

PENCIRIAN KANJI PISANG NIPAH (*Musa* BBB 'Saba')

HENG AIK ENG

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

LATIHAN ILMIAH YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN
(TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)

PROGRAM TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES
SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2006



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: Pencirian Kanji Pisang Nipah (Musa *BBB* Sabah)IJAZAH: SARJANA MUDA SAINS MAKANAN (TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)SESI PENGAJIAN: 2003/2004Saya HENG AIK ENG

(HURUF BESAR)

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

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

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

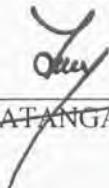
(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh



(TANDATANGAN PENULIS)



(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 1-1-6, Taman Seri Damai,
Lebuhraya Botanic Lancang, 11600
Pulau Pinang, Malaysia.

Dr. LEE JAU SHYA

Nama Penyelia

Tarikh: 22/5/2006Tarikh: 22 MEI 2006

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

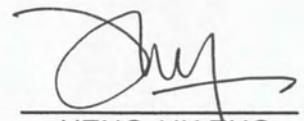
* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampiran surat daripada pihak berkuasa/organsasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

* Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

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



HENG AIK ENG
HN 2003-2528
13 APRIL 2006

PERAKUAN PEMERIKSA

Tandatangan

1. PENYELIA
(DR. LEE JAU SHYA)



2. PEMERIKSA 1
(PROF. MADYA DR. MOHD. ISMAIL ABDULLAH)

3. PEMERIKSA 2
(PN. PATRICIA MATANJUN)

4. DEKAN
(PROF. MADYA DR. MOHD. ISMAIL ABDULLAH)



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan saya ucapkan kepada Dr. Lee Jau Shya, selaku penyelia, di atas segala bimbingan, galakkan, dorongan dan tunjuk ajar yang amat berguna kepada saya sepanjang penyelidikan ini.

Selain itu, saya ingin ucapkan ribuan terima kasih kepada Dekan Sekolah Sains dan Pemakanan (SSMP) Profesor Madya Dr. Mohd Ismail Abdullah serta para pensyarah lain dan pembantu makmal pemakanan yang telah banyak memberikan didikan dan ajaran kepada saya sepanjang tempoh pengajian saya di UMS.

Untuk rakan-rakan seperjuangan yang dikasihi, terima kasih di atas persahabatan kalian sepanjang kita bersama di universiti dan kesanggupan untuk berkongsi pengalaman yang amat berharga bagi saya. Begitu juga dengan bantuan-bantuan yang dihulurkan sepanjang kajian ini dijalankan.

Tidak lupanya setinggi-tinggi penghargaan hendak ditunjukkan kepada ibu bapa dan ahli-ahli keluarga saya yang telah menyokong dari segi sumbangan kewangan dan juga memberikan semangat kepada saya untuk mejalankan kajian ini.

Ribuan terima kasih dirakamkan sekali lagi kepada kalian yang telah banyak membantu saya. Tanpa sokongan yang bernilai daripada anda semua, tidak mungkin saya dapat menyiapkan kajian ini dalam tempoh yang ditetapkan. Jasa baik anda semua akan saya kenangi buat selama-lamanya. Ribuan terima kasih diucapkan sekali lagi kepada anda semua.

ABSTRAK

Kanji daripada Pisang Nipah (*Musa BBB 'Saba'*) telah diekstrak dan dikaji komposisi kimia, ciri-ciri fizikokimia dan kebolehadaman secara *in vitro*. Peratusan perolehan kanji yang diekstrak adalah sebanyak 22.4%. Granul kanji mempunyai bentuk tidak sekata yang bujur dan berpanjangan dengan diameter $1.51\text{--}67.5\mu\text{m}$ dan min $23.8 \pm 0.8\mu\text{m}$. Kanji Pisang Nipah didapati mengandungi $9.27 \pm 0.36\%$ kelembapan, $0.18 \pm 0.04\%$ protein, $0.29 \pm 0.02\%$ lemak, $0.23 \pm 0.03\%$ abu dan $0.13 \pm 0.01\%$ fiber. Kandungan kanji adalah dalam lingkungan 89.9%. Kandungan amilosa untuk kanji yang mentah dan nyahlemak masing-masing dicatatkan sebanyak $29.70 \pm 0.72\%$ and $49.77 \pm 0.52\%$, manakala kandungan amilopektin untuk kanji yang mentah dan nyahlemak masing-masing dicatatkan sebanyak $70.30 \pm 0.72\%$ and $50.23 \pm 0.52\%$. Profil pempesan yang didapati pula melaporkan suhu pempesan adalah $79.92 \pm 0.06^\circ\text{C}$. Puncak kelikatan dan nilai *setback* pula dicatatkan sebanyak $362.36 \pm 4.66\text{RVU}$ and $142.06 \pm 9.25\text{RVU}$. Kuasa pembengkakan dan keterlarutan serta kapasiti pemegangan air ($r = 0.948^{\text{**}}$, $r = 0.946^{\text{**}}$, $r = 0.915^{\text{**}}$) bertambah dengan peningkatan suhu. Keadaan ini telah diperhatikan secara mikroskopik melalui perubahan saiz granul pada suhu yang berlainan. Kelikatan pes (6%, b/b) dilaporkan sebanyak $1080 \pm 880.68\text{cP}$. Kedua-dua kanji mentah dan pes kanji mempunyai nilai pH yang hampir sama. Kekeruhan untuk pes kanji telah menunjukkan kenaikan dengan masa simpanan pada suhu peti sejuk dan suhu bilik ($r = 0.771^{\text{**}}$, $r = 0.770^{\text{**}}$). Kadar retrogradasi yang lebih tinggi pada suhu peti sejuk telah mengakibatkan pes kanji lebih keruh ($p < 0.05$) daripada suhu bilik. Kejadian retrogradasi telah ditunjukkan oleh peningkatan kekuatan dan keelastikan jel kanji serta sineresis ($p < 0.05$) setelah disimpan selama satu bulan. Peratusan sineresis kanji semakin bertambah dengan kitaran sejukbeku-nyahsejukbeku melalui korelasi positif yang sederhana ($r = 0.651^{\text{**}}$). Umumnya kanji Pisang Nipah mempunyai kebolehadaman yang rendah seperti yang pernah dilaporkan.

**CHARACTERIZATION OF PISANG NIPAH STARCH
(*Musa BBB 'Saba'*)**

ABSTRACT

*Starch from Pisang Nipah (*Musa BBB 'Saba'*) was isolated and the chemical composition, physicochemical properties and in vitro starch digestibility were evaluated. The yield of starch was 22.4%, while the granules were irregularly shaped in the forms of oval and elongated with diameter of 1.51-67.5 μ m and mean 23.8 ± 0.8 μ m. The Pisang Nipah starch contained 9.27 ± 0.36% moisture, 0.18 ± 0.04% crude protein, 0.29 ± 0.02% crude fat, 0.23 ± 0.03% ash and 0.13 ± 0.01% crude fiber. The starch content was around 89.9%. The amylose content for native and defatted starch were reported 29.70 ± 0.72% and 49.77 ± 0.52%. Whereas the amylopectin for native and defatted starch were reported as 70.30 ± 0.72% and 50.23 ± 0.52% respectively. The pasting profil reported pasting temperature as 79.92 ± 0.06°C, peak viscosity 362.36 ± 4.66RVU and setback 142.06 ± 9.25RVU respectively. The swelling power, solubility and water holding capacity increased ($r = 0.948''$, $r = 0.946''$, $r = 0.915''$) with temperature as shown by the changes of starch granular size at different temperatures. The starch viscosity (6%, w/w) was reported as 1080 ± 880.68cP. Both raw starch and starch paste showed similar pH value. The starch paste showed an increase in turbidity during storage at refrigerated temperature and room temperature ($r = 0.771''$, $r = 0.770''$). Retrogradation rate was higher at refrigerated temperature leading to higher turbidity ($p < 0.05$) than room temperature. Retrogradation effect was shown by the increase of gel strength, elasticity and syneresis ($p < 0.05$) after one month of storage. A moderate positive correlation ($r = 0.651''$) indicates that syneresis increased with freeze-thaw cycle. Generally, Pisang Nipah starch has a low digestibility as reported earlier.*

KANDUNGAN

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
PENGAKUAN	iii
PERAKUAN PEMERIKSA	iv
PENGHAGAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KANDUNGAN	viii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xiii
SENARAI PERSAMAAN	xv
SENARAI SINGKATAN	xvi
SENARAI SIMBOL DAN UNIT	xvii
SENARAI LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif	4
BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN	
2.1 Pisang	5
2.1.1 Morfologi	6
2.1.2 Nilai pemakanan Buah Pisang	7
2.1.3 Perubahan Fisiologi dan Biokimia Semasa Kemasakkan	10
2.2 Kultivar pisang	11
2.2.1 Jenis Pisang Yang Sesuai Dimakan Segar	12
2.2.2 Jenis Pisang Yang Sesuai Diproses	13



2.3	Kanji	14
2.3.1	Komposisi	14
2.3.2	Struktur	16
2.3.3	Sifat Fizikokimia	18
2.3.3.1	Gelatinasasi Kanji	18
2.3.3.2	Sifat Pempesan	20
2.3.3.3	Retrogradasi Kanji	22
2.3.4	Penghadaman Kanji	24
2.4	Kanji Pisang	26
2.4.1	Morfologi	26
2.4.2	Komposisi dan Struktur	28
2.4.3	Sifat Fizikokimia Kanji Pisang	30
2.4.3.1	Kuasa Pembengkakan dan Keterlarutan	31
2.4.3.2	Gelatinasasi	33
2.4.3.3	Ciri Pempesan	34
2.4.3.4	Reologi	37
2.4.4	Penghadaman Kanji Pisang	38

BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH

3.1	Bahan Mentah	40
3.2	Bahan Kimia dan Peralatan	41
3.3	Pengekstrakan Kanji Pisang	42
3.4	Analisis Proksimat	42
3.4.1	Penentuan Kelembapan	43
3.4.2	Penentuan Kandungan Abu Kasar	43
3.4.3	Penentuan Kandungan Lemak Kasar	44
3.4.4	Penentuan Kandungan Protein Kasar	45
3.4.5	Penentuan Kandungan Serabut Kasar	46
3.4.6	Penentuan Karbohidrat	48
3.5	Ujian Saiz Partikel Granul Kanji	48
3.6	Penentuan pH	48
3.7	Kekeruhan Pes Kanji	49
3.8	Penentuan Jumlah Kandungan Amilosa dan Amilopektin	49
3.8.1	Proses Nyahlemak Kanji Pisang Nipah	50
3.8.2	Penyediaan Lengkuk Piawai Amilosa/Amilopektin	51
3.9	Profil Pempesan	51
3.9.1	Penyediaan Sampel Kanji	51

3.9.2 Penentuan Profil Pempesan Kanji	52
3.10 Kapasiti Pemegangan Air	52
3.11 Penentuan Kuasa Pembengkakan dan Keterlarutan Kanji	53
3.12 Pemerhatian Mikroskopik	54
3.13 Penentuan Kelikatan Pes Kanji	55
3.14 Penentuan Darjah Retrogradasi	56
3.14.1 Ujian Penembusan	56
3.14.2 Ujian Sineresis	57
3.15 Kestabilan Sejukbeku-Nyahsejukbeku	57
3.16 Kebolehadaman <i>In Vitro</i>	58
3.16.1 Penyediaan Larutan Penimbang	59
3.16.2 Penyediaan Lengkuk Piawai Maltosa	59
3.17 Analisis Statistik	60
BAB 4 HASIL DAN PERBINCANGAN	
4.1 Peratusan Perolehan Kanji	61
4.2 Analisis Proksimat	61
4.3 Penentuan pH	63
4.4 Kekeruhan Pes Kanji	63
4.5 Jumlah kandungan Amilosa dan Amilopektin	65
4.6 Profil Pempesan	67
4.7 Kapasiti Pemegangan Air	73
4.8 Kuasa Pembengkakan dan Keterlarutan Kanji	76
4.9 Kelikatan	81
4.10 Darjah Retrogradasi	82
4.10.1 Tekstur Jel	82
4.10.2 Ujian Sineresis	84
4.11 Kestabilan Sejukbeku-Nyahsejukseku	86
4.12 Kebolehadaman <i>In Vitro</i>	88
BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Cadangan	93
RUJUKAN	94
LAMPIRAN	105

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Komposisi Kandungan Isi Pisang (Peratus Berat Basah Isi)	8
2.2	Perbandingan tenaga dan nilai nutrisi bagi buah pisang dan plantain dengan jenis buah tropika dan subtropika yang lain	9
2.3	Kandungan kanji dan jumlah gula dalam varieti pisang yang berlainan di negara ASEAN pada tahap mentah dan masak	11
2.4	Jenis kanji yang dihadamkan secara <i>In vitro</i>	25
2.5	Komposisi kanji bagi beberapa jenis plantain	29
2.6	Komposisi kanji plantain pada berat kering asas (kecuali kelembapan)	29
2.7	Suhu pempesan <i>Brabender</i> dan kelikatan kanji pisang serta lain-lain kanji	34
3.1	Bahan-bahan kimia yang digunakan	40
3.2	Jenis-jenis peralatan yang digunakan	40
3.3	Berat dan peratusan amilosa, amilopektin dalam penyediaan larutan lengkuk piawai	50
4.1	Komposisi kimia untuk kanji Pisang Nipah	61
4.2	Nilai pH untuk dua keadaan kanji Pisang Nipah	62
4.3	Peratusan amilosa dan amilopektin dalam kanji Pisang Nipah yang mentah dan yang telah nyahlemak	65
4.4	Kapasiti pemegangan air untuk kanji Pisang Nipah pada suhu berlainan	72
4.5	Kuasa pembengkakan untuk kanji Pisang Nipah pada suhu yang berlainan	76
4.6	Keterlarutan untuk kanji Pisang Nipah pada suhu yang berlainan	79
4.7	Daya maksimum dan sesaran tertentu untuk jel kanji Pisang Nipah pada suhu peti sejuk dalam tempoh simpanan yang berlainan	82
4.8	Peratusan sineresis yang berlaku dalam tempoh simpanan jel kanji Pisang Nipah pada suhu peti sejuk	84



4.9	Berat maltosa yang terbentuk selepas penghadaman <i>in vitro</i>	88
-----	--	----

SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
2.1	Indeks kematangan buah pisang	10
2.2	Sebahagian struktur amilosa yang digabung dengan ikatan α ,1-4, D glukos	15
2.3	Sebahagian struktur amilopektin yang digabung dengan ikatan α ,1-6, D glukos	16
2.4	Struktur amilopektin dengan rantaian cabang yang bertandan	16
2.5	Gambaran struktur lamela granul kanji	17
2.6	Contoh profil kelikatan RVA untuk 9% (b/b) kanji ubi kentang yang dipanaskan dalam air suling	21
2.7	Foto granul kanji Pisang Taiwan yang mentah di bawah mikroskop cahaya	27
2.8	Foto scanning electron micrographs yang menunjukkan granul kanji Pisang Valery yang mentah dan granul kanji pisang yang masak	28
2.9	Perbandingan kuasa pembengkakan dan keterlarutan untuk kanji Pisang Valery yang mentah dengan kanji lain jenis	32
2.10	Granul kanji Pisang Cavendish yang mentah diperhatikan dengan Scanning electron micrographs yang berkuasa 1100X pada suhu bilik, 65°C, 70°C, 80°C dan 90°C	33
2.11	<i>Brabender viscoamylograph</i> untuk kanji pisang Valery yang mentah dan kanji pisang Taiwan yang mentah	35
2.12	<i>Brabender viscoamylograms</i> untuk kanji plantain hibrid yang mentah yang berkepekatan 4%, 5%, 6%, 7% dan 8%	36
2.13	Kesan shear mekanikal terhadap kelikatan pes kanji	37
3.1	Setandan pisang Nipah di Pasar Besar Kota Kinabalu	39
3.2	Satu jari pisang Nipah pada indeks kematangan 1	39
4.1	Perubahan kekeruhan pes kanji yang disimpan dalam suhu yang berlainan	63
4.2	Profil pempesan RVA untuk kanji Pisang Nipah	67



4.3	Sebahagian granul Kanji Pisang sebelum dimasak, pada puncak kelikatan yang mengembang dan sebahagian granul kanji Pisang Nipah yang telah pecah pada puncak kelikatan	69
4.4	Gambar foto yang menunjukkan keadaan granul kanji Pisang Nipah pada keadaan kelikatan akhir	72
4.5	Gambar foto yang menunjukkan keadaan granul kanji Pisang Nipah untuk kapasiti pemegangan air pada suhu suhu bilik, 60°C, 80°C dan 90°C	74
4.6	Plot kuasa pembengkakan granul kanji Pisang Nipah pada suhu yang berlainan	77
4.7	Gambar foto yang menunjukkan pembengkakan granul kanji Pisang Nipah pada suhu 55°C, 75°C, 85°C dan 95°C	78
4.8	Hubungan antara keterlarutan dengan kuasa pembengkakan granul kanji Pisang Nipah	80
4.9	Jumlah sineresis untuk jel kanji Pisang Nipah untuk enam kitaran sejukbeku-nyahsejukseku yang berterusan	86



SENARAI PERSAMAAN

No.Persamaan		Halaman
3.1	Peratusan penentuan abu kasar	42
3.2	Peratusan penentuan lemak	44
3.3	Peratusan penentuan protein	45
3.4	Peratusan penentuan serabut kasar	46
3.5	Peratusan kandungan karbohidrat	
3.6	Berat sampel kanji yang terubahsuai	50
3.7	Isipadu air yang terubahsuai	50
3.8	Penentuan kapasiti pemegangan air	52
3.9	Penentuan kuasa pembengkakan kanji	53
3.10	Penentuan keterlarutan kanji	53
3.11	Penentuan peratusan sineresis	56
3.12	Penentuan peratusan kestabilan sejukbeku-nahsejukbeku	57

SENARAI SINGKATAN

ASEAN	<i>Association of South East Asia Nations</i>
RVA	<i>Rapid visco analyzer</i>
RDS	Kanji dihadamkan dengan cepat
SDS	Kanji dihadamkan dengan perlahan
RS	Kanji resistant
RS1	<i>Physically inaccessible starch</i>
RS2	Granul kanji yang <i>resistant</i>
RS3	Kanji yang telah retrogradasi
SEM	<i>Scanning electron micrographs</i>
rpm	Kadar putaran per minit
DMSO	Dimetilsulfuroksida
ANOVA	<i>Analysis of variance</i>
DSC	<i>Differential scanning calorimetry</i>
TEM	<i>Transmission electron microscope</i>
pH	<i>Potantra of Hygogeni</i>
SPSS	<i>Statistical Package of Social Science</i>
HSD	<i>Honestly Significant Differences</i>
N	<i>Newton</i>
p	<i>Probability</i>
ed.	<i>editor</i>

SENARAI SIMBOL DAN UNIT

%	Peratus
RVU	<i>Rapid visco unit</i>
b/b	Berat/Berat
cP	<i>Centipoise</i>
r	Pekali korelasi
R^2	Pekali regresi
g	Gram
mg	Miligram
kJ	Kilo joule
kg	Kilogram
cm	Sentimeter
mm	Milimeter
nm	Nanometer
μm	Mikrometer
mm/s	Milimeter per saat
g/L	Gram per liter
ml	Mililiter
$^{\circ}\text{C}$	Darjah selsius
\pm	Tambah tolak
<	Lebih daripada
>	Kurang daripada
M	Molar
N	Normaliti
H	Ikatan hidrogen
N	<i>Newton</i>
p	<i>Probability</i>

SENARAI LAMPIRAN

Lampiran	Halaman	
A	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis SPSS (Ujian T kumpulan bebas) bagi pH kanji 	104
B	<ul style="list-style-type: none"> - Ujian korelasi di antara tempoh simpanan pada suhu peti sejuk dan suhu bilik dengan kekeruhan pes kanji Pes - Analisis SPSS (Ujian ANOVA dua hala) bagi kesan tempoh penstoran (hari) dan suhu simpanan terhadap kekeruhan pes kanji Pisang Nipah - ujian Tukey (Homogeneous subsets) bagi kesan suhu peti sejuk dan suhu bilik terhadap tempoh simpanan ke atas kekeruhan pes - Jadual kekeruhan pes kanji yang disimpan pada suhu yang berlainan 	105
C	<ul style="list-style-type: none"> - Lengkuk piawai amilosa/amilopektin 	108
	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis SPSS (Ujian T kumpulan bebas) kandungan amilosa kanji mentah dan nyahlemak - Analisis SPSS (Ujian T kumpulan bebas) kandungan amilopektin dalam kanji mentah dan nyahlemak 	
D	<ul style="list-style-type: none"> - Data-data yang profil pempesan RVA untuk kanji Pisang Nipah. 	111
E	<ul style="list-style-type: none"> - Ujian korelasi suhu kajian dengan peratusan kapasiti pemegangan air kanji Pisang Nipah - Ujian Tukey (Homogeneous subsets) kesan penambahan suhu terhadap kapasiti pemegangan air 	112
F	<ul style="list-style-type: none"> - Ujian korelasi di antara penambahan suhu dengan kuasa pembengkakan dan keterlarutan kanji Pisang Nipah - Ujian Tukey (Homogeneous subsets) kesan penambahan suhu terhadap kuasa pembengkakan dan keterlarutan kanji Pisang Nipah 	113
G	<ul style="list-style-type: none"> - Ujian korelasi tempoh simpanan dengan daya maksimum dan sesaran untuk menembusi jel kanji Pisang Nipah 	115

	- Ujian Tukey (Homogeneous subsets) membandingkan tempoh simpanan dengan daya maksimum dan sesaran untuk menembusi jel kanji Pisang Nipah	
H	- ujian korelasi tempoh simpanan dengan peratusan sinerisis yang berlaku gel kanji Pisang Nipah	117
	- Ujian Tukey (Homogeneous subsets) tempoh simpanan dengan peratusan sinerisis yang berlaku jel kanji Pisang Nipah	
I	- ujian korelasi tempoh simpanan dengan peratusan sinerisis dalam kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku yang berlaku pada jel kanji Pisang Nipah	118
	- peratusan sinerisis yang berlaku dalam 6 kitaran sejukbeku-nyahsejukbeku	
J	- Lengkuk piawai maltosa	119
K	- Data-data untuk Ujian Saiz Granul kanji Pisang	120

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Pisang ialah sejenis tanaman yang tergolong dalam famili *Musaceae*. Plantain juga tergolong dalam famili ini disebabkan plantain mempunyai banyak kesamaan dengan pisang (Samson, 1980). Kesemua jenis pisang yang boleh dimakan berasal dari *Musa Accuminata* dan *Musa Balbisiana* iaitu dua jenis leluhur liar yang asal. Dengan lebih spesifik lagi, pisang dan plantain adalah hasilan kacukan antara *M. Accuminata*, manakala kacukan antara leluhur *M. Accuminata* dan *M. Balbisiana* akan juga menghasilkan plantain (Samson, 1980).

Plantain adalah berbeza dari pisang, di mana saiznya lebih besar, bentuk buah yang lebih bersudut, buah yang tebal dan sesuai dimasak sebelum dimakan (Zhang et al., 2005). Penanaman pisang dan plantain sebagai sumber makanan telah diamalkan di kawasan tropika seperti negara pengeluar utama pisang Filipina, Thailand, Indonesia dan Malaysia (Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia, 2000). Contoh-contoh pisang yang bisanya terdapat di Malaysia adalah Pisang Embun, Rastali, Berangan, Emas dan Cavendish. Manakala contoh plantain adalah pisang Raja, Nangka, Nipah, Tanduk, Awak (Mastura, 1993).

Pisang mempunyai kandungan karbohidrat dan air yang tinggi tetapi lemak dan protein yang rendah. Kajian Zabedah (2001) telah menunjukkan pisang

mempunyai kandungan vitamin C yang lebih tinggi daripada epal. Oleh yang demikian boleh dikatakan bahawa pisang merupakan sejenis buah-buahan yang berkhasiat kepada kita. Komposisi kandungan dalam pisang akan berubah dengan dramatik semasa proses peranuman. Secara amnya, peranuman pisang boleh diklasifikasi kepada tujuh peringkat indeks kematangan dengan berdasarkan warna kulit. Kandungan utama pisang mentah iaitu kanji yang asalnya 70-80% akan dikurangkan ke kurang daripada 1% pada tahap akhir peranuman. Sebaliknya, kandungan gula iaitu kebanyakannya terdiri daripada sukrosa akan ditingkatkan kepada lebih kurang 10% dalam isi pisang (Zhang *et al.*, 2005).

Secara amnya, kanji ialah bahan mentah yang biasa digunakan untuk memodifikasi tekstur makanan. Tekstur makanan bukan sahaja ditentukan oleh kuantiti kanji yang ditambah, malah juga ditentukan oleh jenis kanji yang digunakan (Bello-Perez *et al.*, 1998). Kanji didapati dalam tumbuhan seperti biji benih, akar umbi, akar dan bahagian lain dari tumbuhan (Matz, 1989). Akan tetapi kanji yang berasal dari sumber yang berlainan mempunyai sifat yang berlainan (Thomas & Atwell, 1999). Kanji merupakan polisakarida yang terdiri daripada dua jenis glukan iaitu α -amilosa dan amilopektin. Ia disintesis oleh tumbuhan sebagai makanan simpanan asas dan disimpan dalam sitoplasma sel tumbuhan sebagai granul yang tak larut (Lindhorst, 2003).

Kanji kultivar pisang yang berlainan juga mempunyai sifat yang berbeza. Setiap kultivar pisang mempunyai bentuk dan saiz granul yang berbeza-beza iaitu biasanya berbentuk bujur yang rabung ke bentuk bujur berpanjangan dengan saiz granulnya dari 20-60 μ m (Zhang *et al.*, 2005). Selain itu, komponen-komponen kanji iaitu amilopektin dan amilosa juga mempengaruhi ciri kefungsian kanji tersebut. Ciri-ciri fizikokimia untuk kanji pisang juga berbeza di antara kultivar pisang dan dengan kanji komersial yang lain. Antara ciri-ciri fizikokimia adalah termasuk ciri pemipesan,

kuasa pembengkakan dan keterlarutan, kelikatan, darjah retrogradasi, kapasiti pemegangan air, kekeruhan pes kanji dan kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku pes kanji.

Kanji pisang merupakan sejenis kanji yang berpotensi untuk dijadikan kanji komersial. Hal ini demikian kerana kanji pisang mempunyai ciri-ciri tersendiri yang spesifik dan juga dihasilkan daripada pisang berlebihan yang berkos rendah. Tambahan pula, isi pisang yang mentah mengandungi kandungan kanji yang tinggi iaitu lebih kurang 70-80% jika dibandingkan dengan jagung dan ubi kentang (Zhang et al., 2005). Menurut Perez-Sira (1997), sifat kanji pisang adalah hampir sama dengan kanji jagung, oleh itu kanji pisang bersaingan dengan kanji jagung di sesetengah kawasan tropika. Oleh yang demikian, kanji pisang berpotensi untuk digunakan dalam industri makanan, industri perubatan, industri tekstil, industri kertas dan industri minyak (Perez-Sira, 1997).

Terdapat kira-kira empat jenis plantain yang biasanya dijumpai di pasaran Kota Kinabalu iaitu Pisang Nipah, Pisang Tanduk, Pisang Raja dan Pisang Awak. Biasanya kegunaan plantain adalah untuk dijadikan pisang goreng dan kerepek pisang. Permintaan untuk plantain adalah sangat kecil jika dibandingkan dengan jumlah plantain yang dipasarkan. Untuk tujuan mengurangkan pembaziran sumber, plantain boleh digunakan dalam bidang industri makanan iaitu manghasilkan kanji pisang dan tepung pisang yang berkos rendah.

Sebab utama pemilihan Pisang Nipah sebagai sumber kanji adalah kerana masih tiada kajian yang dijalankan terhadapnya. Tambahan pula, Pisang Nipah adalah senang ditanam dan terdapat dengan banyak di pasaran Kota Kinabalu. Kemungkinan kajian pencirian kanji Pisang Nipah akan dapat menentukan sifat kanjinya yang berpotensi untuk dikomersialkan seperti kanji lain.

1.2 Objektif

Secara ringkasnya, objektif yang utama bagi projek penyelidikan ini adalah untuk:

- i) Menentukan komposisi kimia (kelembapan, abu, lemak, protein, kandungan kanji, dan kandungan amilosa dan amilopektin) untuk kanji Pisang Nipah.
- ii) Menentukan ciri-ciri fizikokimia (pempesan, kuasa pembengkakan dan keterlarutan, kelikatan, darjah retrogradasi, kapasiti pengikatan air, kekeruhan pes kanji, pH dan kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku pes kanji) untuk kanji Pisang Nipah.
- iii) Mengkaji ciri-ciri kebolehadaman kanji pisang Nipah secara *in vitro*.

BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Pisang

Pisang atau nama saintifiknya dikenali sebagai *Musa paradisiaca* tergolong dalam famili Musaceae dan berasal dari kawasan Asia Tenggara (Zainal Abidin, 1991). Penanaman pisang sebagai sumber makanan tersebar luas di kawasan tropika. Negara-negara Amerika Latin, Kepulauan Caribbean dan beberapa buah negara di Asia merupakan pengeluar dan pengeksport utama pisang di dunia. Di Asia pula, negara utama pengeluar pisang adalah Filipina, Thailand, Indonesia, India dan Malaysia (Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia, 2000).

Buah pisang pula tergolong dalam kumpulan buah klimakterik di mana buah ini akan menunjukkan kenaikan kadar respirasi secara tiba-tiba sebelum atau bersama-sama dengan perubahan keaktifan enzim (Tan, 1990). Ini dapat dijelaskan bahawa pisang akan membebaskan etilena yang banyak dimana proses ini lebih cepat daripada respirasi klimakterik. Pembebasan gas etilena akan dikurangkan selepas peningkatan kadar respirasi yang cepat (Robinson, 1996).

Pisang merupakan sejenis tanaman yang tidak bermusim dan ia akan menghasilkan buah sepanjang tahun. Menurut Rukayah (1999), pokok pisang akan mengeluarkan bunga atau berjantung 9 hingga 10 bulan selepas ditanam dan buah pisang boleh dikutip selepas masa 7 hingga 12 bulan kemudian. Biasanya pokok

RUJUKAN

AACC: *Approved Methods of Analysis*. 1993. American Association of Cereal Chemist, Washington, DC.

Adebawale, K.O., Olu-Owolabi, B.I., Olawumi, E.K. & Lawal, O.S. 2005. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch. *Industrial Crops and Products*. **21**: 343-351.

Allen, B.M. 1967. *An Introduction to The Cultivated Species*. Singapore: Donald Moore Press Ltd.

Atwell, W.A., Hood, L.F., Lineback, D.R., Varriano-Marston, E. & Zobel, H.F. 1988. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. *Cereal Foods World*. **33**: 306-311.

Anon. 2005. Banana, Recommendations for Maintaining Postharvest Quality, Banana Ripening Chart.

http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/full_banana_ripeningchart.html. Dicetak 30 Jun 2005.

Anon. 2006. "Starch" <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/547starch.html>. Dicetak 31 Jan 2006.

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 5th edition of Vol. 2. Association of Official Analytical Chemist Inc., New York.

Baik, M.Y., Kim, K.J., Cheon, K.C., Ha, Y.C. & Kim, W.S. 1997. Recrystallization kinetics and glass transition of rice starch gel system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **45**: 4242-4248.

Behall, K.M., Schofield, D.J., Yuhaniaik, I., & Canary, J. 1989. Diets containing high amylose vs amylopectin starch: Effects on metabolic variables in human subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*. **49**: 337-344.

Bello-Perez, L.A., Agama-Acevedo, E., Sanchez-Hernandez, L. & Paredes-Lopez, O., 1998. Isolation and partial characterization of banana starches. *Starch/Stärke*. **50**: 409-413.

Bello-Perez, L.A., Agama-Acevedo, E., Sanchez-Hernandez, L. & Paredes-Lopez, O. 1999. Isolation and partial characterization of banana starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **47**: 854-857.

- Bello-Perez, L.A., Romero-Manilla, R. & Paredes-Lopez, O. 2000. Preparation and properties of physically modified banana starch prepared by alcoholic-alkaline treatment. *Starch/Stärke*. **52**: 154-159.
- Bettge, A.D., Giroux, M.J. & Morris, C.F. 2000. Susceptibility of waxy starch granules to mechanical damage. *Cereal Chemistry*. **77**: 750-753.
- Bourne, M. C. 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. London: Academic press.
- Bryant, C.M. & Hamaker, B.R., 1997. Effect of lime on gelatinization of corn flour and starch. *Cereal Chemistry*. **74**: 171-175.
- Cheng, Y.L., Chang, S.M. & Young, Y.L. 1982. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. *Journal of Food Science*. **47**: 1493-1497.
- Collado, L.S. & Corke, H. 2003. Starch properties and functionalities. Kaletunc, G. & Breslauer, K. (eds). *Characterization of Cereals and Flours*. New York: Marcel Dekker Inc. 486-499.
- Colonna, P., Barry, J.L., Cloarec, D., Bornet, F., Gouilloud, S. & Galmiche, J.P. 1990. Enzymic susceptibility of starch from pasta. *Journal of Cereal Science*. **11**: 59-70.
- Colonna, P., Leloup, V., & Buleon, A. 1992. Limiting factors of starch hydrolysis. *European Journal of Clinical Nutrition*. **46**: 17-32.
- Cone, J.W. & Wolters, M.G.E. 1990. Some properties and degradability of isolated starch granules. *Starch/Stärke*. **42**: 298-301.
- Cummings, J.H., & Englyst, H.N. 1995. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. *American Journal of Clinical Nutrition*. **61**: 938-945.
- da Mota, R.V., Lajolo, F.M., Ciacco, C. & Cordenunsi, B.R. 2000. Composition and functional properties of banana flour from different varieties. *Starch/Stärke*. **52**: 63 – 68.
- Deffenbaugh, I.B. & Walker, C.E. 1989. Comparison of starch pasting properties in the barbender viscoamylograph and the rapid visco analyzer. *Cereal Chemistry*. **66**: 493-499.

- Defloor, I., Dehing, I., Leuven & Delcour, J.A. 1998. Physico-chemical properties of cassava starch. *Starch/Stärke*. **50**: 58-64.
- Donald, A.M., Waigh, T.A., Jenkins, P.J., Gidley, M.J., Debet, M. & Smith, A. 1997. Internal structure of starch granules revealed by scattering studies. Frazier, P.J., Donald, A.M & Richmond, P. (eds). *Starch Structure and Functionality*. London: The Royal Society of Chemistry. 172-179.
- Donovan, J.W. 1979. Phase transitions of starch-water systems. *Biopolymers*. **18**: 263-275.
- Eggleston, G., Swennen, R. & Akoni, S. 1992. Physicochemical studies on starches isolated from plantain cultivars, plantain hybrids and cooking bananas. *Starch/Stärke*. **44**: 121-128.
- Englyst, H.N. & Kingman, S.M. 1990. Dietary fiber and resistant starch. A nutritional classification of plant polysaccharides. Kritchevsky, D., Bonfield, C. & Anderson, J.W. (eds). In *Dietary Fiber*. New York: Plenum Press. 49-65.
- Englyst, H.N., Kingman, S.M. & Cummings, J.H. 1992a. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*. **46**: 33-50.
- Englyst, H.N., Kingman, S.M. & Cummings, J.H. 1992b. Starch digestion in the small intestine of man. *Gastroenterology*. **102**: 550-555.
- Evans, J.D. & Haismann, D.R. 1982. The effect of solutes on the gelatinization temperature of potato starch. *Starch/Stärke*. **34**: 224-231.
- Faisant, N., Buleon, A., Colonna, P., Molis, C., Lartigue, S., Galmiche, J.P. & Champ, M. 1995a. Digestion of raw banana starch in the small intestine of healthy humans: Structural features of resistant starch. *British Journal of Nutrition*. **73**: 111-123.
- Faisant, N., Gallant, D.J., Bouchet, B., & Champ, M. 1995b. Banana starch breakdown in the human small intestine studied by electron microscopy. *European Journal of Clinical Nutrition*. **49**, 98-104.
- Ferrero, C., Martin, M.N., & Zantzky, N.E. 1994. Corn starch, xanthan gum interaction and its effect on the stability during storage of frozen gelatinized suspensions. *Starch/Stärke*. **46**: 300-305.

- Franco, C.M.L., do Rio Preto, S.J., Ciacco, C.F. & Geraldo, B. 1992. Factors that affect the enzymic degradation of natural starch granules: Effect of the size of the granules. *Starch/Stärke*. **44**: 422-426.
- Fuwa, H., Sugimoto, Y., Takaya, T. & Nikuni, Z. 1979. Scanning electron-microscopy of starch granules, with or without amylase attack. *Carbohydrate Research*. **70**: 233-238.
- Fuwa, H., Takaya, T. & Sugimoto, Y. 1980. Degradation of various starch granules by amylases. Marshall, J.J. (ed). *Mechanisms of Saccharide Polymerisation and Depolymerisation*. New York: Academic Press. 73-100.
- Gallant, O.J., Bouchet, B., Buleon, A. & Perez, S. 1992. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymic degradation. *European Journal of Clinical Nutrition*. **46**: 3-16.
- Garcia, E. & Lajolo, F.M. 1988. Starch transformation during banana ripening: The amylase and glucosidase behavior. *Journal of Food Science*. **53**: 1181-1186.
- Ghiasi, K., Varriano-Martson, E. & Hoseney, R.C. 1982. Gelatinization of wheat starch II. Starch-surfactant interaction. *Cereal Chemistry*. **59**: 86-88.
- Goering, K. J. & Schuh, M. 1967. New starches: The properties of the starch from *Phalaris canariensis*. *Cereal Chemistry*. **44**: 532-540.
- Gough, B.M. & Pybus, J.N. 1971. Effect on the gelatinization temperature of wheat starch granules of prolonged treatment with water at 50°C. *Starch/Stärke*. **23**: 210 – 212.
- Greenwood, C.T. 1960. Physicochemical studies on starches. The molecular properties of the components of starches. *Starch/Stärke*. **12**: 169-174.
- Greenwood, C.T. 1976. Starch. Pomeranz, Y. (ed). *Advances in cereal science and technology*. Minnesota: St. Paul. 133.
- Han, X.Z., Campanella, O.H., Guan, H., Keeling, P.L. & Hamaker, B.R. 2002a. Influence of maize starch granule-associated protein on the rheological properties of starch pastes. Part I. Large deformation measurements of paste properties. *Carbohydrate Polymers*. **49**: 315-321.
- Han, X.Z., Campanella, O.H., Guan, H., Keeling, P.L. & Hamaker, B.R. 2002b. Influence of maize starch granule-associated protein on the rheological properties of starch pastes. Part II. Dynamic measurements of viscoelastic properties of starch pastes. *Carbohydrate Polymers*. **49**: 323-330.

- Han, X.Z. & Hamaker, B.R. 2002. Partial leaching of granule-associated proteins from rice starch during alkaline extraction and subsequent gelatinization. *Starch/Stärke*. **54**: 454-460.
- Heaton, K.W., Marcus, S.N., Emmett, P.M. & Bilton, C.H. 1988. Particle size of wheat, maize and oat test meals: effects on plasma glucose and insulin responses and on the rate of starch digestion *in vitro*. *American Journal Clinical Nutrition*. **47**: 675-82.
- Hibi, Y. 2000. Pasting properties of various retrograded starches isolated with ethanol. *Starch/Stärke*. **52**: 106-111.
- Hoover, R. & Hadziyev, D. 1981. The effect of monoglycerides on amylose complexing during a potato granule process. *Starch/Stärke*. **33**: 346-355.
- Hoover, R. & Ratnayake, W.S. 2002. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. *Food Chemistry*. **78**: 489-498.
- Huber, K.C., & BeMiller, J.N. 1997. Visualization of channels and cavities of corn and sorghum starch granules. *Cereal Chemistry*. **74**: 537-541.
- International Association for Cereal Science and Technology (ICC). 1995. Rapid Pasting Method using the Newport Rapid Visco Analyser. ICC Standard No. 162, Int. Assoc. Cereal Sci. Technol.
- Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia. 2000. *Pakej Teknologi Tanaman Pisang*.
- James, C.S. 1996. *Analytical Chemistry of Foods*. Glasgow: Blackie Academic & Professional.
- Jane, J.L., Kasemsuwan, T., Leas, S., Zobel, H., & Robyt, J.F. 1994. Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy. *Starch/Stärke*. **46**: 121-129.
- Jane, J.L., Wong, K.S. & McPherson, A.E. 1997. Branch-structure difference in starches of A- and B-type X-ray patterns revealed by their Naegeli dextrans. *Carbohydrate Research*. **300**: 219-227.
- Kawaljit, S.S., Narinder, S. & Maninder, K. 2003. Characteristics of the different corn types and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological, and rheological properties of starches. *Journal of Food Engineering*. **64**: 119-127.

- Kayisu, K. & Hood, L.F. 1981. Molecular structure of banana starch. *Journal of Food Science*. **46**: 1894-1897.
- Kayisu, K., Hood, L.F. & Vansoest, P.J. 1981. Characterization of starch and fiber of banana fruit. *Journal of Food Science*. **46**: 1885-1890.
- Khatijah, I. & Patimah, H. 1999. Physico-chemical properties of native and cross-linked banana starches. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*. **27**: 91-99.
- Kingman, S.M. & Englyst, H.N. 1994. The influence of food preparation methods on the in-vitro digestibility of starch in potatoes. *Food Chemistry*. **45**: 181-186.
- Knight, J.W. 1969. *The Starch Industry*. London: Pergamon Press Ltd.
- Lahav, E. 1995. Banana nutrition. Gowen, S.R. (ed). *Bananas and plantains*. London: Champman & Hall. 33-34.
- Leach, H.W., McCowen, L.D. & Schoch, T.J. 1959. Structure of the starch granule. I. Swelling ad solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry*. **36**: 534-544.
- Leach, H.W. & Schoch, T.J. 1961. Structure of the starch granule. II. Action of various amylases on granular starches. *Cereal Chemistry*. **38**: 34-46.
- Lee, J.S., Kumar, R.N., Rozman, H.D. & Azemi, B.M.N. 2005. Pasting, swelling and solubility properties of UV initiated starch-graft-poly(AA). *Food Chemistry*. **91**: 203-211.
- Lii, C.Y., Chang, S.M. & Young, Y.L. 1982. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. *Journal of Food Science*. **47**: 1493-1497.
- Lindhorst, T.K. 2003. Structure of Polysaccharides. *Essentials of carbohydrate chemistry and Biochemistry*. Bermen: Weinheim.
- Ling, L.H., Osman, E.M., Fernandes, J.B. & Reilly, P.J. 1982. Physical properties of starch from cavendish banana fruit. *Starch/Stärke*. **34**: 184-188.
- Liu, H.J., Croke, H. & Ramsden, L., 2000. The effect of autoclaving on the acetylation of Ae, Wx, and normal maize starches. *Starch/Stärke*. **52**: 353-360.

- Lizada, M.C.C., Pantastico, E.B., Shukor, A.R. & Sabari, S.D. 1990. Ripening of banana. Hassan, A. & Pantastico, E.B. (eds). *Banana*. Kuala Lumpur: ASEAN Food Handling Bureau. 69-84.
- Lund, D. 1984. Influence of time, temperature, moisture, ingredients and processing conditions on starch gelatinization. *Food Science and Nutrition*. **20**: 249-273.
- Luyten, H., van Vliet, T. & Walstra, P. 1992. Comparison of various methods to evaluate fracture phenomena in food materials. *Journal of Texture Studies*. **23**: 245-266.
- Martinez, C. & Prodolliet, L. 1996. Determination of amylose in cereal and non-cereal starches by a colorimetric assay: Collaborative study. *Starch/Stärke*. **48**: 81-85.
- Matz, S.A. 1989. *Technology of the materials of baking*. London: Elsevier science publishers Ltd.
- Mastura, R. 1993. *Siri Pertanian Malaysia, Pokok Pisang*. Selangor: Penerbit Setiamas.
- Miles, M.J., Morris, V.J., Orford, P.D. & Ring, S.G. 1985. The roles of amylose and amylopectin in gelation and retrogradation of starch. *Carbohydrate Research*. **135**: 271-281.
- Nikuni, Z. & Whistler, R.L. 1957. Unusual structures in corn starch granules. *Journal of Biochemistry*. **44**: 227-231.
- Nunez-Santiago, M.C., Bello-Perez, L.A. & Tecante, A. 2004. Swelling-solubility characteristics, granule size distribution and rheological behavior of banana (*Musa paradisiaca*) starch. *Carbohydrate Polymers*. **56**: 65-75.
- Orford, P.D., Ring, S.G., Carroll, V., Miles, M.J. & Morris, V.J. 1987. The effect of concentration and botanical source on the gelation and retrogradation of starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **39**: 169-173.
- Perera, C. & Hoover, R. 1999. Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat-moisture treated potato starches. *Food Chemistry*. **64**: 361-375.
- Perez-Sira, E. 1997. Characterization of starch isolated from plantain (*Musa paradisiaca normalis*). *Starch/Stärke*. **49**: 45-49.

Ramli, M. 1993. *Siri Pertanian Malaysia – Pokok Pisang*. Selangor: Penerbit Setiamas.

Rashidan, A. 1996. Pengawet kimia untuk mengawal mikroorganisma dalam makanan. *Majalah Teknologi Makanan*. **15**: 35-40.

Ratnayake, W.S., Hoover, R. & Warkentin, T. 2002. Pea starch: Composition, structure and properties—a review. *Starch/Starke*. **54**: 217-234.

Ring, S.G., Gee, J.M., Whittam, M., Orford, P. & Johnson, I.T. 1988. Resistant starch: Its chemical form in foodstuffs and effect on digestibility in vitro. *Food Chemistry*. **28**: 97-109.

Robinson, J. C. 1996. *Bananas and Plantains*. Bristol: CAB International.

Rukayah, A. 1999. *Buah-buahan Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa Pustaka.

Saartrata, S., Puttanlekb, C., Rungsardthongc, V. & Uttaaaaa, D. 2005. Paste and gel properties of low-substituted acetylated canna starches. *Carbohydrate Polymers*. **61**: 211-221.

Salunkhe, D.K. & Kadam, S.S. 1995. *Handbook of Fruit Science and Technology Production, Composition, Storage and Processing*. New Delhi: Marcel Dekker Inc.

Samson, J.A. 1980. *Tropical Fruits*. London: Longman Group Limited.

Schoch, T.J. 1964. Fatty substances in starch. Whistler, R.L. (ed). *Methods In Carbohydrate Chemistry*. London: Academic Press. 56-61.

Schoch, T.J. & Maywald, E.C. 1968. Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chemistry*. **45**: 564-571.

Singh, U., Kherdekar, M.S. & Jambunathan, R. 1982. Studies on desi and kabuli chickpea (*Cicer Arietinum L.*) cultivars. The levels of amylase inhibitors, levels of oligosaccharides and *in vitro* starch digestibility. *Journal of Food Science*. **47**: 510-512.

Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N.S. & Gill, B.S. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*. **81**: 219-231.

- Snow, P. & O'Dea, K. 1981. Factors affecting the rate of hydrolysis of starch in food. *American Journal Clinical Nutrition.* **34:** 21-27.
- Soleha, I., Dzulkifly, H., Osman, H., & Zaharah, O. 1993. *Kimia Makanan. Jilid 1.* Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Sriroth, K., Santisopasrib, V., Petchalanuwatc, C., Kurotjanawonga, K. & Piyachomkwan, K. 1999. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. *Carbohydrate Polymers.* **38:** 161-170.
- Sugimoto, Y., Fujita, S., Takaya, T. & Fuwa, H. 1980. In vivo digestion of banana starch granules. *Starch/Stärke.* **32:** 290-294.
- Tan, S.C. 1990. *Biokimia, Tumbuhan Hijau.* Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Tester, R.F., Debon, S.J.J. & Sommerville, M.D. 2000. Annealing of maize starch. *Carbohydrate Polymers.* **42:** 287-299.
- Tester, R.F., Karkalas, J. & Qi, X. 2004. Starch structure and digestibility Enzyme-Substrate relationship. *World's Poultry Science Journal.* **60:** 186-195.
- Thitipraphunkula, K., Uttapapa, D., Piyachomkwanc, K. & Takeda, Y. 2003. A comparative study of edible canna (*Canna edulis*) starch from different cultivars. Chemical composition and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers.* **53:** 317 -324.
- Thomas, D.J. & Atwell, W.A. 1999. *Starches.* Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Tovar, J., Bjorck, I. M. & Asp, N.G. 1990. Analytical and nutritional implications of limited enzymic availability of starch in cooked red kidney beans. *Journal Agriculture Food Chemistry.* **38:** 488-493.
- Tovar, J., de Francisco, A., Bjorck, I.M. & Asp, N.G. 1991. Relationship between microstructure and *in-vitro* digestibility of starch in precooked leguminous seed flours. *Food Structure.* **10:** 19-26.
- Valmayor, R.V., Silayoi, B., Jamaluddin, S.H., Kusumo, S., Espino, R.R.C. & Pascua, O.C. 1990. Commercial banana cultivars in ASEAN. Hassan, A. & Pantastico, E.R. (eds). *Banana.* Kuala Lumpur: ASEAN Food Handling Bureau. 30-31.

- Varavinit, S., Anuntavuttikul, S. & shobsngob, S. 2000. Influence of freezing and thawing techniques on stability of sago and tapioca starch pastes. *Starch/Stärke*. **52**: 214-217.
- Von Loesecke, H. W. 1950. *Bananas* (2nd edition). New York: Interscience.
- Waliszewski, K.N., Aparicio, M.A., Bello, L.A. & Monroy, J.A. 2003. Changes of banana starch by chemical and physical modification. *Carbohydrate Polymers*. **52**: 237-242.
- Wankhede, D.B., Deshpande, H.W., Gunjal, B.B., Bhosale, M.B., Patil, H.B., Gahilod, A.T., Sawate, A.R. & Walde, S.G. 1989. Studies on physicochemical, pasting, characteristics and amylolytic susceptibility of starch fom sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Grains. *Starch/Stärke*. **41**: 123-127.
- Whistler, R.L. 1964. *Methods in Carbohydrate Chemistry IV*. London: Academic Press.
- Whistler, R.L., BeMiller, J.N. & Paschall, E.F. 1984. *Starch: Chemistry and Technology*. (2nd edition). London: Academic Press.
- Whistler, R. L. & BeMiller, J. N. 1997. *Carbohydrate Chemistryfor Food Scientists*. Minnesota: St. Paul.
- White, P.J., Abbas, I.R. & Johnson, L.A. 1989. Freeze-thaw stability and refrigerated-storage retrogradation of starches. *Starch/Stärke*. **41**: 176-180.
- Wootton, M. & Bamunuarachi, A. 1979. Application of differential scanning calorimetry to starch gelatinization I. *Commercial and Native Starches*. **31**: 201-204.
- Wursch, P., DelVedovo, S.J. & Koellreutter, B. 1986. Cell structure and starch nature as key determinants of the digestion rate of starch in legume. *American Journal Clinical Nutrition*. **43**: 5-9.
- Yun, S.H. & Quail, K. 1999. RVA pasting properties of Australian wheat starches. *Starch/ Stärke*. **51**: 274-280.
- Zabedah, M. 2001. *Siri Buah-buahan Komersial Malaysia, Pisang*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Zainal Abidin, M. I. 1991. *Pengeluaran Buah-buahan*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Zhang, P., Whistler, R.L., BeMiller, J.N. & Hamaker, B.R. 2005. Banana starch: production, physicochemical properties and digestibility – a review. *Carbohydrate Polymers*. **59**: 443-458.

Zobel, H.F. 1984. Gelatinization of starch and mechanical properties of starch pastes. Whistler, R.L., BeMiller, J.N. & Paschall, E.F. (eds). *Starch, Chemistry and Technology* (2nd edition). Orlando FL: Academic Press. 285-309.