

KESAN RAWATAN HABA-LEMBAPAN KE ATAS CIRI-
CIRI KANJI KELADI (*COLOCASIA ESCULENTA*
(L.) SCHOTT)

TEO WAI CHENG

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

SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2011

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: KESAN RAWATAN HABA- LEMBAPAN KE ATAS CIRI-CIRI
KANJI KELADI (COLOCASIA ESCULENTA (L.) SCHOTT)

IJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUSIAH
(TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)
 SESI PENGAJIAN: 2007 / 2008

Saya TEO WAI CHENG

(HURUF BESAR)

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

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

SULIT

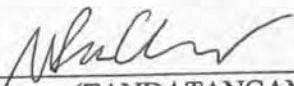
(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

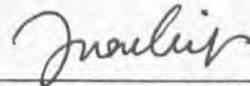
(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh



(TANDATANGAN PENULIS)



(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 224E-2-6, Taman Cemerlang,

Jalan Jelutong, 11600 Penang.

Dr. Lee Jau Shya

Nama Penyalia

Tarikh: 14.6.2011

Tarikh: 14.6.2011

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.

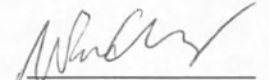
* Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

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

18 April 2011


Teo Wai Cheng
BN07110147

PENGESAHAN

NAMA : **TEO WAI CHENG**
NOMBOR MAKTRIK : **BN07110147**
TAJUK : **KESAN RAWATAN HABA-LEMBAPAN KE ATAS
CIRI-CIRI KANJI KELADI (*COLOCASIA
ESCULENTA* (L.) SCHOTT)**
IJAZAH : **IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MAKANAN
DENGAN KEPUJIAN (TEKNOLOGI MAKANAN
DAN BIOPROSES)**
TARIKH VIVA : **23 MEI 2011**

DIPERAKUI OLEH

TANDATANGAN

1. PENYELIA

Dr. Lee Jau Shya



.....

2. PEMERIKSA PERTAMA

Puan Siti Faridah Mohd Amin



.....

3. PEMERIKSA KEDUA

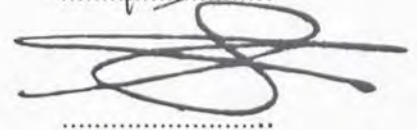
Encik Mohd Nazri Bin Abdul Rahman



.....

4. DEKAN

Profesor Madya Dr. Sharifudin Md. Shaarani



.....

PENGHARGAAN

Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan, Universiti Malaysia Sabah kerana memberi peluang kepada saya untuk menjalankan projek penyelidikan tahun akhir saya di sekolah ini. Pada masa yang sama, saya ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia saya, Dr. Lee Jau Shya, Timbalan Dekan (Penyelidikan dan Inovasi) Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan, Universiti Malaysia Sabah kerana bantuan, nasihat dan tunjuk ajar yang diberikan tanpa jemu-jemu. Seterusnya, ucapan terima kasih kepada pembantu-pembantu makmal yang memberi bantuan kepada saya semasa menjalankan projek penyelidikan ini. Akhir sekali, terima kasih juga diucapkan kepada ahli keluarga dan kawan-kawan saya kerana sokongan yang diberikan.

Teo Wai Cheng

18 April 2011



ABSTRAK

KESAN RAWATAN HABA-LEMBAPAN KE ATAS CIRI-CIRI KANJI KELADI (*COLOCASIA ESCULENTA* (L.) SCHOTT)

Objektif kajian ini ialah mengkaji kesan rawatan haba-lembapan ke atas sifat-sifat fizikokimia kanji Keladi China (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Rawatan haba-lembapan (HMT) dijalankan dengan merawat kanji dengan kandungan lembapan sebanyak 18%(HMT18), 21%(HMT21), 24%(HMT24) dan 27%(HMT27) pada suhu 100°C selama 16 jam. Jumlah karbohidrat, protein kasar, lemak kasar, serabut kasar dan abu kanji asli keladi adalah masing-masing $83.59 \pm 0.17\%$, $2.58 \pm 0.08\%$, $0.0868 \pm 0.0037\%$, $0.0350 \pm 0.0365\%$ dan $0.3691 \pm 0.0178\%$. Kanji asli keladi didapati mengandungi $13.10 \pm 0.09\%$ amilosa dan $86.89 \pm 0.09\%$ amilopektin. Kandungan fosfat dan fosforus kanji keladi asli adalah rendah, iaitu $0.0070 \pm 0.0005\%$ dan $0.0023 \pm 0.0002\%$. Kanji asli keladi adalah berwarna putih. Disebabkan pertumbuhan hablur di kawasan amorfus dan pembentukan kompleks amilosa-lemak dalam granul-granul kanji, kuasa pembengkakan dan keterlarutan kanji telah menurun dengan peningkatan tahap kandungan lembapan dalam rawatan. Penurunan kuasa pembengkakan kanji menyebabkan penurunan kelikatan puncak dan kelikatan akhir pes kanji. Peningkatan tahap kandungan lembapan dalam rawatan menyebabkan kehadiran ikatan-ikatan silang dalam granul-granul kanji yang meningkatkan suhu pempesanan kanji asli serta menurunkan *breakdown* dan *setback* sampel. Sejajar dengan penurunan nilai *setback*, sineresis kanji dirawat mengurang dan memperlihatkan peningkatan kestabilan pembekuan dan pencairan. Peningkatan suhu permulaan, suhu puncak dan suhu kesimpulan gelatinisasi dan retrogradasi serta peningkatan julat suhu gelatinisasi kanji telah diperhatikan dalam sampel dirawat. Penurunan entalpi gelatinisasi dan retrogradasi kanji dirawat adalah disebabkan pertukaran struktur antara bahagian habluran dan bahagian amorfus.

ABSTRACT

Objective of this research was to investigate effects of heat-moisture treatment on physicochemical properties of old cocoyam starch (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Heat-moisture treatment (HMT) was carried out by conditioning of starches to 18%(HMT18), 21%(HMT21), 24%(HMT24) and 27%(HMT27) of moisture content at 100°C for 16 hours. Total carbohydrates, crude protein, crude fat, crude fibre and ash content of native cocoyam starch were $83.59\pm 0.17\%$, $2.58\pm 0.08\%$, $0.0868\pm 0.0037\%$, $0.0350\pm 0.0365\%$ and $0.3691\pm 0.0178\%$ respectively. Native cocoyam starch contained $13.10\pm 0.09\%$ amylose and $86.89\pm 0.09\%$ amylopectin. Phosphate and phosphorus contents in the native starch were low, namely $0.0070\pm 0.0005\%$ and $0.0023\pm 0.0002\%$. Native cocoyam starch was white in colour. Due to growing of crystalline in amorphous area and forming of amylose-fat complexes in starch granules, swelling power and solubility of starch were decreased with increasing extend of heat-moisture treatment. Reduction in swelling power reduced the peak viscosity and final viscosity of starch paste. The increase of moisture during heat-moisture treatment resulted in cross-linking of starch granules that increased the pasting temperature of native starch, as well as reduced the breakdown and setback of the sample. In line with setback, the syneresis of starch was reduced and exhibited improvement of freeze-thaw stability. Increase of onset temperature, peak temperature, conclusion temperature of gelatinization and retrogradation for starch as well as increase of gelatinization temperature range were observed in the starch samples. Reduction of the gelatinization and retrogradation enthalpies of treated starches was caused by structure alteration in the amorphous and crystalline region.



SENARAI KANDUNGAN

	Halaman
TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SINGKATAN	xii
SENARAI SIMBOL	xiii
BAB 1: PENGENALAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Objektif-objektif Kajian	3
1.3 Kepentingan Kajian	4
BAB 2: ULASAN PERPUTAKAAN	5
2.1 Kanji	5
2.1.1 Amilosa dan Amilopektin	6
2.1.2 Sifat-sifat Fizikokimia	8
2.2 Keladi	13
2.2.1 Kandungan Komposisi Kimia Utama	14
2.2.2 Kegunaan	16
2.2.3 Kanji Keladi	17
2.3 Pengubahsuaian Kanji	18
2.3.1 Rawatan Haba-lembapan	19
BAB 3: BAHAN DAN KAEDAH	23
3.1 Bahan-bahan Kimia	23
3.2 Persampelan	23



	Halaman	
3.3	Penyediaan Sampel	23
3.4	Reka Bentuk Eksperimen	24
3.5	Rawatan Haba-lembapan	24
3.6	Analisis Kimia	25
	3.6.1 Penentuan Kandungan Lembapan	25
	3.6.2 Penentuan Kandungan Protein Kasar	25
	3.6.3 Penentuan Kandungan Lemak Kasar	26
	3.6.4 Penentuan Kandungan Serabut Kasar	27
	3.6.5 Penentuan Kandungan Abu	28
	3.6.6 Penentuan Kandungan Karbohidrat	28
	3.6.7 Penentuan Kandungan Amilosa	28
	3.6.8 Penentuan Kandungan Fosforus dan Fosfat	29
3.7	Analisis Fizikal dan Fizikokimia	30
	3.7.1 Penentuan Warna	30
	3.7.2 Kuasa Pembengkakan dan Keterlarutan	30
	3.7.3 Profil Pempesan	31
	3.7.4 Gelatinisasi dan Retrogradasi	31
	3.7.5 Sineresis	32
	3.7.6 Kestabilan Pembekuan dan Pencairan	32
3.8	Analisis Statistik	32
 BAB 4: HASIL DAN PERBINCANGAN		 34
4.1	Peratusan Perolehen	34
4.2	Analisis Kimia	34
4.3	Penentuan Warna	36
4.4	Kandungan Lembapan	36
4.5	Kuasa Pembengkakan dan Keterlarutan	37
4.6	Profil Pempesan	39
4.7	Gelatinisasi dan Retrogradasi	42
4.8	Sineresis	48

	Halaman
BAB 5: KESIMPULAN DAN CADANGAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Cadangan	53
RUJUKAN	54
LAMPIRAN	64

SENARAI JADUAL

		Halaman
Jadual 2.1	Komposisi proksimat ubi keladi berdasarkan berat segar	14
Jadual 2.2	Komposisi karbohidrat ubi keladi	15
Jadual 4.1	Komposisi kimia kanji keladi yang diekstrak	35
Jadual 4.2	Kandungan lembapan kanji asli dan kanji yang dirawat	36
Jadual 4.3	Profil pempesan kanji asli keladi dan kanji keladi yang diberi rawatan haba-lembapan	40
Jadual 4.4	Ciri-ciri peralihan terma kanji asli keladi dan kanji keladi yang diberi rawatan haba-lembapan	43

SENARAI RAJAH

		Halaman
Rajah 2.1	Struktur amilosa	6
Rajah 2.2	Struktur amilopektin	7
Rajah 2.3	Proses gelatinisasi kanji	9
Rajah 2.4	Proses retrogradasi kanji	10
Rajah 2.5	Profil pempeasan kanji yang dijana oleh <i>Rapid Visco Analyzer</i>	12
Rajah 2.6	Kawasan berhablur amilopektin dan amorfus lamela yang dipak dalam granul kanji	19
Rajah 4.1	Kuasa pembengkakan kanji asli keladi dan kanji keladi yang diberi rawatan haba-lembapan	38
Rajah 4.2	Keterlarutan kanji asli keladi dan kanji keladi yang diberi rawatan haba-lembapan	38
Rajah 4.3	Sineresis kanji asli keladi dan kanji keladi yang dirawat rawatan haba-lembapan yang disimpan pada keadaan 4°C	49
Rajah 4.4	Sineresis kanji asli keladi dan kanji keladi yang dirawat rawatan haba-lembapan yang dikaji dari segi kestabilan pembekuan dan pencairan	49

SENARAI SINGKATAN

ANOVA	Analisis Varians
BV	<i>Breakdown</i>
C	Karbon
DP	Darjah pempolimeran
HMT 18	Sampel kanji keladi yang dirawat rawatan haba-lembapan di mana kandungan lembapan disesuaikan kepada 18%
HMT21	Sampel kanji keladi yang dirawat rawatan haba-lembapan di mana kandungan lembapan disesuaikan kepada 21%
HMT24	Sampel kanji keladi yang dirawat rawatan haba-lembapan di mana kandungan lembapan disesuaikan kepada 24%
HMT27	Sampel kanji keladi yang dirawat rawatan haba-lembapan di mana kandungan lembapan disesuaikan kepada 27%
HPV	Kelikatan akhir
N	<i>Normality</i>
P	Fosfat
PV	Kelikatan akhir
SV	<i>Setback</i>

SENARAI SIMBOL

cm	centimeter
g	gram
mg	Miligram
ml	Mililiter
T_c	Suhu kesimpulan
T_o	Suhu permulaan
T_p	Suhu puncak
α	<i>Alpha</i>
°C	Darjah <i>Celcius</i>
μm	Mikrometer
%	Peratusan

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Keladi tergolong dalam famili Araceae. Keladi juga dikenali sebagai *taro*, *dasheen* dan *eddoe* (Sahaderan, 1987). Keladi dibahagi kepada dua kumpulan iaitu *eddoe* atau *Colocasia esculenta* var. *antiquorum* yang mempunyai ubi yang kecil dan *dasheen* atau *Colocasia esculenta* var. *esculenta* yang mempunyai ubi yang besar (Sahaderan, 1987). Menurut Onwueme (1999), Keladi ditanam secara meluas di kawasan tropika dan subtropika termasuk Afrika Barat dan Hindi, Asia, Caribbean, Pasifik, Kepulauan Polynesia dan Amerika Selatan.

Menurut Sahaderan (1987), kultivar keladi yang tumbuh liar berbeza dari segi warna ubi dan tangkai daun boleh didapati di Asia Tenggara. Terdapat 35 jenis kultivar keladi bertumbuh secara meluas di Semenanjung Malaysia. Antara kultivar-kultivar keladi itu termasuk Keladi China, Keladi Minyak, Keladi Bantan, Keladi Udang, Keladi Chincang Wangi, Keladi Serakit dan Keladi Pinang (Sahaderan, 1987). Keladi merupakan salah satu tanaman kontan yang utama di Sabah (Laporan Keluasan dan Pengeluaran Tanaman Pertanian, 2007). Kultivar keladi yang biasa ditanam ialah Keladi China yang mempunyai ubi yang besar dengan ubi yang berwarna merah jambu keputihan dan tangkai daun yang berwarna perang keunguan (Sahaderan, 1987).

Ubi segar keladi mengandungi sekitar 75% air dan 13% hingga 29% karbohidrat. Karbohidrat utama keladi ialah kanji. Menurut Onwueme (1994), keladi mengandungi kanji sebanyak 70g hingga 80g /100g (berat kering). Kanji akar dan ubi termasuk kanji keladi mengalami gelatinisasi pada suhu yang rendah dengan pembengkakan granul yang cepat dan seragam. Selain itu, kanji akar dan ubi menunjukkan profil viscositi yang tinggi dan kejelasan pes yang tinggi. Walau bagaimanapun, kanji akar dan ubi mengalami retrogradasi dengan mudah (Craig et al., 1989).



Kanji keladi yang mempunyai saiz granul yang kecil telah dilaporkan boleh dicerna dengan senang (Moorthy *et al.*, 1993). Kanji keladi juga dilaporkan lebih peka kepada hidrolisis pankreatik jika dibanding dengan kanji akar dan ubi yang lain (Tattuyakul *et al.*, 2007). Oleh itu, kanji keladi telah diguna secara meluas dalam makanan bayi, diet orang yang alergi kepada bijirin dan kanak-kanak yang sensitif kepada susu (Wang, 1983). Mengikut Tattuyakul *et al.* (2007), kanji keladi meningkatkan pengikatan dan mengurangkan kepecahan produk snek. Sebelum keladi digunakan sebagai kanji komersil seperti kanji jagung, gandum dan ubi kentang, kerja-kerja penyelidikan harus dijalankan untuk menentukan komposisi kimia, sifat-sifat fizikal dan fizikokimia kanji keladi (Aboubakar, 2008).

Keladi dianggap mengalami kerugian sebanyak 30% dalam penstoran hasil-hasil tanaman. Kuantiti ini boleh digunakan untuk mengatasi masalah kebuluran di negara-negara yang tidak membangun (Agbor-Egbe, 1991). Untuk mengurangkan pembaziran ini, keladi harus diproses daripada bentuk yang senang rosak kepada yang tahan rosak. Contoh-contoh bentuk makanan yang tahan rosak ialah tepung dan kanji. Ubi keladi merupakan sumber tepung dan kanji industri berpotensi yang belum digunakan sepenuhnya (Nip, 1997). Walau bagaimanapun, keladi kurang diberi perhatian dari segi penyelidikan untuk dipertingkatkan potensi kegunaannya (Aboubakar *et al.*, 2008). Salah satu sebab ialah keladi dianggap sebagai tanaman yang berkedudukan rendah kerana harga keladi yang lebih rendah daripada bijirin dan kandungan protein yang lebih rendah (Ammar *et al.*, 2009). Tambahan lagi, keladi mempunyai kerugian lepas tuai yang tinggi kerana keladi mempunyai kandungan lembapan yang tinggi (Agbor-Egbe, 1991). Oleh itu, keladi berada pada kedudukan yang rendah dalam profil keselamatan makanan di kebanyakan negara.

Rawatan kimia ke atas kanji biasanya digunakan untuk mengatasi masalah retrogradasi kanji (Yue *et al.*, 2010). Akan tetapi, masyarakat kini mempunyai kesedaran kesihatan yang tinggi dan hal ini menyebabkan bahan-bahan kimia yang digunakan selalu dipersoal dan dilarang (Yue *et al.*, 2010). Perhatian telah diberi kepada rawatan fizikal kerana kanji yang mengalami rawatan fizikal dianggap sebagai bahan semulajadi dan selamat jika dibanding dengan rawatan kimia

(Bemiller, 1997). Selain itu, kehadiran kanji yang telah dirawat secara fizikal dalam makanan tidak dihad oleh undang-undang (Bemiller, 1997).

Rawatan haba-lembapan dan *annealing* merupakan rawatan fizikal yang mengubah sifat-sifat fizikokimia kanji tanpa memusnahkan struktur granul kanji (Adebowale *et al.*, 2005). Kedua-dua rawatan ini meningkatkan kestabilan termal dan mengurangkan takat retrogradasi (Adebowale *et al.*, 2005). Sifat-sifat tersebut menjadikan kanji yang telah mengalami rawatan hidrotermal sesuai digunakan dalam industri makanan tin dan makanan beku (Zavareze & Dias, 2010).

Rawatan haba-lembapan melibatkan penggunaan kandungan lembapan yang rendah. Rawatan ini dijalankan di bawah kandungan lembapan yang terhad iaitu 10% hingga 30% dan dipanaskan pada suhu yang tinggi iaitu 90°C hingga 120°C dalam jangka masa 15 minit hingga 16 jam (Chung *et al.*, 2009). Rawatan haba-lembapan menyebabkan kawasan amorfus granul menjadi lebih teratur dan secara langsung meningkatkan interaksi antara rantai amilosa atau antara amilosa dengan amilopektin (Hoover dan Vasanthan, 1994). Pembentukan kompleks amilosa-lemak (Lorenz dan Kulp, 1984) dan pertukaran kawasan amorfus amilosa kepada struktur pilin (Lorenz dan Kulp, 1982) juga diperhatikan semasa rawatan haba-lembapan ke atas kanji. Rawatan haba-lembapan digunakan dalam kajian ini kerana rawatan haba-lembapan meningkatkan suhu peralihan gelatinisasi, meluaskan julat suhu gelatinisasi, menurunkan pembengkakan granul serta meningkatkan kestabilan termal (Chung *et al.*, 2009b). Selain itu, kanji ubi adalah lebih sensitif kepada rawatan haba-lembapan jika dibanding dengan kanji bijirin dan bijian (Gunaratne & Hoover, 2002).

1.2 Objektif-objektif Kajian

Objektif-objektif kajian ini adalah seperti berikut:

- a. Mencirikan sifat-sifat kimia, fizikal dan fizikokimia kanji keladi China.
- b. Mengkaji kesan rawatan haba-lembapan ke atas sifat-sifat fizikokimia kanji keladi China.

1.3 Kepentingan Kajian

Daripada ulasan kepustakaan, didapati bahawa tidak terdapat banyak kajian dijalankan ke atas kanji keladi dan ciri-ciri kanji asli keladi jarang dikaji dari segi penyelidikan. Oleh itu, untuk mendapat pemahaman yang lebih mendalam tentang kanji asli keladi dan memperluaskan potensi penggunaan kanji tersebut dalam industri makanan, pencirian sifat-sifat kimia, fizikal dan fizikokimia kanji keladi China dilakukan. Memandangkan rawatan haba-lembapan mempunyai kesan yang menonjol ke atas kanji ubi dan tidak pernah dilakukan ke atas kanji keladi, rawatan haba-lembapan dijalankan untuk memperbaiki ciri-ciri kanji keladi seperti kecenderungan untuk mengalami retrogradasi dan kestabilan pes yang rendah. Dengan ini, kanji keladi boleh setanding dengan kanji-kanji lain seperti kanji jagung, gandum dan ubi kentang dalam penggunaan kanji secara komersial dalam industri. Selain itu, masalah pembaziran makanan boleh dikurangkan dengan memproseskan keladi kepada bentuk yang tahan rosak.

BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kanji

Kanji merupakan karbohidrat utama dalam tumbuhan dan dianggap sebagai biopolimer yang kedua besar selepas selulosa. Kanji disimpan di dalam organ tumbuhan dalam bentuk granul yang berketumpatan tinggi, tidak terlarut dalam air sejuk dan bersaiz dalam lingkungan satu hingga 100 μm di mana saiz granul bergantung kepada spesies tumbuhan (Liu, 2005). Menurut Liu (2005), kanji mempengaruhi sifat-sifat fizikokimia hasil makanan yang dibuat daripada bijirin, ubi, akar dan buah-buahan. Kanji merupakan sumber asal tenaga untuk kebanyakan populasi dunia. Dalam bidang gizi manusia, kanji bertindak sebagai pembekal tenaga metabolisme untuk badan untuk menjalankan fungsi-fungsi yang berlainan (Liu, 2005).

Kanji disintesis dalam bahagian plastid sel tumbuhan. Pembentukan kanji adalah melalui proses biologi yang rumit yang melibatkan fotosintesis. Kanji berkumpul pada siang dalam sel daun tumbuhan dan dipecah pada malam untuk membekal sukrosa ke bahagian tisu yang tidak menjalankan fotosintesis. Menurut Shannon dan Garwood (1984), kepelbagaian dari segi struktur dan sifat-sifat kanji bergantung kepada spesies tumbuhan, keadaan pertumbuhan, persekitaran dan mutasi genetik tumbuhan.

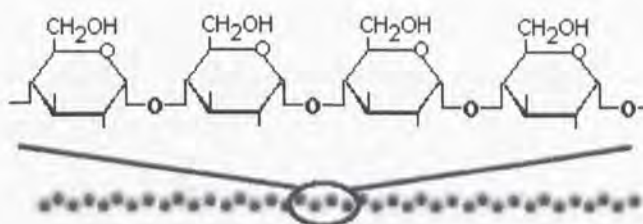
Kebanyakan kanji terdiri daripada campuran dua jenis polisakarida iaitu amilosa yang berbentuk linear dan amilopektin yang bercabang. Kandungan amilosa biasanya di antara 15% hingga 25% untuk kebanyakan kanji. Nisbah amilosa kepada amilopektin berbeza antara jenis kanji. Kedua-dua polisakarida merupakan homoglukan yang mempunyai dua jenis ikatan rantai sahaja. Ikatan-ikatan tersebut ialah α -(1,4) yang terdapat pada rantai utama dan α -(1,6) yang terdapat pada rantai bercabang. Kanji terdiri daripada unit-unit α -D-glucopyranosyl.



Molekul-molekul kanji diikat dengan ikatan hidrogen dan disusun dalam arah jejari dalam granul yang bersifat separuh-hablur (Liu, 2005).

2.1.1 Amilosa dan Amilopektin

Amilosa ialah satu makromolekul linear yang terdiri daripada sisa-sisa α -D-glucopyranosyl yang diikat dengan ikatan α -(1,4). Struktur amilosa ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Darjah polimeran (DP) adalah di antara 100 dan 10000 (Liu, 2005). Setiap makromolekul mangandungi satu terminal pereduksi dan satu terminal bukan pereduksi. Menurut Hizukuri *et al.* (1981), amilosa sesetengah kanji mempunyai sebanyak dua hingga lapan titik cabang dalam setiap molekul. Panjang rantai cabang amilosa berada dalam lingkungan empat hingga 100 DP. Dalam sesetengah spesies tumbuhan, amilosa terdapat kumpulan fosfat pada kedudukan C-6 molekul glukosa (Morrison dan Karkalas, 1990).



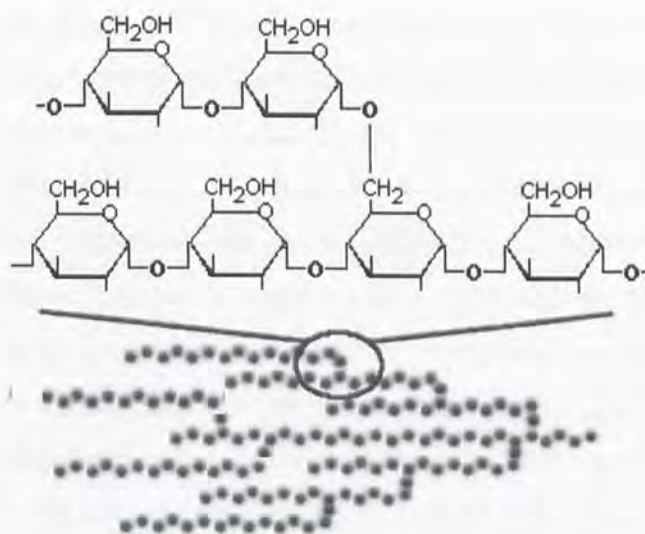
Rajah 2.1: Struktur amilosa
Sumber : Bowen (2006)

Amilosa bersifat hidrofilik disebabkan oleh kehadiran kumpulan hidroksil yang banyak dan sifat ini menyebabkan amilosa mempunyai kecenderungan untuk bergabung dengan air. Disebabkan oleh bentuk linear amilosa, kebergerakan dan kehadiran kumpulan hidroksil dalam rantai polimer, molekul amilosa sentiasa menyusun dalam bentuk selari dan berada dalam jarak yang dekat supaya pembentukan ikatan hidrogen antara rantai boleh berlaku (Liu, 2005).

Amilosa biasanya dalam bentuk pilin dan berbentuk pilin berganda apabila pilin-pilin yang berlainan bergabung. Saluran terbuka yang terdapat pada kedudukan tengah pilin membenarkan pembentukan kompleks dengan molekul yang lain seperti iodin. Dengan kehadiran iodin, bahagian linear amilosa menunjukkan warna biru sementara bahagian bercabang hanya menunjukkan

warna ungu kemerahan yang pudar (Collado dan Corke, 2003). Sifat pembentukan kompleks amilosa dengan iodin telah menyumbang kepada kaedah penentuan kandungan amilosa.

Amilopektin ialah polimer yang bercabang dengan unit glukosa diikat dengan ikatan α -(1,4) dalam rantai linear dan ikatan α -(1,6) dalam titik bercabang (Greenwood, 1964). Struktur amilopektin ditunjukkan dalam Rajah 2.2. Menurut Hosney (1986), nilai berat molekul untuk amilopektin boleh mencapai juta. Berbanding dengan amilosa, struktur bercabang amilopektin menyebabkan amilopektin kurang cenderung kepada pembentukan gel, retrogradasi dan sineresis (Collado dan Corke, 2003). Amilopektin mempunyai kumpulan fosfat monoester yang diikat dengan ikatan kovalen. Fosfat monoester diikat kepada kedudukan C-3 dan C-6 pada monomer glukosa. Keadaan ini lebih ketara dalam spesies ubi terutamanya kanji ubi kentang (Hizukuri *et al.*, 1970). Kandungan amilopektin biasanya ditentukan dengan penolakan kandungan amilosa dalam kanji kerana kekurangan kaedah mudah untuk menentukan kandungan amilopektin secara langsung (Collado dan Corke, 2003).



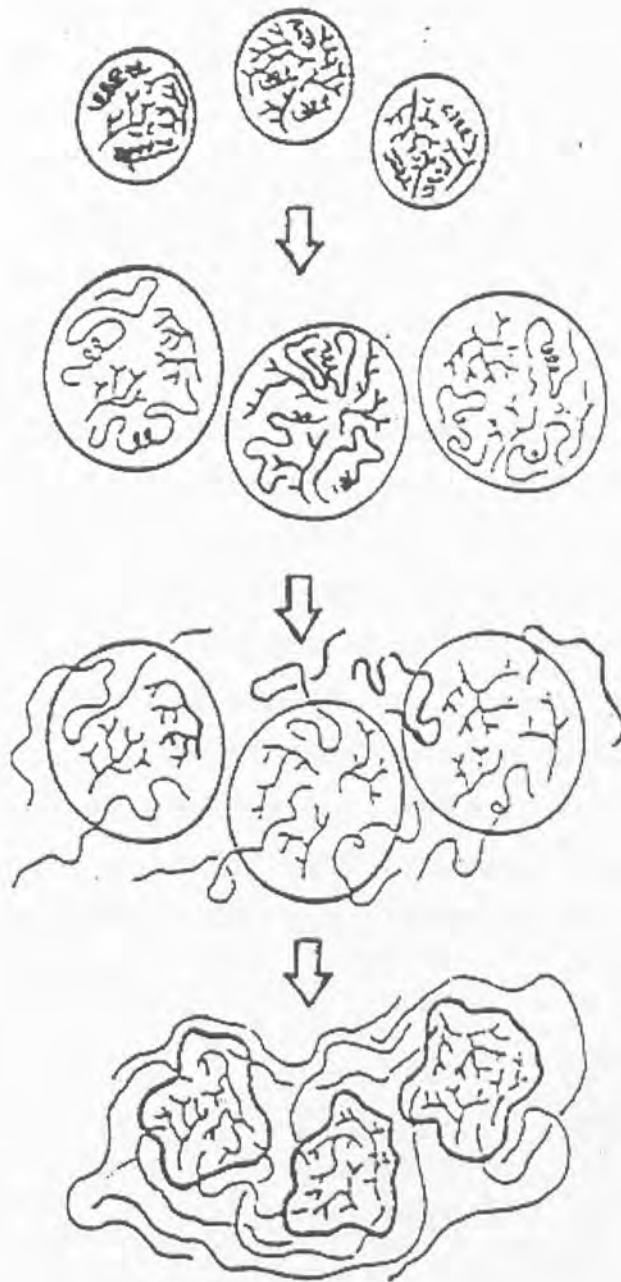
Rajah 2.2: Struktur amilopektin

Sumber : Bowen (2006)

2.1.2 Sifat-sifat Fizikokimia Kanji

Sifat-sifat berfungsi kanji menentukan ciri-ciri yang mengawal perilaku komponen makanan semasa pemrosesan, penstoran dan persediaan (Collado dan Corke, 2003). Selain daripada nilai gizi kanji, sifat-sifat berfungsi kanji mempengaruhi kegunaan kanji (Pomeranz, 1991). Kanji digunakan sebagai bahan pemekatan dalam sos, sup krim dan pengisian pai, penstabilan sistem koloid dalam sos salad, penahan lembapan dalam krim kek, bahan pembentukan gel dalam gam bahan-bahan manisan, pengikat dalam wafer dan lain-lain. Fungsi-fungsi kanji adalah bergantung pada sifat-sifat fizikokimia kanji.

Pempesan, gelatinisasi dan retrogradasi adalah antara sifat-sifat fizikokimia yang penting dalam kegunaan kanji (Liu, 2005). Granul kanji asal tidak terlarut dalam air sejuk tetapi membengkak dalam air suam. Apabila kanji dipanaskan dalam kehadiran air, perubahan fasa daripada keadaan teratur kepada keadaan tidak teratur berlaku. Menurut Atwell *et al.* (1988), definisi gelatinisasi ialah gangguan keadaan teratur molekul dalam granul kanji sementara berlakunya perubahan yang tidak boleh diterbalikkan pada sifat-sifat seperti pembengkakan granul, peleburan hablur, kehilangan pembiasan berganda, kelikatan dan keterlarutan. Proses gelatinisasi kanji ditunjukkan dalam Rajah 2.3. Titik permulaan gelatinisasi dan lingkungan di mana gelatinisasi berlaku dipengaruhi oleh kepekatan kanji, kaedah pemerhatian, jenis granul dan kepelbagaian jenis dalam granul. Menurut Collado dan Corke (2003), apabila granul kanji dipanaskan kepada suhu gelatinisasi dalam kehadiran air yang berlebihan, pemindahan haba dan pemindahan lembapan berlaku. Granul membengkak kepada saiz yang beberapa kali ganda daripada saiz asalnya selepas kehilangan susunan hablur dan penyerapan air ke dalam struktur granul. Menurut Tester dan Morrison (1990a), sifat pembengkakan kanji bijirin adalah dipengaruhi oleh kandungan amilopektin dan amilosa bertindak sebagai pencair dan penghalang pembengkakan terutamanya dalam kehadiran lemak. Pembengkakan maximum juga berkait dengan berat molekul dan bentuk amilopektin (Tester dan Morrison, 1990b).



Granul kanji terdiri daripada amilosa dan amilopektin.

Penambahan air memecahkan kehabluran amilosa dan menghancurkan struktur heliks. Pembengkakan granul berlaku.

Penambahan haba dan air yang berlebihan menyebabkan pembengkakan yang lebih banyak. Amilosa mula melarut dan keluar daripada granul.

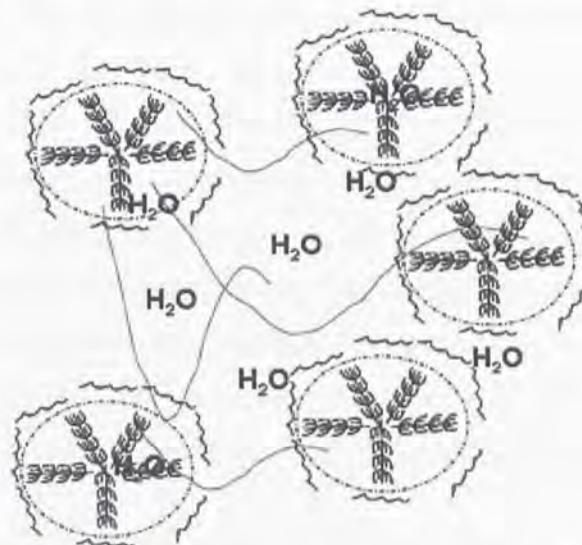
Granul yang mengandungi amilopektin dihancurkan dan dipegang dalam maktrik amilosa yang membentuk gel.

Rajah 2.3: Proses gelatinisasi kanji

Sumber : Forte (2011)

Retrogradasi biasanya digunakan untuk menggambarkan perubahan perilaku fizikal kanji selepas gelatinisasi. Menurut Atwell *et al.* (1988), definisi retrogradasi ialah proses yang berlaku apabila molekul kanji bergabung semula dan membentuk struktur yang teratur seperti struktur pilin berganda apabila penstoran. Proses retrogradasi kanji ditunjukkan dalam Rajah 2.4. Pada permulaan, hanya dua

rantai bergabung. Pada akhir proses, kemunculan susunan hablur dan perpisahan fasa fizikal berlaku. Retrogradasi penting dalam kegunaan kanji dalam industri, retrogradasi boleh menjadi satu titik akhir yang dikehendaki dalam sesetengah kegunaan tetapi retrogradasi juga boleh menyebabkan ketidakstabilan dalam pes kanji (Liu, 2005). Retrogradasi dipengaruhi oleh sumber botani seperti kanji bijirin atau kanji ubi dan struktur amilopektin seperti panjang rantai dan taburan. Nisbah amilosa:amilopektin mempengaruhi kinetik retrogradasi (Liu,2005). Menurut Ring *et al.* (1987), retrogradasi berlaku dalam dua peringkat. Peringkat pertama ialah peringkat pantas yang melibatkan pembentukan kawasan berhablur daripada amilosa yang telah mengalami retrogradasi. Peringkat kedua melibatkan pembentukan struktur teratur di dalam amilopektin. Semasa retrogradasi, molekul saling bertindak terutamanya pembentukan ikatan hidrogen antara rantai kanji. Tindakan ini dilaporkan bergantung kepada masa dan suhu. Amilosa berupaya membentuk gabungan struktur pilin berganda daripada 40 hingga 70 unit glukosa (Jane dan Robyt, 1984) manakala amilopektin membentuk hablur dengan mengabungkan rantai luaran yang pendek di mana darjah pempolimeran adalah 15 (Ring *et al.*, 1987). Kadar retrogradasi amilipektin berbeza antara satu jenis kanji kepada jenis kanji yang lain kerana panjang rantai luaran amilopektin yang berlainan.



Rajah 2.4: Proses retrogradasi kanji
 Sumber : Cat (2006)

RUJUKAN

- Aboubakar, Y.N., Njintang, Scher, J. dan Mbofung, C.M.F. 2008. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schoot) flours and starches. *Journal of Food Engineering*. **86**(2):294-305.
- Adebowale, K.O., Afolabi, T.A. dan Olu-Owalabi, B.I. 2005. Hydrothermal treatments of finger millet (*Eleusine corocana*) starch. *Journal of Food Hydrocolloids*. **19**:974-983.
- Adebowale, K.O., Henle, T., Schwarzenbolz, U. dan Doert, T. 2009. Modification and properties of african yam bean (*Sphenostylis stenocarpa* Hochst. Ex. A. Rich.) Harms starch I: heat moisture treatments and annealing. *Journal of Food Hydrocolloids*. **23**:1947-1957.
- Adebowale, K.O. dan Lawal, O.S. 2002. Effect of annealing and heat moisture conditioning on the physicochemical characteristics of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranea*) starch. *Journal of Nahrung-Food*. **46**:311-316.
- Adebowale, K.O. dan Lawal, O.S. 2003. Microstructure, physicochemical properties and retrogradation behaviour of mucana bean (*Mucana pruriens*) starch on heat moisture treatments. *Journal of Food Hydrocolloids*. **17**:265-272.
- Agbor-Egbe, T. 1991. Study on the factors affecting storage of edible aroids. *Annals of Applied Biology*. **119**:121-130.
- Alves, R.M., Grossmann, M.V., Ferrero, C., Zaritzky, N.E., Martino, M.N. dan Sierakoski, M.R. 2002. Chemical and functional characterization of products obtained from yam tubers. *Journal of Starch*. **54**:476-481.
- Ammar, M.S., Hegazy, A.E. dan Bedeir, S.H. 2009. Using of taro flour as partial substitute of wheat flour in bread making. *World Journal of Dairy and Food Sciences*. **4**(2):94-99.
- Annual research progress report. 1993. Tenom: Agriculture Research Station.
- Aprianita, A., Purwandari, U., Watson, B. dan Vasiljevie, T. 2009. Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available in Australia. *International Food Research Journal*. **16**:507-520.



- Atwell, W.A., Hood, L.F., Lineback, D.R., Varriano-Marston, E. dan Zobel, H.F. 1988. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. *Journal of Cereal Foods World*. **33**:306-311.
- Bemiller, J.N. 1997. Starch modification: challenges and prospects. *Journal of Starch/Starke*. **49**:127-131.
- Bowen, R. 2006. Dietary polysaccharides: structure and digestion. (Atas talian)<http://www.vivo.colostate.edu/hbooks/pathphys/digestion/basics/amylopectin.gif>. Dicetak 15 April 2006.
- Bradbury, H.J. dan Holloway, W.D. 1988. *Chemistry of tropical root crops*. Canberra: ACIAR.
- Cat, K. 2006. Starch. (Atas talian)<http://cdavies.wordpress.com/2006/10/05/starch>. Dicetak 5 Oktober 2006.
- Chung, H.J., Liu, Q. Dan Hoover, R. 2009. Impact of annealing and heat moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. *Journal of Carbohydrate Polymers*. **75**:436-447.
- Collado, L.S. dan Corke, H. 2003. Dalam Breslauer, K.J. dan Kaletunc, G. (eds). *Characterization of cereals and flours properties, analysis and applications*, hlm. 586-620. New Jersey: CRC Press.
- Collado, L.S., Mabesa, L.B., Oates, C.G. dan Corke, H. 2001. Bihon-type noodles from heat-moisture treated sweet potato starch. *Journal of Food Service*. **66**:604-609.
- Cooke, D. dan Gidley, M.J. 1992. Loss of crystallinity and molecular order during starch gelatinization: origin of the enthalpic transition. *Journal of Carbohydrate Research*. **227**:103-112.
- Craig, S.A.S., Maningat, C.C., Seib, P.A. dan Hosoney, R.M. 1989. Starch paste clarity. *Journal of Cereal Chemistry*. **66**:173-182.
- Donavan, J.W. 1979. Phase transitions of starch-water system. *Journal of Biopolymers*. **18**:263-275.
- Donavan, J.W., Lorenz, K. dan Kulp, K. 1983. Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Journal of Cereal Chemistry*. **60**:381-387.

- Eliasson, A.C. 1980. Effect of water content on the gelatinisation of wheat starch. *Journal of Starch/Starke*. **32**:270
- Eliasson, A.C. 1985. Retrogradation of starch as measured by differential scanning calorimetry. Dalam Hill, R.D. dan Munk, L. (eds.). *New Approaches to Research on Cereal Carbohydrates*, hlm. 93-98. Amsterdam: Elsevier.
- Ferrero, C., Martino, M.N. dan Zaritzky, N.E. 1994. Corn starch-xanthan gum interaction and its effect on the stability during storage of frozen gelatinized suspensions. *Journal of Starch/Starke*. **46**:300-308.
- Forte, D. The Role of Ingredients in Extrusion Processing. (Atas talian) <http://processplant.info/the-role-of-ingredients-in-extrusion-processing-by-dennis-forte-1195>. Dicetak 11 Februari 2011.
- Greenwood, C.T. 1964. Structure, properties and amylolytic degradation of starch. *Journal of Food Technology*. **18**:138-141.
- Gunaratne, A. dan Corke, H. 2007. Functional properties of hydroxypropylated, cross-linked, and hydroxypropylated cross-linked tuber and root starches. *Journal of Cereal Chemistry*. **84**(1):30-37.
- Gunaratne, A. dan Hoover, R. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Journal of Carbohydrate*. **49**(4):425-437.
- Hizukari, S., Tabata, S. dan Nikuni, Z. 1970. Studies on starch phosphate. Part 1. estimation of glucose-6-phosphate residues in starch and the presence of other bound phosphates. *Journal of Starch*. **22**:338-343.
- Hizukari, S., Takeda, Y. dan Yasuda, M. 1981. Multi-branched nature of amylose and the action of debranching enzymes. *Journal of Carbohydrate*. **94**:205-213.
- Hoover, R., Hannouz, D. dan Sosulski, F.W. 1988. Effects of hydroxypropylation on thermal properties, starch digestibility and freeze-thaw stability of field pea (*Pisum sativum* cv. Trapper) starch. *Journal of Starch/Starke*. **40**:383-387.
- Hoover, R. dan Manuel, H. 1996a. The effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of normal maize, waxy maize, dull waxy maize and amylo maize V starches. *Journal of Cereal Science*. **23**:153-162.

- Hoover, R. dan Manuel, H. 1996b. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of legumes starches. *Journal of Food Research International*. **29**:731-750.
- Hoover, R. dan Ratnayake, W.S. 2002. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. *Journal of Food Chemistry*. **78**(4):489-498.
- Hoover, R. dan Vasanthan, T. 1993. Studies on the physicochemical properties of native, defatted and heat-moisture treated pigeon pea (*Cajanus cajan* L) starch. *Journal of Carbohydrate Research*. **246**:185-203.
- Hoover, R. dan Vasanthan, T. 1994a. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume and tuber starches. *Journal of Carbohydrate Research*. **252**: 33-53.
- Hoover, R. dan Vasanthan, T. 1994b. The flow properties of native, heat-moisture treated and annealed starches from wheat, oat, potato and lentil. *Journal of Food Biochemistry*. **18**:67-82.
- Horndok, R. dan Noomhorm, A. 2007. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. *Journal of LWT- Food Science and Technology*. **40**:1723-1731.
- Hoseney, R.C. 1986. Principles of cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists. MN: St. Paul.
- Huang, C., Lai, P., Chen, I., Liu, Y. dan Wang, C. 2010. Effects of mucilage on the thermal and pasting properties of yam, taro, and sweet potato starches. *Journal of LWT-Food Science and Technology*. **43**:849-855.
- Huang, C., Lin, M. dan Wang, C.R. 2006. Changes in morphological, thermal and pasting properties of yam (*Dioscorea alata*) starch during growth. *Journal of Carbohydrate Polymers*. **64**(4):524-531.
- Ikegwu, O.J., Okechukwu, P.E. dan Ekumankana, E.O. 2010. Physico-chemical and pasting characteristics of flour and starch from Achi *Brachystegia eurycoma* seed. *Journal of Food Technology*. **8**(2):58-66.
- Imberty, A., Buléon, A., Tran, V. dan Pérez, S. 1991. Recent advances in knowledge of starch structure. *Journal of Stärke*. **43**:375-384.

- Ishiguro, K., Kumamoto, N., Kagoshima, K. dan Yamakawa, O. 2000. Retrogradation of sweetpotato starch. *Journal of Starch/Stärke*. **52**:1332-1334.
- Jacobs, H., Eerlingen, R.C., Clauwaert, W. dan Delcour, J.A. 1995. Influence of annealing on the pasting properties of starches from varying botanical sources. *Journal of Cereal Chemistry*. **72**:480-487.
- James, C.S. 1995. *Analytical chemistry of foods*. United States of America: Aspen Publishers.
- Jamin, F.F. dan Flores, R.A. 1998. Effect of additional separation and grinding on the chemical and physical properties of selected corn dry-milled streams. *Journal of Cereal Chemistry*. **69**:166-170.
- Jane, J. dan Robyt, J.F. 1984. Structure studies of amylose-v complexes and retrogradation amylose by action of alpha amylases, and a new method for preparing amyloextrins. *Journal of Carbohydrate Research*. **132**:105-118.
- Jane, J., Shen, L., Chen, J., Lim, S., Kasemsuwan, T. dan Nip, W.K. 1992. Physical and chemical studies of taro starches and flours. *Journal of Cereal Chemistry*. **69**(5):528-535.
- Jobbling, S.A., Schwall, G.P., Wescott, R.J., Sidebottom, C.M., Debet, M., Gidley, M.J., Jeffcoat, R. dan Safford, R. 1999. A minor form of starch branching enzyme in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers has a major effect on starch structure: cloning and characterisation of multiple forms of SBE A. *Journal of Plant*. **18**:163-171.
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. *Journal of Cereal Science Today*. **16**:334-338.
- Kulp, K. dan Lorenz, K. 1981. Heat-moisture treatment of starches. I. physico chemical properties. *Journal of Cereal Chemistry*. **58**:46-48.
- Lan, H., Hoover, R., Jayakody, L., Liu, Q., Donner, E., Baga, M., Asare, E.K., Hucl, P. dan Chibbar, R.N. 2008. Impact of annealing on the molecular structure and physicochemical properties of normal, waxy and high amylose bread wheat starches. *Journal of Food Chemistry*. **111**:663-675.
- Laporan keluasan dan pengeluaran tanaman pertanian. 2007. Kota Kinabalu: Jabatan Pertanian Sabah, Kementerian Pertanian dan Industri Makanan.

- Lawal, O.S., Adebowale, K.O., Ogunsanwo, B.M., Sosanwo, O.A. dan Bonkole S.A. 2005. On the functional properties of globulin and albumin protein fractions and flours of African locust bean (*Parkia biglobossa*). *Journal of Food Chemistry*. **92**(4):681-691.
- Lim, S.T., Chang, E.H. dan Chung, H.J. 2001. Thermal transition characteristics of heat-moisture treated corn and potato starches. *Journal of Carbohydrate Polymers*. **46**:107-115.
- Liu, Q. 2005. Understanding starches and their roles in foods. Dalam Cui, S.W. (ed.). *Food carbohydrates chemistry, physical properties and applications*, hlm. 309-355. Ontario: CRC Press.
- Liu, Q., Tarn, R., Lynch, D. dan Skjodt, N.M. 2007. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Journal of Food Chemistry*. **105**(3):897-907.
- Lo, C.T. dan Ramsden, L. 2000. Effects of xanthan and galactomannan on the freeze/thaw properties of starch gels. *Journal of Nahrung*. **44**:211-214.
- Lorenz, K., dan Kulp, K. 1982. Cereal and root starch modification by heat-moisture treatment. I. physicochemical properties. *Journal of Starch/Starke*. **34**:50-54.
- Lorenz, K., dan Kulp, K. 1984. Steeping of barley starch. Effects on physicochemical properties and functional properties. *Journal of Starch*. **36**:116-121.
- Lu, T., Lin, J., Chen, J. dan Chang, Y. 2008. Characteristics of taro (*Colocasia esculenta*) starches planted in different seasons and their relations to the molecular structure of starch. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. **56**(6):2208-2215.
- Moorthy, S.N., Thankamma, P. dan Unnikrishnan, M. 1993. Variability in starch extracted from taro. *Journal of Carbohydrate Polymer*. **20**(3):169-173.
- Morrison, W.R. dan Karkalas, J. 1990. *Starch: methods in plant biochemistry*. New York: Academic Press.
- Nip, W.K. 1997. Dalam Smith, D.S., Cash, J.N., Nip, W.K. dan Hui, Y.H.(eds) *Taro: processing vegetable and technology*, hlm 355-387. Pennsylvania: Technomic Publishing.
- NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods. (Atas talian)<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri33.htm>. Dicetak 23 Jun 2010.

- Nwokocha, L.M., Soetan, K.O. and Williams, P.A. 2010. A study of the properties of starch isolated from three varieties of *Lablab purpureus* seeds. *Journal of Carbohydrate Polymers*. **79**(3):685-693.
- Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 1990. Arlington: The Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Olayide, S.L. 2005. Studies on the hydrothermal modifications of new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. *International Journal of Biological Macromolecules*. **37**(5):268-277.
- Olayinka, O.O., Adebowale, K.O. dan Olu-Owolabi, B.I. 2008. Effect of heat-moisture treatment on physicochemical properties of white sorghum starch. *Journal of Food Hydrocolloids*. **22**:225-230.
- Onwueme, I. 1999. *Taro cultivation in Asia and the Pacific*. Bangkok: Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Onwueme, I.C. 1994. *Tropical root and tuber crops-production, persepective and future prospects*. FAO Plant Production and Protection Paper 126. Rome: FAO.
- Otto, B.W. 2006. Modified starches. *Dalam* Stephen, A.M., Philips, G.O. dan Williams, P.A. Food polysaccharides and their applications, hlm. 87-118. New York: CRC Press.
- Pena, R. 1990. The taro chip industry in hawaii, its problem and potential for expansion. *Proceedings of the 8th Symposium of the International Social Tropical Root Crops*, October 30- November 5, 1988, Bangkok, Thailand.
- Pérez, E., Schultz, F.S., Delahaye, E.P.D. 2005. Characterization of some properties of starches isolated from *Xanthosoma sagittifolium* (tannia) and *Colocasia esculenta* (taro). *Journal of Carbohydrate Polymers*. **60**:139-145.
- Pomeranz, Y. 1991. Carbohydrates: starch, functional properties of food components. (2nd edition). California: Academic Press.
- Purseglove, J.W. 1972. *Tropical crops. Monocotyledons*. London:Longman.
- Ring, S.G. 1985. Some studies on starch gelation. *Journal of starch*. **37**:80-83.
- Ring, S.G., Colonna, P., I'anson, K., Kalichevsky, M.T., Miles, M.J., Morris, V.J. dan Orford, P.D. 1987. The gelation and crystallization of amylopectin. *Journal of Carbohydrate Research*. **162**:277-293.

- Sahaderan, N. 1987. Green fingers : A total commitment to the development of farming. Seremban: Sahaderan Publications Sdn. Bhd.
- Sair, L. 1964. Heat moisture treatment of starches. *Dalam Whistler, R.L. (ed) Methods of carbohydrate chemistry Volume 4*, hlm 283. New York: Academic Press.
- SAS Workshop–Multivariate Procedures. (Atas talian) <http://www.uiweb.uidaho.edu/ag/statprog/sas/workshops/multivariate/data.pdf>. Dicitak Julai 2006.
- Schoch, T.J. dan Maywald. E.C. 1968. Preparation and properties of various legume starches. *Journal of Cereal Chemistry*. **45**:564-573.
- Shamai, K., Bianco-Peled, H. dan Shimoni, E. 2003. Polymorphism of resistant starch type III. *Journal of Carbohydrates Polymers*. 54:363-369.
- Shannon, J. dan Garwood, D.L. 1984. Genetics and physiology of starch development. *Dalam Whistler, R.L., Bemiller, J.N. dan Paschall, E.F. (eds.). Starch: chemistry and technology*, hlm. 25. New York: Academic Press Inc.
- Sherry, X.X., Liu, Q. dan Cui, S.W. 2005. Starch modification and applications. *Dalam Cui, S.W. Food Carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications*, hlm. 357-445. Florida: CRC Press.
- Singh, J., McCarthy, O.J. and Singh, H. 2006. Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand taewa (Maori Potato) starches. *Journal of Carbohydrate Polymers*. **64**(4):569-581.
- Singhal, R.S. dan Kulkarni, P.R. 1990. Some properties of Amaranthus paniculatas (Rajgeera) starch pastes. *Journal of Starch/Starke*. **42**(1):5-7.
- Smith, R.J. dan Caruso, J.L. 1964. Determination of phosphorus. *Dalam Whistler, R.L. (ed) Methods in carbohydrate chemistry*, hlm 42. New York: Academic Press.
- Sriroth, K., Piyachomkwan, K., Wanlapatit, S. dan Oastes, C.G. 2000. Cassava starch technology. *Journal of Starch/Stärke*. **52**:439-449.
- Strauss, M.S. dan Griffin, G.J.L. 1984. Variability in taro, *Colocasia esculenta* starches: size, elation and amylose content. *Proceedings of the 6th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*, Lima, Peru. International Potato Center. 165-170.

- Tattiyakul, J., Asavasaksakul, S. dan P. Pasawadee. 2007. Chemical and physical properties of flour extracted from taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott grown in different regions of Thailand. *Journal of Starch-Stärke*. **59**(7):342-347.
- Tester, R.F. dan Morrison, W.R. 1990a. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. effect of amylopectin, amylose and lipids.. *Journal of Cereal Chemistry*. **67**:551-557.
- Tester, R.F. dan Morrison, W.R. 1990b. Swelling and gelatinization of cereal starches. II. waxy rice starches. *Journal of Cereal Chemistry*. **67**:558-563.
- Tian, Y., Xu, X., Xie, Z., Zhao, J. dan Jin, Z. 2011. Starch retrogradation determined by differential thermal analysis (DTA). *Journal of Food Hydrocolloids*. **25**:1637-1639.
- Torre-Gutiérrez, L.D.L., Chel-Guerrero, L.A. dan Betancur-Ancona, D. 2008. Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. *Journal of Food Chemistry*. **106**:1138-1144.
- Torruco-Uco, J. dan Betancur-Ancona, D. 2007. Physicochemical and functional properties of *makal* (*Xanthosoma yucatenensis*) starch. *Journal of Food Chemistry*. **101**(4):1319-1326.
- Tran, T. Dan Sriroth, K. 2008. Functional characteristics of cassava starch and methods of characterization. Proceedings of PCSI Cassava, Ogos 21, 2008, Bangkok, Thailand.
- United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2009. Plant Guide, TARO *Colocasia esculenta* L Schott Plant, Symbol COES. (Atas Talian) <http://www.docstoc.com/docs/3455340/Plant-Guide-TARO-Colocasia-esculenta-L-Schott-Plant-Symbol-COES>. Dicetak 10 Januari 2009.
- Vermeylen, R., Goderis, B. dan Delcour, J.A. 2006. An X-ray study of hydrothermally treated potato starch. *Journal of Carbohydrate Polymers*. **64**:364-37
- Wadchararat, C., Thongngam, M. dan Naivikul, Onanong. 2006. Characterization of pregelatinized and heat-moisture treated rice flours. *Journal of Natural Science*. **40**:144-153.
- Waduge, R.N., Hoover, R., Vasanthan, T., Gao, J. dan Li, J. 2006. Effect of annealing on the structure and physicochemical properties of barley starches of varying amylose content. *Journal of Food Research International*. **39**:59-77.

- Wang, L., Xie, B., Shi, J., Xue, S., Deng, Q., Wei, Y. dan Tian, B. 2010. Physicochemical properties and structure of starches from chinese rice cultivars. *Journal of Food Hydrocolloids*. **24**(2-3): 208-216.
- Watcharatewinkul, Y., Puttanlek, C., Rungsardthong, V. dan Uttapap, D. 2009. Pasting properties of a heat-moisture treated canna starch in relation to its structural characteristics. *Journal of Carbohydrate Polymers*. **75**:505-511.
- Wu, Y., Chen, Z., Li, X. dan Wang, Z. 2010. Retrogradation properties of high amylose rice flour and rice starch by physical modification. *Journal of LWT-Food Science and Technology*. **43**(3):492-497.
- Yadav, A.R., Guha, M., Tharanathan, R.N. dan Ramteke, R.S. 2006. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying techniques. *Journal of Lebensm-Wiss Technology*. **39**: 20-26.
- Yuan, R.C. dan Thompson, D.B. Freeze-thaw stability of three waxy maize starch pastes measured by centrifugation and calorimetry. *Journal of Cereal Chemistry*. **75**(4):571-573.
- Yue, W, Chen, Z., Li, X. dan Wang, Z. 2010. Retrogradation properties of high amylose rice flour and rice starch by physical modification. *Journal of Food Science and Technology*. **43**:482-497.
- Zavaraze, E.R., Storck, C.R., Castro, L.A.S., Schirmer, M.A. dan Dias, A.R.G. 2010. Effect of heat-moisture treatment on rice starch of varying amylose content. *Journal of Food Chemistry*. **121**:358-365.
- Zobel, H.F. 1988. Molecules to granules: A comprehensive starch review. *Journal of Starch/Starke*. **40**:44.
- Zobel, H.F. 1992. Starch. Dalam Alexander, R.J. dan Zobel, H.F. (eds.). *Developments in carbohydrate chemistry*, hlm. 1-33. St. Paul, MN: The American Association of Cereal Chemists.