betik dalam sistem penyimpanan yang berbeza. Mereka telah menjalankan analisis statistik secara varians, korelasi dan analisis *principle component* (PCA) untuk mengklasifikasi proses pemasakan *Carica papaya Solo*. Begitu juga dengan Lam dan Zaipun (1987) yang telah membuat penyelidikan terhadap perubahan fizikal dan kimia buah betik *Eksotika* pada indeks kematangan yang berbeza, mendapati bahawa TSS dan jumlah keasidan dalam asid sitrik menunjukkan pertambahan yang beransur-ansur dari 12.5% hingga 16.5% serta 0.15% hingga 0.25% masing-masing dari indeks 1 hingga 6.



Betik *Panjang* (Sekaki) *Carica papaya* berasal dari famili *Caricaceae* yang juga dikenali sebagai betik 'Hong Kong'. Bentuk buah sama ada piriform, sfera atau silinder (Paull *et al.*, 1997). Betik kultivar ini merupakan bekalan utama pasaran tempatan dan mudah diperolehi dari pekebun komersial di sekitar daerah Keningau, Sabah. Pasaran tempatan kini masih lagi menggunakan indeks warna sebagai penunjuk tahap kematangan buah betik. Oleh itu, kajian ini berhasrat untuk mengaitkan ciri-ciri fizikal, kimia dan tekstur dengan indeks warna buah betik. Komposisi kimia berkait rapat dengan perubahan tekstur kebanyakan buah-buahan; iaitu memperlihatkan perubahan yang signifikan semasa pemasakan buah, seperti jumlah pepejal terlarut (TSS), jumlah keasidan (% asid sitrik), kepekatan ion hidrogen (pH), kandungan air dan komposisi gula akan dijalankan dengan pelbagai ujian piawai. Ujian secara fizikal seperti perubahan morfologi buah dan kehilangan berat buah akan dijalankan juga.

Kesan diameter prob penembusan ke atas ciri-ciri tekstur buah betik juga dikaji. Menurut Ourecky & Bourne (1968), saiz prob yang berbeza akan menentukan jenis dan magnitud keputusan. Bourne (1965a) turut mendapati bahawa ujian penembusan dengan diameter prob yang berbeza dapat mengetahui sama ada daya penembusan terhadap tekstur sampel ujian lebih bergantung kepada kesan rincian, mampatan atau kombinasi kedua-duanya.

## **1.2 Kepentingan Kajian**

Kepentingan data yang diperolehi dari ujian-ujian yang dijalankan adalah seperti berikut:

1. Terdapat ramai penyelidik yang mengkaji tentang perubahan buah betik semasa pemasakan, namun masih tidak ada kajian yang menghubungkaitkan ciri-ciri perubahan tekstur, fizikokimia serta indeks kematangan buah betik. Di



samping itu, belum ada percubaan untuk mengklasifikasikan pemasakan buah betik berdasarkan ciri-ciri teksturnya.

2. Membolehkan pemilihan suatu cara pengendalian yang sesuai. Didapati buah betik pada semua tahap kematangan adalah sensitif terhadap penembusan apabila bersentuhan dengan permukaan kasar atau tajam (Quintana & Paull, 1993). Kesan lebaman juga sering berlaku semasa penuaian dan pembungkusan (Paull *et al.*, 1997). Dengan ini, data dalam kajian ini mungkin boleh digunakan dalam mencipta mesin penuaian buah betik pada indeks kematangan yang berbeza.
3. Data diperolehi juga dapat digunakan dalam kajian yang tertumpu pada ciri-ciri yang berkaitan dengan potensi penyimpanan (ketahanan teksturnya semasa penghantaran) serta atribut yang dapat mempengaruhi persepsi pengguna terhadap kualiti buah-buahan (Harker *et al.*, 1997a). Misalnya dedahan buah kepada pelebaman dapat diramalkan dengan daya titik hasil (Holt & Schoorl, 1982).
4. Peletakan gred berdasarkan data yang ditentukan secara instrumen untuk kegunaan pemborong, pengeluar buah-buahan serta agen pemasaran. Sebagai contoh, rantaian pasaraya di United Kingdom mewajibkan keteguhan minimum untuk pembekal epal atau pengeksport sebelum mereka dibenarkan mengeksport buah tersebut (Harker *et al.*, 1997a).

### **1.3 Objektif**

1) Menentukan kesan indeks kematangan terhadap perubahan buah betik secara:

- Fizikal (kehilangan berat buah).
- Kimia (pH buah, kandungan kelembapan, kandungan asid sitrik, TSS serta komposisi gula).
- Tekstur (ujian penembusan).

- 2) Mengklasifikasikan buah betik kepada buah masak dan tak masak mengikut ciri-ciri tekstur (daya dan tenaga titik hasil).
- 3) Untuk mengorelasikan:
  - Ciri-ciri fizikal, tekstur serta komposisi kimia buah betik.
  - Ciri-ciri fizikokimia, tekstur dengan indeks kematangan buah betik.
- 4) Mengkaji kesan indeks kematangan dan perubahan diameter prob penembusan (8.00mm, 6.4mm, 4.8mm) terhadap ciri-ciri tekstur buah betik.



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BAB 2

### ULASAN KEPUSTAKAAN

#### 2.1 Tekstur Makanan

Faktor-faktor penting dalam penerimaan suatu produk makanan adalah ciri-ciri sensorinya dan bergantung kepada tekstur, rasa, warna, dan aroma (Forder & Delahunty, 2004). Mengikut Bourne (2002), terdapat empat faktor kualiti yang penting dalam makanan iaitu *rupa luaran* seperti warna dan bentuk yang dikesan melalui deria optik, *perisa*; deria kimia yang meliputi rasa dan aroma, *tekstur* yang dikesan melalui gerak balas oleh deria sentuhan secara fizikal antara bahagian badan dengan makanan dan kandungan *nutrisi* yang meliputi nutrien makro (karbohidrat, lemak, protein) dan nutrien mikro (mineral, vitamin, fiber) turut penting dalam kualiti makanan. Ketiga-tiga faktor yang pertama dikenali sebagai faktor penerimaan sensori kerana atribut-atribut tersebut dikesan melalui deria secara langsung dan akan menentukan tahap penerimaan pengguna terhadap produk makanan yang dihasilkan. Dalam sesetengah makanan seperti kerepek kentang, ciri-ciri tekstur mungkin lebih penting berbanding dengan rupa luaran dan rasa (Finney, 1969).

##### 2.1.1 Definisi Tekstur Makanan

Memandangkan terdapat pelbagai definisi bagi istilah tekstur, maka makanan haruslah mempunyai definisi sendiri dalam aspek tekstur (Kramer, 1973). Tekstur makanan dapat didefinisikan sebagai satu daripada tiga ciri sensori utama iaitu sentuhan dan mampu diukur dengan tepat secara objektif melalui cara mekanikal dalam unit daya dan jisim (Kramer, 1972). Tekstur juga merupakan kumpulan yang



## RUJUKAN

- Abbott, J. A. & Harker, F. R. t.th. Texture (atas talian) <http://72.14.203.104/search?q=cache:AXqLekRpb7sJ:usna.usda.gov/hb66/021texture.pdf+texture+by+Judith+A.+Abbott+and+F.+Roger+Harker&hl=en&gl=my&ct=clnk&cd=1.htm>.
- Abbott, J. A., Klein, J. D., Campbell, T. A., Conway, W. S. & Sams, C. E. 2000. Sensory and firmness measurement of calcium and heat-treated apples. *Journal of Texture Studies*. **31**: 109-121.
- Adegoroye, A. S., Jolliffe, P. A. & Tung, M. A. 1989. Textural characteristics of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum*) affected by sunscald. *Journal of Science of Food and Agriculture*. **49**: 95-102.
- Ahmed, E. M. & Dennison, R. A. 1971. Texture profile of irradiated mangoes and peaches. *Journal of Texture Studies*. **2**: 489-496.
- Ahmed, E. M. & Fluck, R. C. 1972. Puncture testing of tioga strawberries. *Journal of Texture Studies*. **3**: 165-172.
- Akamine, E. K. & Goo, T. 1971. Relationship between surface colour development and total soluble solids in papaya. *HortScience*. **6**(6): 567-568.
- Akamine, E. K. & Goo, T. 1979. Concentrations of carbon dioxide and ethylene in the cavity of attached papaya fruit. *HortScience*. **14**(2): 138-139.
- Ali Batu. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering*. **61**: 471-475.
- Almora, K., Pino, J. A., Hernandez, M., Cira Duarte, Gonzalez, J. & Roncal E. 2004. Evaluation of volatiles from ripening papaya. *Food Chemistry* **86**: 127-130.
- An, J. F. & Paull, R. E. 1990. Storage temperature and ethylene influence on ripening of papaya fruit. *Journal of American Society Horticultural Science*. **115**(6): 949-953.
- Angara, F. S., Wang, J. K. & Agena, U. 1969. Development and performance of equipment for removing papaya flesh. *Tansactions of the ASAE*. **12**(6):745-747.
- Archbold, D. D. & Pomper, K. W. 2003. Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics. *Postharvest Biology and Technology*. **30**: 99-103.



Arthey, D. & Ashurst, P. R. 1996. *Fruit Processing*. London: Blackie Academic & Professional.

Aziz, A. A. B., El-Nabawy, S. M. & Zaki, H. A. 1975. Effect of different temperatures on the storage of papaya fruits and respirational activity during storage. *Scientia Horticulturae*. **3**: 173-177.

Bashir, H. A. & Abu-Goukh, A. A. 2003. Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*. **80**: 557-563.

Beyers, M., Thomas, A. C. & Van Tonder, A. J. 1979.  $\gamma$  Irradiation of subtropical fruits. 1. Compositional tables of mango, papaya, strawberry, and litchi fruits at the edible-ripe stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **27**(1): 37-41.

Biale, J. B. 1964. Growth, maturation, and senescence in fruits. *Science*. **146**: 880-888.

Blankenship, S. M., Parker, M. & Unrath, C. R. 1997. Use of maturity indices for predicting poststorage firmness of 'Fuji' apples. *HortScience*. **32**(5): 909-910.

Blanpied, G. D., Bramlage, W. J., Dewey, D. H., La Belle, R. L., Massey, L. M., Mattus, G. E., Stiles, W. C. & Watada, H. E. 1978. A standardized method for collecting apple pressure tests. *New York's Food and Life Sciences Bulletin* **74**: 1-15.

Borwankar, R. P. 1992. Food Texture and Rheology: A Tutorial Review. *Journal of Food Engineering*. **16**: 1-16.

Bose, T. K. & Mitra, S. K. 1990. *Fruits: Tropical and Subtropical*. Calcutta: Naya Prokash.

Bourne, M. C. 1965a. Measure of shear and compression components of puncture tests. *Journal of Food Science*. **31**: 282-291.

Bourne, M. C. 1965b. Studies on punch testing of apples. *Food Technology*. **41**: 113-115.

Bourne, M.C. 1966. A classification of objective methods for measuring texture and consistency of foods. *Journal Of Food Science*. **31**: 1011-1015.

- Bourne, M. C. 1972a. Standardization of texture measuring instruments. *Journal of Texture Studies*. **3**: 379-384.
- Bourne, M. C. 1972b. Texture measurement of individual cooked dry beans by the puncture test. *Journal of Food Science*. **37**: 751-753.
- Bourne, M. C. 1974. Comparison of results from the use of the magness-taylor pressure tip in hand- and machine-operation. *Journal of Texture Studies*. **5**: 105-108.
- Bourne, M. C. 1975. Method for obtaining compression and shear coefficients of foods using cylindrical punches. *Journal of Texture Studies*. **5**: 459-469.
- Bourne, M. C. 1979a. Fruits texture—an overview of trends and problems. *Journal of Texture Studies*. **10**: 83-94.
- Bourne, M. C. 1979b. Texture of temperature fruits. *Journal of Texture Studies*. **10**: 25-44.
- Bourne, M. C. 1979c. Interpretation of force curves from instrument texture measurement. DeMan, J. M., Voisey, P. W., Rasper, V. F. & Stanley, D. W. (ed). *Rheology and texture in food quality*. Westport: AVI Publishing. 244-273.
- Bourne, M. C. 1979d. Texture of fruit and vegetables. DeMan, J. M., Voisey, P. W., Rasper, V. F. & Stanley, D. W. (ed). *Rheology and texture in food quality*. Westport: AVI Publishing. 275-305.
- Bourne, M. C. 1982. Effect of temperature on firmness of raw fruits and vegetables. *Journal of Food Science*. **47**: 440-444.
- Bourne, M. C. 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. (2<sup>nd</sup> edition). New York: Academic Press.
- Bourne, M. C. & Moyer, J. C. 1968. The extrusion principle in texture measurement of fresh peas. *Food Technology*. **22**: 1013-1018.
- Brady, C. J. 1987. Fruit Ripening. *Plant Physiology*. **38**: 155-178.
- Breene, W. M., Jeon, I. J. & Bernard, S. N. 1974. Observations on texture measurement of raw cucumbers with the fruit pressure tester. *Journal of Texture Studies*. **5**: 317-327.

- Brennan, J. G. 1980. Food texture measurement. King, R. D. (ed). *Development in food analysis techniques-2*. Weybridge: Applied Science. 1-68.
- Broughton, W. J., Hashim, A. W., Shen, T. C. & Tan, I. K. P. 1977. Maturation of Malaysian fruits I. storage conditions and ripening of papaya (*Carica papaya* L. CV. sunrise solo). *MARDI Res. Bull.* **5**: 59-72.
- Brown, S. K. & Bourne, M. C. 1988. Assessment of components of fruit firmness in selected sweet cherry genotypes. *HortScience*. **23**: 902-904.
- Burkner, P. F. & Kinch, D. M. 1968. Force-deformation ratio as an index of papaya maturation. *Transactions of the ASAE*. **11**(1-6): 437-440.
- Camera, M. M., Diez, C. & Torija, M. E. 1993. Changes during ripening of papaya fruit in different storage systems. *Food Chemistry*. **46**: 81-84.
- Casimir, D. J., Coote, G. G. & Moyer, J. C. 1971. Pea texture studies using a single puncture maturometer. *Journal of Texture Studies*. **2**: 419-430.
- Cappellini, R. A., Ceponis, M. J. & Lightner, G. W. 1988. Disorders in apricot and papaya shipments to the New York market. *Plant Disease*. **72**: 366-368.
- Chan, H. T. & Kwok, S. C. M. 1975. Importance of enzyme inactivation prior to extraction of sugars from papaya. *Journal of Food Science*. **40**: 770-771.
- Chan, H. T. Jr. & Taniguchi, M. H. 1985. Changes in fatty acid composition of papaya lipids (*Carica papaya*) during ripening. *Journal of Food Science*. **50**: 1092-1094.
- Chan, H. T. 1979. Sugar composition of papayas during fruit development. *Hort. Science*. **14**(2): 140-141.
- Chan, H. T., Tam, S. Y. T. & Seo, S. T. 1981. Papaya polygalacturonase and its role in thermally injured ripening fruit. *Journal of Food Science*. **46**: 1981-1985.
- Chan, Y. K. 1992. *Varieti-varieti betik*. Kursus Teknologi Pengurusan Dan Pengeluaran Betik & Belimbing anjuran MARDI. Serdang, Semenanjung Malaysia. 27-31 Julai.
- Chapmen, K.F., Glennie, J. D., Aquilizan, F.A. & Paxton, B. F. 1978. Boron deficiency in papaws. *Qd. Agriculture Journal*. **10**: 31-34.

- Cox, K. A., McGhie, T. K., White, A. & Woolf, A. B. 2004. Skin colour and pigment changes during ripening of 'Hass' avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*. **31**: 287–294.
- Dadzie, B. K. & Orchard, J.E. 1997. *Routine post screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute.
- Diamantidis, Gr., Thomai, T., Genitsariotis, M., Nanos, G., Bolla, N. & Sfakiotakis, E. 2002. Scald susceptibility and biochemical/physiological changes in respect to low preharvest temperature in 'Starking Delicious' apple fruit. *Scientia Horticultural*. **92**: 361-366.
- Duprat, F., Grotte, M. G., Pietri, E. & Stedman, C. J. 1995. A multi-purpose firmness tester for fruits and vegetables. *Computers and Electronic in Agriculture*. **12**: 211-223.
- El Bulk, R. E., Babiker, E. F. E. & Tinay, A. H. El. 1997. Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. *Food Chemistry*. **59**(3): 395-399.
- FAMA. t.th.a. Spesifikasi piawaian dan gred betik Eksotika dan betik Panjang (Sekaki) (atas talian) <http://famaxchangeorg/bm/manual%20gred%20betik.pdf>.
- FAMA. t.th.b. Pelan pemasaran komoditi betik 2003-2010 (atas talian) [http://agribdc.com/view.php?dbIndex=0&website\\_id=88&id=456](http://agribdc.com/view.php?dbIndex=0&website_id=88&id=456)
- Faridah Airi Muhammad, Azizah Sharif & Zaiton Hashim. 1983. Betik. *Risalah Pertanian*. **30**: 1-13.
- Finney, E. E. 1969. Objective measurements for texture in foods. *Journal of Texture Studies*. **1**: 19-37.
- Flath, R. A. & Forrey, R.R. (1977). Volatil components of papaya (*Carica papaya L.* Solo variety). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. **25**:103-109.
- Forde, C. G. & Delahunty, C. M. 2004. Understanding the role cross-modal sensory interactions play in food acceptability in younger and older consumers. *Food Quality and Preference*. **15**: 715–727.
- Fu Bin & McLellan, M. R. 1988. Effect of sample weight and orientation on the texture press force of apple slices. *Journal of Texture Studies*. **19**: 153-160.

- Ghafir, S. & Thompson, K. 1994. Destructive and non-destructive apple maturity and ripeness assessment. *Agricultural Engineering*. **16**: 40-43.
- Hamid Lazan, Mohd. Kasim Selamat & Zainon Mohd. Ali. 1995.  $\beta$ -Galactosidase, polygalacturonase and pectinesterase in differential softening and cell wall modification during papaya fruit ripening. *Physiologia Plantarum*. **95**: 106-112.
- Harker, F. R., Redgwell, R. J. , Hallett, I. C. & Murray, S. H. 1997a. Texture of fresh fruit. *Horticultural Reviews*. **20**: 121-205.
- Harker, F. R., Stec, M. G. H., Hallett, I. C. & Bennett, C. L. 1997b. Texture of parenchymatous plant tissue: a comparison between tensile and other instrumental and sensory measurements of tissue strength and juiciness. *Postharvest Biol. Technol.*
- Hipps, N. A. & Perring, M. A. 1989. Effects of soil management systems and nitrogen fertilizer on the firmness and mean fruit weight of Cox's Orange Pippin apples at harvest. *Journal of Science of Food and Agriculture*. **48**: 507-510.
- Hoehn, E., Gasser, F., Guggenbu, B. & Kunsch, U. 2003. Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of several apple varieties in comparison to consumer expectations. *Postharvest Biology and Technology*. **27**: 27-37.
- Holt, C. B. 1970. Measurement of tomato firmness with a universal testing machine. *Journal of Texture Studies*. **1**: 491-501.
- Holt, J. E. & Schoorl, D. 1982. Mechanics of failure in fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies*. **13**: 83-97.
- Imsabai, W., Ketsa, S. & van Doorn, W. G. 2002. Effect of temperature on softening and the activities of polygalacturonase and pectinesterase in durian fruit. *Postharvest Biology and Technology*. **26**: 347-351.
- Isherwood, F. A. 1958. *Texture in foods*. Comprising Paper organized by Food Group. London. 13-14 October.
- Jackman, R. L. & Stanley, D. W. 1992. Area- and perimeter-dependent properties and failure of mature-green and red-ripe tomato pericarp tissue. *Journal of Texture Studies*. **23**: 461-474.
- Jackman, R. L. & Stanley, D. W. 1995. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. *Trends in Food Science & Technology*. **6**: 187-194.

- James, C. S. 1995. Analytical Chemistry of Foods. London: Blackie Academic & Professional.
- Jerome, N. W. 1975. Flavour preferences and food patterns of selected U.S. and Caribbean blacks. *Food Technology*. **29**(6):46.
- Johnston, J. W., Hewett, E. W., Banks, N. H., Harker, F. R. & Hertog, M. L. A. T. M. 2001. Physical change in apple texture with fruit temperature: effects of cultivar and time in storage. *Postharvest Biology and Technology*. **23**: 13–21.
- Jones, W. W. 1942. Respiration and chemical changes of the papaya fruit in relation to temperature. *Plant Physiology*. **17**: 481-485.
- Jones, W. W. & Kubota, H. 1940. Some chemical and respirational changes in the papaya fruit during ripening, and the effects of cold storage on these changes. *Plant Physiology*. **15**: 711-717.
- Jowitt, R. 1974. The terminology of food texture. *Journal of Texture Studies*. **5**: 351-358.
- Kingston, C. M. 1992. Maturity indices for apple and pear. *Horticultural Reviews*. **13**: 407-432.
- Kojima, K., Sakurai, N. & Kuraishi, S. 1994. Fruit softening in banana: correlation among stress-relaxation parameters cell wall components and starch during ripening. *Plant Physiology*. **90**: 772-778.
- Konopacka, D. & Plocharski, W. J. 2004. Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. *Postharvest Biology and Technology*. **32**: 205–211.
- Kramer, A. 1972. Texture-Its definition, measurement and relation. *Food Technology*. **26**(1-6): 36-39.
- Kramer, A. 1973. Food texture-definition, measurement and relation to other food quality attributes. Kramer, A. & Szczesniak, A. S (ed). *Texture measurement of foods*. Dordrecht: D. Reidel Publishing. 1-8.
- Lam, P. F. & Zaipun, M. Z. 1987. Changes associated with different stages of harvesting and ripening of eksotika papaya at ambient temperatures. *MARDI Res. Bull.* **15**(1): 21-26.

- Lana, M.M., Tijskens, L.M.M. & Van Kooten, O. 2005. Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh cut tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*. **35**: 87–95.
- Larmond, E. 1980. Beyond the texture profile. King, R. D. (ed). *Development in food analysis techniques-2*. Weybridge: Applied Science. 449-463.
- Latifah, M. N., Ali, Z. M. & Lazan, H. 1996. Perubahan fisiologi dan biokimia semasa penyimpanan dan kemasakan buah betik. *MARDI Res. J.* **24**(1): 67-73.
- Lazan, H., Ali, Z. M. & Sim, W. C. 1990. Retardation of ripening and development of water stress in papaya fruit seal-package with polyethylene film. *Acta Hortc.* **269**: 345-358.
- Lazan, H., Ali, Z. M., Liang, K. S. & Yee, Y. K. 2004. Polygalacturonase activity and variations in ripening of papaya fruit with tissue depth and heat treatment. *Plant Physiology*. **77**: 93-98.
- Lazan, H., Kasim, M. & Ali, Z. M. 1995.  $\beta$ -Galactosidase, Polygalacturonase and pectin esterase in differential softening and cell wall modification during papaya fruit ripening. *Physiologia Plantarum*. **95**:106-112.
- Lee, C. Y. & Bourne, M. C. 1980. Changes in grape firmness during maturation. *Journal of Texture Studies*. **11**: 163-171.
- Lehman-Salada, L. 1996. Instrument and operator effects on apple firmness readings. *HortScience*. **31**(6): 994-997.
- Lill, R. E., O'Donoghue, E. M. & King, G. A. 1989. Postharvest physiology of peaches and nectarines. *Hort. Rev.* **11**: 413-452.
- Lingle, S. & Dunlap, J. 1987. Sucrose metabolism in netted muskmelon fruit during development. *Plant Physiology*. **84**: 386-389.
- Lizana, L.A. 1990. Mountain papaya. Nagy, S., Shaw, P. E. & Wardowski. (ed). *Fruits of tropical and subtropical origin*. London: Agscience. 166-177.
- Lurie, S., Pesis, E. & Ben-Arie, R. 1991. Darkening of sunscald on apples in storage is a non-enzymatic and non-oxidative process. *Postharvest Biol. Technol.* **1**: 119-125.

- Luton, M. T. & Holland, D. A. 1986. The affects of preharvest factors on the quality of stored conference pears 1. Effects of orchard factors. *Journal of Horticultural Science*. **61**: 23-32.
- MacLeod, A. J. & Pieris, N. M. 1983. Volatil components of papaya with particular reference to glucosinolate products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **31**:1005-1008.
- Maness, N. O., Brusewitz, G. H. & McCollum, T. G. 1992. Internal variation in peach fruit firmness. *HortScience*. **27**: 903-905.
- Manrique, G. D. & Lajolo, F. M. 2004. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). *Postharvest Biology and Technology*. **33**: 11-26.
- Marsh, K., Attanayake, S., Walker, S., Gunson, A., Boldingham, H. & MacRae, E. 2004. Acidity and taste in kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*. **32**: 159-168.
- Mercado-Silva, E., Benito-Bautista, P. & Garcia-Velasco, M. A. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biology and Technology*. **13**: 143-150.
- Meyer, L. H. 1970. *Food Chemistry*. (8<sup>th</sup> edition). New York: Reinhold Publishing Corporation.
- Mohd. Nordin Abdul Karim. 1995. *Fisiologi lepas tuai. Pengendalian dan penggunaan buah-buahan dan sayur-sayuran tropika dan subtropika*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka. Diterjemah dari "Postharvest Physiology. Handling and Utilization of Tropical and Subtropical fruits and Vegetables". Er. B. Pantastico. 1974.
- Mohd. Salleh, P., Lam, P. F., Abd. Shukor, A. R. & Abdullah, H. 1989. Postharvest handling of Malaysian papaya. *Workshop on Development and Application of Postharvest Technology of Fruits and Vegetables in ASEAN*. MARDI. 34-45
- Mohsenin, N. N. 1970. *Physical properties of plant and animal materials: Structure, physical characteristics and mechanical properties*. New York: Gordan and Breach Science.
- Mohsenin, N. N. 1972. Mechanical properties of fruits and vegetables: review of decade of research applications and future needs. *Transactions of the ASAE*. **8** (9): 1064-1069.

- Mohsenin, N. N., Cooper, H. E. & Turkey, L. D. 1963. Engineering approach to evaluating textural factors in fruits and vegetables. *Transaction of the ASAE*. **6**: 85-88.
- Mojet, J. & Keoster, E. P. 2005. Sensory memory and food texture. *Food Quality and Preference*. **16**: 251-266.
- Moya-Leon, M. A., Moya, M. & Herrera, R. 2004. Ripening of mountain papaya (*Vasconcellea pubescens*) and ethylene dependence of some ripening events. *Postharvest Biology and Technology*. **34**: 211-218.
- Nazeeb, M. & Broughton, W. J. 1978. Storage conditions and ripening of papaya 'Bentong' and 'Taiping'. *Scientia Horticulturae*. **9**: 265-277.
- Neilsen, G. H., Meheriuk, M. & Hogue, E. J. 1984. The effect of orchard floor management and nitrogen fertilization on nutrient uptake and fruit quality of 'Golden Delicious' apple trees. *HortScience*. **19**: 547-550.
- Nitisewojo, P. 1999. *Enzimologi makanan*. Kota Kinabalu: Universiti Malaysia Sabah.
- Noryati Ismail & Cheah Poh Bee. 1998. *Lepas Tuai: Suatu Pengenalan Fisiologi dan Pengendalian Buah-buahan dan Sayur-sayuran*. Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia. Diterjemahkan dari "Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables". Wills, R.B.H., McGlasson, W.B., Graham, D., Lee, T.H. & Hall, E.G. 1989.
- Othman Yaacob & Suranant Subhadrabandhu. 1995. *The Production of Economic Fruits in South-East Asia*. New York: Oxford University Press.
- Ourecky, D. K. & Bourne, M. C. 1968. Measurement of strawberry texture with an instron machine. *Proceeding of the American Society for Horticulture Science*. **93**: 317-325.
- Pal, D. K., Subramanyam, M. D., Divakar, N. G., Iyer, C. P. A. & Selvaraj, Y. 1980. Studies on the physico-chemical composition of fruits of twelve papaya varieties. *Journal of Food Science and Technology*. **17**:254-256.
- Paull, R. E. 1995. Preharvest factors and the heat sensitivity of field-grown ripening papaya fruit. *Postharvest Biology and Technology*. **6**: 167-175.
- Paull, R. E. 1996. Ripening behavior of papaya (*Carica papaya L.*) exposed to gamma irradiation. *Postharvest Biology and Technology*. **7**: 359-370

- Paull, R. E. & Chen, N. J. 1983. Postharvest variation in cell wall-degrading enzymes of papaya (*Carica papaya L.*) during fruit ripening. *Plant Physiol.* **72**: 382-385.
- Paull, R. E. & Chen, N. J. 1989. Waxing and plastic wraps influence water loss from papaya fruit during storage and ripening. *Journal of American Society Horticultural Science.* **114**(6): 937-942.
- Paull, R. E., Gross, K. & Qiu, Y. 1999. Changes in papaya cell walls during fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology.* **16**: 79-89.
- Paull, R. E., Nishijima, W., Reyes, M. & Cavaletto, C. 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya L.*). *Postharvest Biology and Technology.* **11**: 165-179.
- Peleg, M. & Brito, L. G. 1974. External color as a maturity index of papaya fruits. *Journal of Food Science.* **39**: 701-703.
- Peleg, M. 1974. Determination of fresh papaya's texture by penetration tests. *Journal of Food Science.* **39**: 156-159.
- Peleg, M. 1979. Evaluation by instrumental methods of the textural properties of some tropical fruits. *Journal of Texture Studies.* **10**: 45-65.
- Peleg, M. 2006. On fundamental issues in texture evaluation and texturization—A view. *Food Hydrocolloids.* **20**: 405-414.
- Peleg, M., Brito, G. L. & Malevski, Y. 1976. Compressive failure patterns of some juicy fruits. *Journal of Food Science.* **41**: 1320-1324.
- Polderdijk, J. J., Tijskens, M. M., Robbers, J. E. & van der Valk, H. C. P. M. 1993. Predictive model for keeping quality of tomatoes. *Postharvest Biology and Technology.* **2**: 179-185.
- Quintana, M. E. G. & Paull, R. E. 1993. Mechanical injury during postharvest handling of Solo papaya fruit. *Journal of American Society Horticulture Science.* **118**: 618-662.
- Rebouillat, S. & Peleg, M. 1988. Selected physical and mechanical properties of commercial apple cultivars. *Journal of Texture Studies.* **19**: 217-230.
- Richardson, C. & Hobson, G. E. 1987. Compositional changes in normal and mutant tomato fruit during ripening and storage. *Journal of Science of Food and Agriculture.* **40**: 245-252.

Rohani Md. Yon. 1994. *Papaya: fruit development, postharvest physiology handling and marketing in ASEAN*. Kuala Lumpur: ASEAN Food Handling Bureau.

Rukayah Aman. 1999. *Buah-buahan Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Sams, C. E. 1999. Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology*. **15**: 249–254.

Sams, C. E., Conway, W. S., Abbott, J. A., Lewis, R. J. & Ben-Shalom, N. 1993. Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and heat treatment. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* **118**: 623-627.

Sankat, C. K. & Maharaj, R. 1997. Papaya. Mitra, S. *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. London: CAB International. 167-189.

Selamat, M. K. 1993. *Effects of modified atmosphere and storage temperature on ripening of papaya*. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia. MS Thesis.

Selvaraj, Y. & Pal, D. K. 1982. Changes in the chemical composition of papaya (Thailand variety) during growth and development. *Journal of Food Science and Technology*. **19**:257-259.

Selvaraj, Y., Pal, D. K., Subramanyam, M. D. & Iyer, C. P. A. 1982. Changes in the chemical composition of four cultivars of papaya (*Carica papaya L.*) during growth and development. *Journal of Horticultural Science*. **57**(1): 135-143.

Shaw, D. V., Bringhurst, R. S. & Voth, V. 1987. Genetic variation for quality traits in an advanced-cycle breeding population of strawberries. *Journal of American Society Horticultural Science*. **112**: 699-702.

Sherman, P. 1973. Structure and Textural Properties of Foods. Kramer, A. & Szczesniak, A. S. *Texture Measurement of Food*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company. 52-69.

Shewfelt, R. L. 1999. What is quality? *Postharvest Biology and Technology*. **15**: 197–200.

Singh, K. K. & Reddy, B. S. 2006. Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. *Journal of Food Engineering*. **73**: 112–120.

- Sirisomboon, P., Tanaka, M., Akinaga, T. & Kojima, T. 2000. Evaluation of the textural properties of Japanese pear. *Journal of Texture Studies*. **31**: 665-677.
- Siti Aishah Ishak, Noryati Ismail, Mohd Azemi Mohd Noor & Hanish Ahmad. 2005. Some physical and chemical properties of ambarella (*Spondias cttherea* Sonn.) at three different stages of maturity. *Journal of Food Composition and Analysis*. **18**:819-827.
- Soedirdjoat Modjo, M. D. 1985. Bertanam papaya. Jarkata: B.P. Karya Bani.
- Szczesniak, A. S. 1963. Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*. **28**: 385-389.
- Szczesniak, A. S. 1972. Consumer awareness of and attitudes to food texture: children and teenagers. *Journal of Texture Studies*. **3**: 206-217.
- Szczesniak, A. S. 1973. Indirect Methods of Objective Texture Measurements. Kramer, A. & Szczesniak, A. S. *Texture Measurement of Food*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company. 109-119.
- Szczesniak, A. S. 1979. Classification of mounthfeel characteristic of beverages. Sherman, P (ed). *Food rheology and texture*. New York: Academic Press.1-20.
- Szczesniak, A. S. 1987. Correlating sensory with instrumental texture measurement – an overview of recent development. *Journal of Texture Studies*. **18**:1-15.
- Szczesniak, A. S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*. **13**: 215–225.
- Szczesniak, A. S. & Khan, E. L. 1971. Consumer awareness of and attitudes to food texture: adults. *Journal of Texture Studies*. **2**: 280-295.
- Szczesniak, A. S., Brandt, M. A. & Friedman, H. H. 1963. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and sensory methods of texture evaluation. *Journal of Food Science*. **28**: 397-403.
- Szczesniak, A. S., Humbaugh, P. R. & Block, H. W. 1970. Behavior of different foods in the standard shear compression cell of the shear press and the effect of sample weight on peak area and maximum force. *Journal of Texture Studies*. **1**: 356-378.

- Tan, S. C. & Lam, P.F. 1985. Effect of gamma irradiation of PAL activity and phenolic compounds in papaya and mango fruit. *ASEAN Food Journal*. **1**: 134-136.
- Tee, E. S., Mohd. Ismail, N., Mohd. Nasir, A. & Khatijah, I. 1988. Nutrient composition of Malaysian foods. *ASEAN Food Habits Project*.
- Thaipong, K. & Boonprakob, U. 2005. Genetic and environmental variance components in guava fruit qualities. *Scientia Horticulturae*. **104**: 37-47.
- Thomas, A. C. & Beyers, M. 1979.  $\gamma$  Irradiation of subtropical fruits. 3. A comparison of the chemical changes occurring during normal ripening of mangoes and papayas with changes produced by  $\gamma$  irradiation. *J. Agri. Food Chem.* **27**(1): 157-163.
- Thompson, A. K. & Lee, G. R. 1971. Factors affecting the storage behaviour of papaya fruit. *Journal of Horticultural Science*. **46**: 511-516.
- Thompson, R. L., Fleming, H. P. & Hamann, D. D. 1992. Delineation of puncture forces for exocarp and mesocarp tissues in cucumber fruit. *Journal of Texture Studies*. **23**: 169-184.
- Thompson, R. L., Fleming, H. P., Hamann, D. D. & Monroe, R. J. 1982. Method for determination of firmness in cucumber slices. *Journal of Texture Studies*. **13**: 311-324.
- Tietze, H. W. 2001. *Papaya as Medicine – A Safe and Cheap Form of Food Therapy*. Subang Jaya: Pelanduk Publications.
- Truong, V. D. & Daubert, C. R. 2003. Rheological methods for assessment of food freshness and stability. Cadwallader, K. R. & Weenen, H (ed). *Freshness and shelf life of foods*. New York: Oxford University Press. 249-265.
- Van Buren, J. P. 1979. The chemistry of texture in fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies*. **10**: 1-23.
- Van Dijk, C., Boeriu, C., Peter, F., Stolle-Smits, T. & Tijskens, L. M. M. 2005. The firmness of stored tomatoes (cv. Tradiro). 1. Kinetic and near infrared models to describe firmness and moisture loss. *Journal of Food Engineering*. **10**: 1-10.
- Van Hecke, E. A. K. & Bouvier, J. M. 1998. Texture and structure of crispy-puffed food products: Mechanical properties in puncture. *Journal of Texture Studies*. **29**: 617-632.

- Villanueva, M. J., Tenorio, M. D., Esteban, M. A. & Mendoza, M. C. 2004. Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits. *Food Chemistry*. 2004. **87**: 179-185.
- Voisey, P. W. 1977. Effect of blade thickness on readings from the FTC shear compression cell. *Journal of Texture Studies*. 7: 433-440.
- Voisey, P. W. & MacDonald, D. C. 1964. An instrument for measuring the puncture resistance of fruits and vegetables. *Proceeding of the American Society for Horticulture Science*. 84: 557-563.
- Wang, J. K. & Chang, H. S. 1970. Mechanical properties of papaya and their dependence on maturity. *Transactions of the ASAE*. 13(3-4): 369-371.
- White, A., de Silva, H. N., Requejo-Tapia, C. & Harker, F. R. 2005. Evaluation of softening characteristics of fruit from 14 species of *Actinidia*. *Postharvest Biology and Technology*. 35: 143–151.
- Yang, S. F. 1987. Regulation of biosynthesis and action of ethylene. *Acta Hortic*. 201: 53-59.
- Zainon Mohd Ali, Lieng-Hong Chin & Hamid Lazan. 2004. A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. *Plant Science*. 167 : 317–327.
- Zhang, L. X. & Paull, R. E. 1990. Ripening behaviour of papaya genotypes. *HortScience*. 25: 454-455.