

PENGEKSTRAKAN PEKTIN DARIPADA ALBEDO
BUAH LIMAU BALI (*Citrus grandis*)

LEE HOI FUANG

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2006

PENGEKSTRAKAN PEKTIN DARIPADA ALBEDO BUAH LIMAU BALI
(*Citrus grandis*)

LEE HOI FUANG

LATIHAN ILMIAH YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN
KEPUJIAN

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

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

APRIL 2006

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JL: PENGEKSTIRAKAN PERTIN DARIPADA ALBEDO BUAH LIMAU BALI (*Citrus grandis*).

AH: SARJANA MUDA SAINS (SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN).

SESI PENGAJIAN: 2005/2006

LEE HOI FUANG

(HURUF BESAR)

aku membenarkan tesis (LPS/ Sarjana/ Doktor Falsafah) ini di simpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dan 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 (/)

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

SULIT

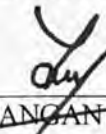
(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TERHAD

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh


(TANDATANGAN PENULIS)


(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: BT, 402, BEKSYEN 2,

KAMPUNG MAJU, SETAPAK

53300 KUALA LUMPUR.

HO AI LING

Nama Penyelia

Tarikh: 9/5/2006

Tarikh: 9/5/2006

PERHATIAN: * Potong yang tidak berkenaan.

* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi 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, 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.



LEE HOI FUANG

HN 2003 - 2435

13 April 2006



DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

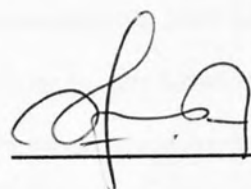
1. PENYELIA

(CIK HO AI LING)



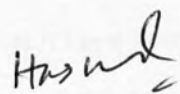
2. PEMERIKSA 1

(CIK NOR QHAIRUL IZZREEN MOHD. NOOR)



3. PEMERIKSA 2

(EN. HASMADI MAMAT)



4. DEKAN

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





PENGHARGAAN

Ribuan terima kasih dan setinggi-tingginya penghargaan dirakamkan kepada Cik Ho Ai Ling, selaku penyelia saya yang telah banyak membimbing, meluangkan masa untuk memberi tunjuk ajar serta nasihat yang tidak ternilai kepada saya sepanjang projek penyelidikan ini.

Ribuan terima kasih juga saya ucapkan kepada Dekan Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan (SSMP), Prof Madya Dr. Mohd. Ismail Abdullah dan semua pensyarah SSMP yang telah memberi didikan dan ajaran yang amat berguna sepanjang pengajian saya di Universiti Malaysia Sabah (UMS) dan sekalung budi penghargaan kepada pembantu makmal SSMP yang sudi meluangkan masa untuk membimbing kami semasa menjalankan kajian makmal.

Untuk rakan-rakan seperjuangan yang dikasihi, terima kasih saya ucapkan di atas segala pendapat yang membina dan sokongan moral yang tidak ternilai harganya serta bantuan yang dihulukan sepanjang kajian ini dijalankan.

Akhir sekali, tidak lupa kepada ibubapa yang dikasihi dan adik-beradik yang sentiasa memberi sokongan dan kasih sayang yang tidak terhingga. Ribuan terima kasih diucapkan sekali lagi kepada anda semua. Jasa baik anda semua akan saya abadikan.

ABSTRAK

Kajian penyelidikan ini dijalankan untuk mengekstrak pektin daripada albedo buah limau bali (*Citrus grandis*) melalui kaedah pengekstrakan secara pemendakan alkohol. Parameter yang berlainan iaitu jenis media pengekstrakan, suhu, masa dan bilangan pengekstrakan dikaji terhadap hasil perolehan dan sifat penjelan pektin. Perubahan dalam suhu, masa dan bilangan pengekstrakan secara signifikan mempengaruhi pengekstrakan pektin manakala jenis asid tidak memberi kesan yang signifikan kecuali kepekatan asid diambilkira. Hasil pektin yang maksimum diperolehi iaitu sebanyak 37.93% dengan merendamkan serbuk albedo limau bali ke dalam larutan asid hidroklorik (pH 1.27) dengan 2 kali pengekstrakan dan setiap kali pada suhu 80 °C selama 90 minit. Hasil perolehan yang tinggi diperolehi iaitu 27.17% and 26.50% apabila 0.20 M HCl and HNO₃ digunakan. Pengekstrakan pektin dengan 0.05, 0.10 dan 0.30 M HCl dan HNO₃ pada suhu 80 °C selama 60 minit menurunkan hasil perolehan pektin. Pengekstrakan pada suhu 100 °C adalah tidak sesuai kerana ia memberi hasil dalam perolehan hasil yang rendah. Kedua-dua pengekstrakan tunggal dan pengekstrakan yang berturutan adalah berbeza secara signifikan. Komposisi kimia untuk pektin yang diekstrak dan pektin sitrus komersial ditentukan dan dibandingkan. Berdasarkan kualiti, kandungan abu yang rendah dan kandungan kelembapan yang tinggi diperolehi dalam pektin albedo limau bali berbanding dengan pektin sitrus komersial. Kandungan metoksil yang diperolehi di bawah keadaan pengekstrakan optimum adalah 24.15% manakala nilai darjah pengesteran adalah 80.82%. Nilai sifat kimia ini mengategorikan pektin albedo limau bali sebagai pektin metoksil tinggi dengan warna kuning keperangan dan berada dalam had pektin berkualiti baik. Kesan kepekatan pektin ke atas sifat penjelan dan sinerisis jel juga dikaji dan dibandingkan dengan pektin sitrus komersial. Keputusan yang diperolehi menunjukkan bahawa pektin yang diekstrak daripada albedo limau bali mempunyai kelakuan set cepat yang akan meningkatkan kadar set jel berbanding dengan pektin sitrus komersial yang set lambat. Dapat diperhatikan juga penambahan kepekatan pektin meningkatkan kekuatan jel pektin. Tambahan lagi, penilaian kekuatan jel mendedahkan bahawa urutan kekuatan jel adalah pektin sitrus komersial melebihi albedo limau bali. Akhirnya, jel pektin albedo limau bali didapati berupaya untuk memegang air dengan baik dan kurang mengalami sinerisis berbanding dengan jel pektin sitrus komersial.



ABSTRACT**THE EXTRACTION OF POMELO (*Citrus grandis*) ALBEDO PECTIN**

*This research was done to extract the pectin from pomelo albedos (*Citrus grandis*) through the acidic extraction and precipitation of alcohol. Different parameters of acidic extraction were studied on yield and gelling properties of pectins from pomelo albedos. These parameters include type of acid, temperature, time and number of extraction. Changes in temperature, time and number of extraction significantly, affected the extraction of pectin whereas the type of acid had no effect except acid concentration is considered. Maximum pectin yield was 37.93%, which was obtained on soaking finely ground pomelo albedos in hydrochloric acid solution of pH 1.27 with twice extraction at 80 °C for 90 minutes every times. Highest yields of 27.17% and 26.50% were obtained when the acid strength was 0.20 M for HCl and HNO₃ respectively. Extraction of pectin with 0.05, 0.10 and 0.30 M HCl and HNO₃ at 80 °C for 60 minuted reduced pectin yield. A acidic extraction at 100 °C is unsuitable due to results in low recovery of yield. Both single extractions and sequential extractions appear to act significantly of each other. Chemical components of the extracted pectin and that of commercial citrus pectin were determined and compared. Based on the quality, lowest ash and high moisture content were obtained in pomelo albedo pectins as compared with those of the commercial citrus pectin. The methoxyl contents of pectin obtained under these optimum extraction conditions were 24.15% while the degree of esterification value was 80.82%. These chemical characteristics values categorized pomelo albedo pectin as high metoxyl pectin with yellow brownish color and within the accepted limit of good quality pectin. Also, the effect of pectin concentrations on gelling properties and syneresis of the gels were investigated and compared with those of the commercial citrus pectin. The results indicate that the extracted pomelo albedo pectin have a rapid set behavior which increased the setting rates of gel compared with slow set commercial citrus pectin. It was also observed that addition of pectin concentration increased the gel strength of pectin. Furthermore gel strength measurements revealed that the gel strength order was commersial citrus better than pomelo albedo pectin. Finally, pomelo albedo pectin gel has better water holding capacity than commercial citrus pectin gel.*



KANDUNGAN

	HALAMAN
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI PERSAMAAN	xiii
SENARAI SINGKATAN	xiv
SENARAI SIMBOL	xv
SENARAI LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif	4
BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Agen Penjelan	5
2.1.1 Definisi Pektin	5
2.1.2 Struktur Pektin	7
2.1.3 Perubahan kandungan protopektin dan pektin sepanjang peranakan buah	10
2.1.4 Sifat fizikal dan kimia pektin	11
2.2 Ciri-ciri Pektin	13
2.2.1 Darjah pengesteran	13
2.2.2 Pembentukan jel	13
2.2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan jel	15
2.2.3.1 pH	15



2.2.3.2 Suhu	15
2.2.3.3 Keterlarutan	16
2.2.3.3.1 Pencampuran pada kelajuan tinggi	16
2.2.3.3.2 Pencampuran dengan gula	17
2.2.3.3.3 Kelikatan	17
2.2.3.4 Masa set (<i>setting time</i>)	17
2.2.3.5 Kepekatan <i>cosolutes</i> (gula)	18
2.2.3.6 Kepekatan ion kalsium (Ca^{2+})	19
2.2.3.7 Jenis pektin	19
2.2.3.8 Darjah pengamidatan	20
2.3 Jenis Pektin	20
2.3.1 Pektin metoksil tinggi	21
2.3.2 Pektin metoksil rendah	25
2.3.3 Perbezaan antara pektin metoksil tinggi dan rendah	28
2.4 Proses Penghasilan Pektin	28
2.5 Kegunaan Pektin	30
2.5.1 Kegunaan pektin dalam industri makanan	31
2.5.1.1 Jem dan Jeli	31
2.5.1.2 Buah-buahan bertin dan jus buah-buahan	33
2.5.1.3 Minuman berkalori rendah	33
2.5.1.4 Produk konfeksioneri	34
2.5.1.5 Produk tenusu dan yogurt	35
2.5.1.6 Produk serbaneka	35
2.5.2 Kegunaan pektin dalam industri ubat-ubatan	36
2.6 Pektin Komersial	37
2.6.1 Pektin hampas epal	38
2.6.2 Pektin sitrus	40
2.6.3 Pektin daripada bit gula	41



2.6.4 Pektin daripada bunga matahari	43
2.7 Buah Limau Bali	44
BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH	50
3.1 Penyediaan Sampel	50
3.1.1 Pra-perlakuan	50
3.2 Penyediaan Larutan	52
3.2.1 Larutan 70% etanol	52
3.2.2 Larutan 70 % etanol berasid HCl	52
3.2.3 Larutan 70 % etanol berasid HNO ₃	52
3.2.4 Air suling bebas CO ₂	52
3.3 Kaedah Pengekstrakan Pektin	52
3.3.1 Faktor pengekstrakan	53
3.3.1.1 Jenis media pengekstrakan	53
3.3.1.1.1 Pengekstrakan dengan asid hidroklorik	53
3.3.1.1.2 Pengekstrakan dengan asid nitrik	55
3.3.1.2 Masa pengekstrakan	55
3.3.1.3 Suhu pengekstrakan	55
3.3.1.4 Bilangan pengekstrakan	56
3.4 Analisis	57
3.4.1 Penentuan kandungan kelembapan	57
3.4.2 Penentuan kandungan abu	58
3.4.3 Komposisi hidrokoloid	59
3.4.3.1 Penentuan kandungan metoksil	59
3.4.3.2 Penentuan darjah pengesteran	59
3.4.4 Penentuan warna pektin	60
3.4.5 Penyediaan jel	60
3.4.5.1 Penentuan suhu set	61
3.4.5.2 Penentuan masa set	61
3.4.5.3 Penentuan pH jel	61



3.4.5.4 Penentuan jumlah pepejal terlarut ($^{\circ}$ Briks)	62
3.4.6 Penentuan sinerisis jel	62
3.4.7 Penentuan kekuatan jel	63
3.5 Analisis Statistik	63
BAB 4 HASIL DAN PERBINCANGAN	64
4.1 Hasil Perolehan Pektin	64
4.1.1 Jenis media pengekstrakan	64
4.1.2 Masa pengekstrakan	68
4.1.3 Suhu pengekstrakan	69
4.1.4 Bilangan pengekstrakan	72
4.2 Keadaan Optimum untuk Pengekstrakan Pektin daripada Albedo Limau Bali	73
4.3 Analisis Fizikokimia Pektin	74
4.3.1 Penentuan kandungan kelembapan	74
4.3.2 Penentuan kandungan abu	76
4.3.3 Penentuan kandungan metoksil	77
4.3.4 Penentuan darjah pengesteran	78
4.3.5 Penentuan warna pektin	80
4.3.6 Penentuan sifat penjelan	81
4.3.6.1 Penentuan suhu set	82
4.3.6.2 Penentuan masa set	83
4.3.6.3 Penentuan pH jel	85
4.3.6.4 Penentuan jumlah pepejal terlarut	86
4.3.7 Penentuan sinerisis jel	88
4.3.8 Penentuan kekuatan jel	91
BAB 5 KESIMPULAN	93
5.1 Cadangan	94
RUJUKAN	95
LAMPIRAN	



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Kandungan pektin bagi pelbagai jenis tumbuh-tumbuhan	11
2.2	Kategori pektin metoksil tinggi (sitrus) dengan darjah pengesteran, masa set dan suhu set	24
2.3	Kandungan pektin beberapa buah-buahan tropikal	38
2.4	Keluasan tanaman limau bali di Semenanjung Malaysia (1996–1998)	47
2.5	Keluasan tanaman, kawasan penghasilan dan jumlah penghasilan limau bali di Malaysia pada tahun 2000	48
2.6	Komposisi zat makanan dalam limau bali	49
3.1	Jenis asid yang digunakan dalam pengekstrakan pektin dengan kepekatan dan pH yang sepadannya	53
3.2	Formulasi jel pektin	61
4.1	Hasil pengekstrakan pektin dengan menggunakan asid hidroklorik sebagai media pengekstrakan pada empat kepekatan yang berlainan	65
4.2	Hasil pengekstrakan pektin dengan menggunakan asid nitrik sebagai media pengekstrakan pada empat kepekatan yang berlainan	66
4.3	Kesan masa pengekstrakan terhadap hasil perolehan pektin	69
4.4	Kesan suhu pengekstrakan terhadap hasil perolehan pektin	70
4.5	Kesan bilangan pengekstrakan terhadap hasil perolehan pektin	72
4.6	Komposisi kimia dalam pektin limau bali dan pektin sitrus komersial	74
4.7	Warna pektin untuk kedua-dua pektin albedo limau bali dan sitrus komersial	81
4.8	Sifat penjelan pektin yang diperolehi daripada pektin albedo limau bali dan pektin sitrus komersial dengan kepekatan pektin yang berbeza	82
4.9	Kesan kepekatan pektin dalam formula jel terhadap peratus sinerisis selepas 12 hari	89
4.10	Kesan kepekatan pektin terhadap kekuatan jel	91

SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
2.1	Pektin merupakan polimer asid α -galakturonik dengan nombor kumpulan metil ester yang berbeza	8
2.2	Asid galakturonik yang terikat dalam posisi axial	9
2.3	Kehadiran rantai sisi pada tulang belakang pektin	10
2.4	Jenis-jenis pektin	21
2.5	Struktur pektin metoksil tinggi	22
2.6	Model ringkas tentang rangkaian molekul bagi jel pektin	22
2.7	Struktur kawasan persimpangan dalam jel pektin metoksil tinggi	23
2.8	Struktur pektin metoksil rendah	25
2.9	Struktur pektin metoksil rendah amida	26
3.1	Carta alir bagi pra-perlakuan yang dijalankan ke atas sampel albedo limau bali	51
3.2	Carta alir bagi pengekstrakan pektin daripada sampel albedo buah limau bali dengan kaedah pengekstrakan secara pemendakan dengan alkohol	54
4.1	Kesan kepekatan pektin terhadap sinerisis jel pektin albedo limau bali	90
4.2	Kesan kepekatan pektin terhadap sinerisis jel pektin sitrus komersial	90



SENARAI PERSAMAAN

No. Persamaan		Halaman
3.1	Penentuan kandungan kelembapan	57
3.2	Penentuan kandungan abu	58
3.3	Penentuan kandungan metoksil	59
3.4	Penentuan darjah pengesteran	60
3.5	Penentuan sinerisis jel	63



SENARAI SINGKATAN

ANOVA	Analysis of variance
HCl	Asid hidroklorik
HNO ₃	Asid nitrik
IPPA	International Pectin Producers Association
MARDI	Malaysia Agriculture Research & Development Institute
SPSS	Statistical Package of Science Social



SENARAI SIMBOL

cm	Centimeter
g	Gram
°C	Darjah celsius
°Briks	Darjah Briks
%	Peratus
L	Liter
m	Meter
min	Minit
mg	Miligram
mL	Mililiter
M	Molar
\$	US dolar
RM	Ringgit Malaysia
s	Saat
w/w	Berat per berat



SENARAI LAMPIRAN

No. Rajah		Lampiran
1	Gerai Encik Qwek, pembekal sampel albedo limau bali, di Pasar Tamu, Kota Kinabalu	A
2	Sampel albedo limau bali (<i>Citrus grandis</i>)	A
3	Sampel albedo limau bali dalam bentuk kiub kecil	B
4	Sampel albedo limau bali yang telah diberi pra-perlakuan	B
5	Sampel albedo limau bali yang telah diberi pra-perlakuan (pandangan atas)	C
6	Sampel albedo limau bali yang telah dikisar halus menjadi Serbuk	C
7	Pemanasan sampel dengan 0.20 M HCl	D
8	Pemendakan sampel dengan larutan 95% etanol	D
9	Serbuk pektin albedo limau bali (sebelah kiri) dan serbuk pektin sitrus komersial (sebelah kanan)	E
10	Jel yang dihasilkan daripada pektin albedo limau bali yang diekstrak dengan kepekatan pektinnya	E
11	Jel yang dihasilkan daripada pektin sitrus komersial dengan kepekatan pektinnya.	F
12	Jel yang dihasilkan disimpan dalam <i>stringer</i> dengan pembalut plastik	F
13	Jel yang berdiameter 30 mm dan 20 mm tinggi dipotong dan disimpan dalam bekas plastik.	G

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Permintaan hidrokoloid dalam pasaran didapati semakin meningkat pada masa kini. Menurut Sahin & Ozdemir (2004), hidrokoloid adalah polisakarida yang larut dalam air dengan berat molekul tinggi yang mempunyai pelbagai fungsi dalam sistem makanan seperti meningkatkan viskositi dan tekstur. Sumber utama hidrokoloid tumbuhan termasuk kanji, selulosa, galaktomannan, karrageenan, alginat dan pektin serta produknya (Vardhanabhuti & Ikeda, 2005). Setiap jenis hidrokoloid mempunyai ciri-ciri yang berbeza.

Pektin adalah polisakarida kompleks yang terdapat di dinding sel tumbuhan. Ia berfungsi sebagai agen penghidratan untuk rangkaian selulosa serta memainkan peranan yang penting dalam pergerakan air dan bendalir dalam tumbuh-tumbuhan (Beli, Rakesh & Aviar, 1997). Di samping itu, ia juga bertindak sebagai agen pelekat pada kebanyakan buah-buahan dan sayur-sayuran (Bernard, Muhr & Gough, 1990). Pektin boleh didapati pada lapisan interselular antara sel primer dan sel penyambung. Selain itu, pektin juga banyak didapati di lapisan lamella tetapi semakin berkurang dari sel primer kepada membran plasma. Tumbuhan bertisu lembut yang didedahkan kepada kandungan air yang tinggi semasa pertumbuhan adalah kaya dengan pektin (Beli, Rakesh & Aviar, 1997).

Perubahan dalam tekstur buah-buahan dan sayur-sayuran adalah berkait dengan perubahan komponen pektik. Secara umumnya, pektin mengalami proses hidrolisis daripada protopektin yang tidak larut air berubah kepada pektin yang larut air oleh tindakan enzim sepanjang proses peranakan. Struktur pektin yang kompleks dan penahanannya oleh kebanyakan gen tumbuhan untuk mensintesis pektin menunjukkan bahawa pektin mempunyai fungsi yang pelbagai dalam pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan (Ridley, O' Neill & Mohnen, 2001).

Menurut Perez, Mazeau, & Penhoat (2000), komposisi, struktur dan sifat fisiologi pektin berkemungkinan dipengaruhi oleh keadaan pengekstrakan, sumber, lokasi dan faktor persekitaran yang lain. Lazimnya, pengekstrakan pektin yang berturutan dengan menggunakan pelbagai agen kimia seperti EDTA, CDTA, ammonium oxalate, natrium karbonat, natrium hidroksida dan asid hidroklorik digunakan dengan meluas untuk pemecahan pektin. Enzim dan asid kuat juga digunakan secara komersial dalam pengekstrakan pektin (Jun *et al.*, 2005).

Menurut Peraturan Makanan 1985 dan Akta Makanan 1983, Peraturan 1 menyatakan bahawa pektin hendaklah hasil yang diperolehi melalui pengekstrakan asid cair dari epal, kulit buah-buahan sitrus atau buah-buahan lain, manakala Peraturan 2 pula menyatakan bahawa penghasilan pektin meliputi beberapa proses iaitu proses pengekstrakan kulit sitrus secara asid, diikuti dengan proses pemendakan dengan alkohol dan penapisan.

Ramai penyelidik telah membuat kajian dalam komposisi dan sifat fiziko-kimia pektin daripada pelbagai buah-buahan dan sayur-sayuran seperti hempas epal, buah sitrus, kulit anggur, mangga, *soy hull*, chalkurma, quince Jepun dan plum (Jun *et al.*, 2005). Selain itu, terdapat sumber lain seperti betik, jambu batu, buah markisah, biji bunga matahari, hasil sampingan gula bit (Normah, 1995) serta fiber ubi kentang.

RUJUKAN

- Akta Makanan 1983 & Peraturan-peraturan makanan 1985. Selangor Darul Ehsan: International Law Book Services. Pindaan hingga 20 Jun 2003.
- Anon, 2002. *Siri Ensiklopedia Tumbuhan: Tanaman Buah-buahan*. Selangor Darul Ehsan: Penerbitan PCT Sdn Bhd. 30 – 31.
- Anon, 2005a. *Process for The Preparation of high Grade Pectin from Food Industry Waste (Citrus Peel)*.
<http://www.barc.ernet.in/webpages/technologies/pectin.html>.
- Anon. 2005b. Solubility. <http://www.cpkelco.com/pectin/solubility.html>.
- AOAC. 1992. *Official methods of analysis* (16th edition). Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Arenaz, M. F. & Lozano, J. E. 1998. Measurement of gelpoint temperature and modulus in pectin gels. *Journal of Food Science*. **63**: 979 – 982.
- Axelos, M. A. V., & Thibault J. F. 1991. The Chemistry of Low-Methoxyl Pectin Gelation. Walter R. H (ed.). *The Chemistry and Technology of Pectin*. Amerika Syarikat: Academic Press, Inc. 109 – 118.
- Baig, M. M. & Cerda, J. J. 1981. Fishman, M. L. & Jen, J. J (ed.). 1986. *Chemistry and Function of Pectins*. Washington: American Chemical Society. 248 – 265.
- Barrera, A. M. 2002. Effect of pectins on the gelling properties of surimi from silver carp. *Food Hydrocolloids*. **16** (5): 441 – 447.
- Bartley, K. & Reiser, S. 1986. The chemistry of textural changes in fruit during storage. *Food Chemistry*. **9**: 47 – 58.
- Behall, K. & Reiser, S. 1986. Effects of Pectin on Human Metabolism. Fishman, M. L. & Jen, J. J (ed.). *Chemistry and Function of Pectins*. Washington: American Chemical Society. 248 – 265.
- Beli, R. T., Rakesh, K. S. & Aviar, K. H. 1997. Chemistry and uses of pectin. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **37** (1): 47 – 79.
- BeMiller, J. N. 1986. An Introduction to Pectins: Structure and Properties. Fishman, M. L. & Jen, J. J (ed.). *Chemistry and Function of Pectins*. Washington: American Chemical Society. 2 – 12.
- Bernard, W. M. 1970. *Chocolate, Cocoa and Confectionery Science and Technology*. Bath: Pritman Press.
- Bernard, J. M., Muhr, A. H. & Gough, A. 1990. *Crystallization from concentrated sucrose solution, water relation in foods*. New York: Plenum Press.
- Braga, A. L. M. & Cunha, R. L. 2005. The effect of sucrose on unfrozen water and syneresis of acidified sodium caseinate-xanthan gels. *International Journal of Biological Macromolecules*. **36** (1–2): 33 – 38.



- Burdock, G. A. 1997a. *Encyclopedia of Food and Color Additives*. Jld. 2. Amerika Syarikat: CRC Press, Inc.
- Burdock, G. A. 1997b. *Encyclopedia of Food and Color Additives*. Jld. 3. Amerika Syarikat: CRC Press, Inc.
- Buren, J. P. V. 1991. Function of Pectin in Plant Tissue Structure and Firmness. Walter, R. H (ed.). *The Chemistry and Technology of Pectin*. Amerika Syarikat: Academic Press, Inc. 1 – 22.
- Chang, K. C. *et al.* 1994. Sunflower Head Residu Pectin Extraction as Affected by Physical Conditions. *Journal of Food Science*. **59**: 1207 – 1210.
- Chang, Y. S. & Smit, C. J. B. 1973. Characterization of Pectins Isolated from Soft and Firm Fleshed Peach Varieties. *Journal of Food Science*. **38**: 163 – 165.
- Chin, H. F. 1980. *Malaysians Fruits in Colour*. Kuala Lumpur: Tropica Press Sdn. Bhd. 45.
- Crandall, P. G. & Wicker, L. 1986. Pectin Internal Gel Strength: Theory, Measurement, and Methodology. Fishman, M. L. & Jen, J. J (ed.). *Chemistry and Function of Pectins*. Washington: American Chemical Society. 89 – 102.
- Dinu, D. 2001. Extraction and characterization of pectins from wheat bran. *Roumanian BiotechnologyLetter*. **6**: 37 – 43.
- Doesburg, J. J. & Grevers, G. 1960. Setting time and setting temperature of pectin jellies. *Food Research*. **25**: 634 – 645.
- Endress, H. U. & Mattes, F., 2003. Rheological Characterization of Gum and Jelly Products. Voragen, F., Schols, H. & Visser, R (ed.). *Advances in Pectin and Pectinase Research*. 449 – 465.
- Ensminger, M. E. *et al.* 1995. *The Concise Encyclopedia of Foods & Nutrition*. Amerika Syarikat: CRC Press, Inc.
- Fishman, M. L. *et al.*, 2003. A comparison of lime and orange pectin which were rapidly extracted from albedo. Voragen, F., Schols, H. & Visser, R (ed.). *Advances in Pectin and Pectinase Research*. 107 – 122.
- Flutto, L. 2003a. Food Use. Caballero, B., Trugo, L. C. & Finglas, P. M (ed.). *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (2nd edition). Jld 7. UK: elsevier Science Ltd. 4449 – 4455.
- Flutto, L. 2003b. Properties and Determination. Caballero, B., Trugo, L. C. & Finglas, P. M (ed.). *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (2nd edition). Jld 7. UK: elsevier Science Ltd. 4440 – 4449.
- Glicksman, M. 1969. Pectins. Glicksman, M (ed.). *Gum Technology in the Food Industry*. Amerika Syarikat: Academic Press, Inc. 159 – 190.
- Graham, R. P. & Shepherd, A. D. 1953. Pectin production—Pilot plant production of low- methoxyl pectin from citrus peel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **1** (16): 993 – 1001.



- Gross, M. O., Rao, V. N. M. & Smit, C. J. B. 1980. Rheological characterization of low-methoxyl pectin gel by normal creep and relaxation. *Journal of Texture Studies*. **11**: 271 – 290.
- Herbstreith & Fox, 2004. <http://www.herbstreith-fox.com>.
- Hodgson, A. S., & Kerr, L. H. 1991. Tropical Fruit Products. Walter R. H (ed.). *The Chemistry and Technology of Pectin*. Amerika Syarikat: Academic Press, Inc. 67 – 86.
- Hoeffler, A. C. 1998. Chemistry, Functionality and Applications. <http://www.herc.com/foodgums.html>.
- Hulme, A. C. 1970. *The Biochemistry of Fruits and Their Products*. London: Academic Press.
- Hwang, J. K., Kim, C. J. & Kim, C. T. 1998. Extrusion of Apple Pomace Facilitates Pectin Extraction. *Journal of Food Science*. **63**: 841 – 844.
- Iglesias, M. T. & Lozano, J. E. 2005. Extraction and characterization of sunflower pectin. *Journal of Food Engineering*. **62** (3): 215 – 223.
- IPPA. 2001. *Facts About Pectin*. http://www.ippa.info/types_of_pectin.htm.
- Jabatan Pertanian Malaysia. 2005. *Fakta Limau Bali*. <http://agrolink.moa.my/doa/bdc/fruits/pomelo/balifakta.html>.
- Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia. 2003. www.doa.gov.my.
- Jitra, S. H. *et al.* 2005. Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noy pectin. *Food Hydrocolloids*. **19** (5): 793 – 801.
- Jun, H. *et al.* 2005. Characterization of the pectic polysaccharides from pumpkin peel. *LWT - Food Science and Technology*. Article in Press.
- Kalapathy, U. & Proctor, A. 2001. Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. *Food Chemistry*. **73** (4): 393 – 396.
- Kertesz, Z. I. 1951. *The Pectic Substances*. Amerika Syarikat: Interscience Publishers, Inc. 401 – 462.
- Kim, W. C. *et al.* 2000. Physicochemical Characterization of Pectin Extracted from Cheju Mandarin (*Citrus unshiu*) Peels with Citric Acid. *Food Sci. Biotechnol.* **9** (2): 95 – 98.
- Kim, W. C. *et al.* 2004. Optimization of narirutin extraction during washing step of the pectin production from citrus peels. *Journal of Food Engineering*. **63** (2): 191 – 197
- Kratchanova, M. Pavlova, E. & Panchev, I. 2004. The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. *Carbohydrate Polymers*. **56** (2): 181– 185.



- Leong, S. M. 2004. *Pengekstrakan pektin daripada kulit pisang tanduk (Nusa paradisiaca)*. Kota Kinabalu: Universiti Malaysia Sabah.
- Levigne, S., Ralet, M. C. & Thibault, J. F. 2002. Characterisation of pectins extracted from fresh sugar beet under different conditions using an experimental design. *Carbohydrate Polymers*. **49** (2): 145 – 153.
- Liu, Y. *et al.* 2002. Influence of harvest time on citrus pectin and its in vitro inhibition of fibroblast growth factor signal transduction. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **82**: 469 – 477.
- Lozano, J. E. *et al.* 2002. Characterization of pectin extracted from sunflower head residues. *Annual Meeting and Food Expo - Anaheim, California*.
- Malaysian Tropical Fruit Information System. 2003. Pomelo. www.myfruits.org.
- May, C. D. 1999. Pectins. Imeson, A (ed.). *Thickening and Gelling Agents for Food*. (2nd edition). Amerika Syarikat: Aspen Peblisers, Inc.
- Mesbahi, G., Jamalain, J. & Farahnaky, A. 2005. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. *Food Hydrocolloids*. **19** (4): 731 – 738.
- Minifie, B. W. 1989. *Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Mitchell, J. G. 1975. Rheology of Gels. *Journal of Texture Studies*. **7**: 313 – 339.
- Miyamoto, A. & Chang, K. C. 1992. Extraction and physicochemical characterization of pectin from sunflower head residues. *Journal of Food Science*. **57** (6): 1439 – 1443.
- Mohd. Ali Sahari, Ali Akbarian M. & Manuchehr Hamedi. 2003. Effect of variety and acid washing method on extraction yield and quality of sunflower head pectin. *Food Chemistry*. **83** (1): 43 – 47.
- Nagy, S., Eshaw, P. & Veldhuis, M. 1977. Specialty Citrus Products. Vagy, S., Eshaw, P. & Veldhuis, M (ed.). *Citrus Science and Technology: Fruit production, Processing Practices, Derived Products and Personnel Management*. Jld 2. Amerika Syarikat: AVI Publishing Company, Inc.
- National Formulary Committee, 1960. *National Formulary*. (11th edition). Washington: American Pharmaceutical Assoc.
- Normah, O. 1995. *Pektin: Penghasilan dan kegunaan*. Teknologi Makanan, Mardi. Jld. 14. Kuala Lumpur: Institut Penyelidikan dan Kemajuan Malaysia. 5 – 10.
- Oakenfull, D. G. 1991. The Chemistry of High-Methoxyl Pectin Gelation. Walter, R. H (ed.). *The Chemistry and Technology of Pectin*. Amerika Syarikat: Academic Press, Inc. 87 – 108.
- O' Connor, M. 1999. Jam Jelly Ingredients. <http://www.degussa.com/texturantsystem/productoverview/pectin.html>.

- Owens, H. S. *et al.* 1952. Methods used at western regional research laboratory for extraction of pectic materials. Vardhanabhuti, B. & Ikeda, S (ed.). Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (*Cissampelos pareira*) leaves. *Food Hydrocolloids*. Article in Press.
- Pagan, J. & Ibarz, A. 1999. Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace. *Journal of Food Engineering*. **39** (2): 193 – 201.
- Pagán, J. *et al.* 2001. Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace. *Food Research International*. **34** (7): 605 – 612.
- Perez, K., Mazeau & Penhoat, C. H. 2000. The three-dimensional structures of the pectic polysaccharides. *Plant Physiology and Biochemistry*. **38**: 37 – 55.
- Pilgrim, G. W., Walter, R. H. & Oakenfull, D. G. 1991. Jams, Jellies, and Preserves. Walter R. H (ed.). *The Chemistry and Technology of Pectin*. Amerika Syarikat: Academic Press, Inc. 24 – 50.
- Poedijono, N. 1995. *Prinsip Analisis Makanan*. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Pomeranz, Y. & Meloan, C. E. 1994. *Food Analysis Theory & Practice*. New York: Int. Thomson Publishing.
- Pressey, R. 1986. Polygalacturonases in Higher Plants. Walter, R. H (ed.). *The Chemistry and Technology of Pectin*. Amerika Syarikat: Academic Press, Inc. 157 – 174.
- Ridley, B. L., O' Neill, M. A. & Mohnen, D. 2001. Pectins: structure, biosynthesis and oligogalacturonide-related signaling. *Phytochemistry*. **57**: 929 – 967.
- Rolin, C. 1993. Pectin. Whistler, R. L., dan BeMiller, J. N. *Industrial Gums: polysaccharides and Their Derivatives*. (3rd edition). Amerika Syarikat: Academic Press, Inc. 257 – 293.
- Rouse, A. H. 1977. Pectin: Distribution, Significance. Nagy, S., Shaw, E. P., dan Veldhuis, M. K (ed.). *Citrus Science and Technology: Nutrition, Anatomy, Chemical Composition and Bioregulation*. Jld. 1. Amerika Syarikat: AVI Publishing Company, Inc. 110 – 207.
- Rukayah Aman. 1999. *Buah-buahan Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Saeed, A. R. 1975. Characterization of Pectic Substances In Mango Marc. *Journal of Food Science*. **40**: 205 – 206.
- Sahin, H. & Ozdemir, F. 2004. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. *Food Hydrocolloids*. **18** (6):1015 – 1022.
- Samuel, L. & Elisabeth, G. 2002. The effect of sugar and pectin on flavour release from fruit pastille model system. *Food Chemistry*. **80**. 2003.

- Schieber, A. *et al.* 2003. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. **4** (1): 99 – 107.
- Sharma, S. K., Liptayb, A. & Magnerc, M. L. 1998. Molecular characterization, physico-chemical and functional properties of tomato fruit pectin. *Food Research International*. **30** (1): 543 – 547.
- Smit, C. J. B., Nelson, D. B. & Wiles, R. R. 1977. Commercially Important Pectic Substances. Graham, H. D (ed.). *Food Colloids*. Amerika Syarikat: AVI Publishing Company, Inc. 419 – 435.
- Sudhakar, D. V. & Maini, S. B. 1995. pectin from fruit processing waste - A review. *Indian Food Packer*. 39 – 40.
- Sudhakar, D. V. & Maini, S. B. 2000. Isolation and Characterization of Mango Peel Pectins. *Journal of Food Processing Preservation*. **24**: 209 – 227.
- Thakur, B. R., Singh, R. K. & Handa, A. K. 1997. Chemistry and Uses of Pectin - A Review. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. **37** (1): 47 – 73.
- Thibault, J. F., Guillon, F. & Rombouts, F. M. 1991. Gelation of Sugar Beet Pectin by Oxidative Coupling. Walter R. H (ed.). *The Chemistry and Technology of Pectin*. Amerika Syarikat: Academic Press, Inc. 119 – 134.
- Thibault, J. F. & Ralet, M. C. 2003. Physico-chemical properties of pectins in the cell walls and after extraction. Voragen, F., Schols, H. & Visser R (ed.). *Advances in Pectin and Pectinase Research*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 91 – 105.
- Tovar, J. *et al.* 2002. Resistant starch formation does not parallel syneresis tendency in different starch gels. *Food Chemistry*. **76** (4): 455 – 459.
- Towle, G. A. & Christensen, O. 1973. Pectin. Whistler, R. L (ed.). *Industrial Gums: Polysaccharides and Their Derivatives*. (2nd edition). Amerika Syarikat: Academic Press, Inc. 429 – 455.
- Tsoga, A., Richardson, R. K. & Morris, E. R. 2004. Role of cosolutes in gelation of high-methoxy pectin. Part 1. Comparison of sugars and polyols. *Food Hydrocolloids*. **18** (6): 907 – 919.
- Turmucin, F., Ugan, S. & Yildiz, F. 1983. Pectin production from sunflower heads. *METU J. Pure Applied Sci*. **16** : 263 – 276.
- Turquois, T. *et al.* 1999. Extraction of highly gelling pectic substances from sugar beet pulp and potato pulp: influence of extrinsic parameters on their gelling properties. *Food Hydrocolloids*. **13** (3): 255 – 262.
- Vardhanabuthi, B. & Ikeda, S. 2005. Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (*Cissampelos pareira*) leaves. *Food Hydrocolloids*. Article in Press.
- Walkinshaw, M. D. & Amott, S. 1981. Conformations and interactions of pectins. II. Models for junction zones in pectinic acid and calcium pectate gels. *Journal of Molecular Biology* **153**: 1075 – 1085.

- Wehr, J. B., Menzies, N. W. & Blamey, F. P. C., 2004. Alkali hydroxide-induced gelation of pectin. *Food Hydrocolloids*. **18** (3): 375 – 378.
- Willats, W. G. T., Knox, J. P. & Mikkelsen, J. D. 2005. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*. Article in Press.
- Zamora, A. 2005. *Carbohydrates - Chemical Structure*
<http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html>.

