

KESAN GAM XANTAN KE ATAS MODEL SOS YANG MENGGUNAKAN KANJI JAGUNG BERLILIN TERUBAHSUAI KOMERSIAL

LOW SOO FERN

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

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

**SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2013**



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: KESAN GAM XANTAN KE ATAS MODEL SOS YANG MENGGUNAKAN KANJI JAGUNG BERLILIN TERUBAHSUAI KOMERSIAL

TAZAH: SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN (TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)

SESI PENGAJIAN: 2009 / 2010

Saya LOW SOO FERN

(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

Low

(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: 73, LORONG 6,

TAMAN MELATI, 08000

SUNGAI PETANI, KEDAH

Brunley

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Dr Lee Jau Shya

Nama Penyelia

Tarikh: 23 Aug 2013

Tarikh: _____

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

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

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



PENGAKUAN

Saya mengakui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan, ringkasan, dan tiap-tiap rujukan yang telah saya jelaskan sumbernya.

30 May 2013

Fern

LOW SOO FERN

BN09110159



PENGESAHAN

NAMA : LOW SOO FERN

NO. MATRIK : BN09110159

TAJUK : KESAN GAM XANTAN KE ATAS MODEL SOS YANG
MENGGUNAKAN KANJI JAGUNG BERLILIN
TERUBAHSUAI KOMERSIAL

IJAZAH : IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN
KEPUJIAN (TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)

TARIKH VIVA : 26 JUN 2013

DIPERAKUI OLEH

TANDATANGAN

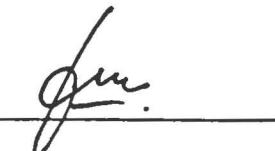
1. PENYELIA

DR. LEE JAU SHYA



2. PEMERIKSA 1

DR. NOORAKMAR AB. WAHAB



3. PEMERIKSA 2

PROF. MADYA DR. CHYE FOOK YEE



4. DEKAN

PROF. MADYA DR. SHARIFUDIN MD. SHAARANI



PENGHARGAAN

Pertama sekali, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada Dr. Lee Jau Shya, selaku penyelia projek tahun akhir saya atas segala tunjuk ajar dan bantuan yang diberikan sepanjang tempoh penyiapan projek ini.

Di samping itu, ribuan terima kasih saya ucapkan kepada semua kakitangan dan, pihak pengurusan Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan (SSMP). Sekalung budi diucapkan kepada para pembantu makmal SSMP atas segala bantuan dan kerjasama yang diberikan sepanjang tempoh penyiapan projek tahun akhir ini.

Saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada semua rakan-rakan seperjuangan saya yang telah banyak membantu dan memberi sokongan kepada saya sepanjang projek tahun akhir ini dijalankan.

Akhirnya, ribuan terima kasih saya ucapkan kepada ahli keluarga saya yang banyak memberi dorongan dan sokongan kepada saya selama empat tahun pengajian saya di Universiti Malaysia Sabah.

Sekian, terima kasih.

Low Soo Fern

30 May 2013

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan dengan menggunakan formulasi model sos umum yang digunakan oleh industri untuk mengkaji kesan masa pegangan (3, 24, and 44 minit) dan kesan kepekatan gam xantan (0.00, 0.05 and 0.10%) ke atas dua kanji jagung berlilin terubahsuai komersial berpaut-silang (C*Tex 06205 dan Clearam® CH 20 20) pada pH 3.5 dan 4.5. Kanji jagung berlilin asli merupakan kawalan dalam kajian ini. Masa pegangan yang panjang meningkatkan kemunduran dan kelikatan akhir kebanyakan kanji yang diproseskan oleh alat *Rapid Visco-Analyser* pada pH 3.5 dan 4.5. Penambahan gam xantan telah meningkatkan kelikatan puncak dan kelikatan akhir semua kanji pada kedua-dua pH hasil daripada pembentukan gel oleh gam xantan semasa penyejukan. Pada kedua-dua pH, granul kanji terubahsuai didapati semakin besar dengan peningkatan masa pegangan di bawah perhatian mikroskopik cahaya. Pembengkakan granul semua kanji dihalang oleh kehadiran gam xantan. Peningkatan masa pegangan telah menurunkan magnitud G' dan nilai K pada pH 3.5 untuk semua kanji. Penambahan 0.05% kepekatan gam xantan boleh meningkatkan G' bagi semua kanji pada pH 3.5. Nilai K pada kedua-dua pH untuk semua kanji meningkat dengan kehadiran gam xantan. Semua pes kanji lebih bersifat pepejal and juga lebih bersifat pseudoplastik selepas penambahan gam xantan. Secara kesimpulannya, penambahan gam xantan ke atas kanji jagung berlilin terubahsuai komersial berpontensi mengatasi masalah konsistensi dan berupaya memekatkan model sos industri hasil daripada peningkatan pada kelikatan, G' dan nilai K .



ABSTRACT

EFFECT OF GUM XANTHAN ON MODEL SAUCE USING COMMERCIAL MODIFIED WAXY CORN STARCH

*A research is carried out using a sauce model formulation that is used by one of the industry to analyse the effect of different holding time (3, 24, and 44 minutes) and effect of xanthan gum concentration (0.00, 0.05 and 0.10%) on two commercial cross-linked waxy corn starches (C*Tex 06205 and Clearam® CH 20 20) at pH 3.5 and 4.5. Native waxy corn starch acts as a controlled starch in this research. Long holding time increase setback and final viscosity of most starches processed by Rapid Visco-Analyser at pH 3.5 and 4.5. Addition of xanthan gum increased peak viscosity and final viscosity of all starches at both pH as a result of formation of gel by xanthan gum during cooling. At both pH, modified starch granule is found to be getting larger as holding time increases under the observation of light microscopic. Swelling of all starches is halted by the presence of xanthan gum. Increase in holding time decreases G' and K value at pH 3.5 of all starches. Addition of 0.05% xanthan gum is able to increase the magnitude of G' for all starches at pH 3.5. K value of both pH for all starches increase with the presence of xanthan gum. All starch paste are more solid-like and also behave more of pseudoplastic after adding xanthan gum. In conclusion, addition of xanthan gum on commercial modified waxy corn starches has the potential to solve the consistency problem and is able to thicken the industry model sauce as a result of an increase in viscosity, G' modulus and K value.*

SENARAI KANDUNGAN

TAJUK	HALAMAN
PENGAKUAN	i
PENGESAHAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI PERSAMAAN	xii
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv
BAB 1: PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kepentingan Kajian	3
1.3 Objektif	4
BAB 2: ULASAN KEPUSTAKAAN	
2.1 Kanji	5
2.1.1 Struktur	6
2.1.2 Komposisi	7
a. Amilosa	8
b. Amilopektin	9
2.1.3 Morforlogi	10
2.1.4 Sifat Fizikokimia	13
a. Pengelatinan	13
b. Pempasan	14
c. Retrogradasi	15
2.2 Kanji Jagung Berlilin	15
2.3 Kanji Terubahsuai	16
2.3.1 Paut Silang	16
2.3.2 Penstabilan	17

2.4 Aplikasi Kanji Terubahsuai dalam Makanan	18
2.4.1 Kuah Salad (<i>Salad Dressing</i>)	19
2.4.2 Campuran Makanan Kering	19
2.4.3 Produk Bakeri	19
2.4.4 Makanan Beku	20
2.4.5 Daging	20
2.4.6 Produk Tenusu	20
2.5 Gam Xantan	21

BAB 3: METODOLOGI

3.1 Bahan Mentah	24
3.2 Reka Bentuk Eksperimen	24
3.3 Sifat Pempesan.	24
3.4 Pengukuran Sifat Reologi	25
3.5 Kuasa Pembengkakan dan Indeks Keterlarutan	25
3.6 Analisis Statistik	26

BAB 4: HASIL DAN PERBINCANGAN

4.1 Kuasa Pembengkakan dan Indeks Keterlarutan	
4.1.1 Kuasa Pembengkakan	28
4.1.2 Indeks Keterlarutan	30
4.2 Sifat pempesan	
4.2.1 Kesan masa pegangan	31
4.2.2 Kesan penambahan gam xantan	37
4.3 Pemerhatian Morfologi Kanji	
4.3.1 Kesan masa pegangan	42
4.3.2 Kesan penambahan gam xantan	45
4.4 Sifat Likatkenyal	
4.4.1 Kesan masa pegangan	47
4.4.2 Kesan penambahan gam xantan	51
4.5 Sifat Aliran	
4.5.1 Kesan masa pegangan	56
4.5.2 Kesan penambahan gam xantan	58

BAB 5: KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1 Kesimpulan	60
5.2 Cadangan	63

RUJUKAN	64
----------------	----

LAMPIRAN	77
-----------------	----

SENARAI JADUAL

	Halaman
Jadual 2.1 Saiz dan bentuk granul kanji diperolehi daripada sumber botani utama	11
Jadual 4.1 Kesan penambahan gam xantan ke atas nilai kuasa pembengkakan (g/g) kanji jagung berlilin asli dan kanji jagung berlilin terubahsuai	29
Jadual 4.2 Kesan gam xantan ke atas indeks keterlarutan (%) kanji jagung berlilin asli dan kanji jagung berlilin terubahsuai	30
Jadual 4.3 Kesan masa pegangan dan pH terhadap sifat pemipesan kanji asli dan kanji terubahsuai	32
Jadual 4.4 Kesan penambahan gam xantan terhadap ciri-ciri pemipesan kanji asli dan kanji terubahsuai	38
Jadual 4.5 Kesan masa pegangan terhadap parameter model <i>Power Law</i> untuk sampel kanji pada pH berlainan	57
Jadual 4.6 Kesan penambahan gam xantan terhadap parameter model <i>Power Law</i> untuk sampel kanji pada pH berlainan	58

SENARAI RAJAH

		Halaman
Rajah 2.1	Struktur granul kanji	6
Rajah 2.2	Unit glukopiranosa dalam amilosa	8
Rajah 2.3	Unit glukopiranosa dalam amilopektin	9
Rajah 2.4	Granul kanji ubi kentang di bawah (a) mikroskopik cahaya dan (b) mikroskopik cahaya berikut	11
Rajah 2.5	Struktur gam xantan	22
Rajah 4.1	Pemerhatian mikroskopik cahaya untuk kelikatan akhir pes kanji asli WXY dan kanji terubahsuai pada pH 3.5, masa pegangan yang berbeza (3, 24, dan 44 minit), pembesaran 1000X.	43
Rajah 4.2	Pemerhatian mikroskopik cahaya untuk kelikatan akhir pes kanji asli dan kanji terubahsuai pada pH 4.5 dan masa pegangan yang berbeza (3, 24, dan 44 minit), pembesaran 1000X.	43
Rajah 4.3	Pemerhatian mikroskopik cahaya untuk kelikatan akhir pes kanji asli dan kanji terubahsuai pada pH 3.5 dengan penambahan gam xantan yang berbeza (0.00, 0.05, dan 0.10%), pembesaran 1000X.	46
Rajah 4.4	Pemerhatian mikroskopik cahaya untuk kelikatan akhir pes kanji asli dan kanji terubahsuai pada pH 4.5 dengan penambahan gam xantan yang berbeza (0.00, 0.05, dan 0.10%), pembesaran 1000X.	46
Rajah 4.5	Kesan masa pegangan ke atas G' dan G'' untuk kanji asli dan kanji terubahsuai pada pH 3.5.	48
Rajah 4.6	Kesan masa pegangan ke atas G' dan G'' untuk kanji asli dan kanji terubahsuai pada pH 4.5.	49
Rajah 4.7	Graf kesan masa pegangan dan pH yang berbeza ke atas pengukuran G' dan G'' pada frekuensi 10 Hz terhadap kanji asli dan kanji terubahsuai.	50
Rajah 4.8	Kesan penambahan gam xantan ke atas G' dan G'' untuk kanji asli dan kanji terubahsuai pada pH 3.5.	52

Rajah 4.9	Kesan penambahan gam xantan ke atas G' dan G'' untuk kanji asli dan kanji terubahsuai pada pH 4.5.	53
Rajah 4.10	Graf kesan penambahan gam xantan dan pH yang berbeza ke atas pengukuran G' dan G'' pada frekuensi 10 Hz terhadap kanji asli dan kanji terubahsuai.	55

SENARAI PERSAMAAN

	Halaman
Persamaan 3.1 Indeks Keterlarutan	26
Persamaan 3.2 Kuasa Pembengkakan	26

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

RVA	<i>Rapid Visco-Analyzer</i>
G'	modulus penstoran
G''	modulus kehilangan
K	pekali konsistensi
n	indeks sifat aliran

SENARAI LAMPIRAN

	Halaman	
Lampiran A	Ujian ANOVA untuk Kuasa Pembengkakan	77
Lampiran B	Ujian ANOVA untuk Indeks Keterlarutan	79
Lampiran C	Ujian ANOVA untuk Sifat Pempesan (Kesan masa pegangan)	81
Lampiran D	Ujian ANOVA untuk Sifat Pempesan (Kesan penambahan gam xantan)	86
Lampiran E	Graf pempesan: Kesan masa pegangan terhadap kanji asli dan kanji terubahsuai pada pH 3.5 dan 4.5	91
Lampiran F	Graf pempesan: Kesan penambahan gam xantan terhadap kanji asli WXY pada pH 3.5 dan 4.5	92
Lampiran G	Graf pempesan: Kesan masa pegangan terhadap kanji terubahsuai CH20 pada pH 3.5 dan 4.5	93
Lampiran H	Graf pempesan: Kesan masa pegangan terhadap kanji terubahsuai CTex pada pH 3.5 dan 4.5	94
Lampiran I	Kesan masa pegangan terhadap modulus storan (G') dan modulus kehilangan (G'') kanji terubahsuai dan kanji asli pada frekuensi 10Hz.	95
Lampiran J	Kesan penambahan gam xantan ke atas modulus storan (G') dan modulus kehilangan (G'') kanji terubahsuai dan kanji asli pada frekuensi 10Hz.	96
Lampiran K	Ujian ANOVA untuk Sifat Aliran (Kesan masa pegangan)	97
Lampiran L	Ujian $-T$ Tak Bersandar untuk Sifat Aliran (Kesan masa pegangan)	98
Lampiran M	Kesan masa pegangan kanji asli dan kanji terubahsuai	99
Lampiran N	Ujian ANOVA untuk Sifat Aliran (Kesan penambahan gam xantan)	100
Lampiran O	Ujian $-T$ Tak Bersandar untuk Sifat Aliran (Kesan penambahan gam xantan)	101
Lampiran P	Kesan penambahan gam xantan kanji asli dan kanji terubahsuai	102

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sos makanan boleh menjadikan makanan lebih enak semasa dimakan dengan makanan savouri seperti daging panggan, ikan, dan sayur-sayuran. Pada masa yang sama, rasa dan aroma makanan juga dapat dipertingkatkan. Tujuan utama sos adalah untuk menambah baik dasar sos, rasa dan kelembapan makanan supaya ia kelihatan lebih menyelerakan terutamanya melalui kekilauan dan warna sos yang menarik. Ciri-ciri utama sos ialah mempunyai konsistensi yang baik, rasa yang tersendiri dan berkilauan. Untuk menepati konsistensi yang semai, pelbagai pemekat dan penstabil telah digunakan dalam industri pemprosesan sos. Antara yang sering digunakan ialah kanji. Walaupun demikian, konsistensi sos selalu menjadi masalah utama kerana kecenderungan berlakunya kehilangan kelikatan. Kelikatan rendah berlaku kerana kanji dimusnahkan pada keasidan, suhu dan keadaan ricihan yang tinggi dan menyebabkan kanji kehilangan keupayaan pegangan air (Thomas dan Atwell, 1999).

Kebanyakan kanji asli mempunyai had yang menjadikan mereka kurang sesuai untuk digunakan dalam pelbagai aplikasi yang dikehendaki. Jadi, hal ini menunjukkan kanji asli tidak sesuai digunakan dalam industri pemprosesan sos komersial. Batasan kanji asli nyata ditunjuk apabila kanji ini diproses di dalam keadaan tertentu seperti suhu tinggi, pH dan tekanan yang melampau akan menjadikan kanji tersebut rendah rintangan kepada kadar ricihan yang tinggi, penguraian terma, retrogradasi dan sineresis (Bertolini, 2009).

Oleh itu, kebanyakan kanji yang digunakan sebagai bahan mentah terutamanya dalam bidang perindustrian telah diubahsuai secara kimia atau fizikal atau kedua-duanya untuk mengubah dan memperbaiki sifat fizikal kanji polimer. Kanji terubahsuai boleh meningkatkan kestabilan fizikokimia untuk jangka masa yang panjang semasa penyimpanan sejuk atau beku, di samping mempunyai

toleransi terhadap pemprosesan industri yang tinggi (Dolz *et al.*, 2007; Murphy, 2000). Menurut Arocas *et al.* (2009) kanji asli diubahsuai secara kimia bagi menahan proses pembekuan, penyahbekuan, dan pemprosesan haba. Pengubahsuaian kimia pada kanji yang sering dilakukan untuk mengurangkan proses retrogradasi ialah penstabilan dan berpaut silang. Pengubahsuaian berpaut silang menyebabkan pembentukan ikatan kovalen pada inter dan intramolekul polimer kanji untuk mengukuhkan struktur granulnya. Pengubahsuaian berpaut silang juga boleh mengawal kebengkakan granul dan menghasilkan kanji yang boleh menahan suhu tinggi, rician tinggi dan keadaan berasid. Pengubahsuaian penstabilan pula melibatkan tindak balas memasukkan kumpulan penghalang kimia di antara polimer kanji untuk menghalang retrogradasi selepas penyejukan (Thomas dan Atwell, 1997). Pes kanji berlilin panas yang menunjukkan kemerosotan dari segi kelikatan dalam larutan pH kurang daripada 5.0 juga boleh diatasi dengan penggunaan kanji terubahsuai berpaut silang tahap rendah (Doublier, 1990). Menurut Mason (2009) kanji jagung lili bersilang boleh meningkatkan kualiti sos, dan sup dalam tin.

Selain daripada kanji terubahsuai, gam juga digunakan secara meluas sebagai penstabil dengan campuran kanji asli dalam makanan kerana fungsinya untuk mengurangkan retrogradasi dan sineresis dalam pelbagai pes dan gel kanji (Ferrero *et al.*, 1993, 1994; Lee *et al.*, 2002; Mali *et al.*, 2003). Penggunaan kanji asli dan hidrokoloid dalam sos, sup dan kuah makanan juga boleh menambahbaikkan kelikatan, kualiti dan jangka hayat makanan. Penambahan hidrokoloid dalam produk berasaskan kanji boleh meningkatkan kestabilan, mengubah tekstur, memudahkan pemprosesan, mengurangkan kos, mengawal kelembapan dan mempelbagai sifat penggelatinan dan sifat reologi (Kruger *et al.*, 2003; Rojas, *et al.*, 1999; Shi dan BeMiller, 2002; Sudhakar, *et al.*, 1996). Kajian yang dilakukan oleh Alloncle *et al.* (1989) dan Li *et al.* (2003) menyatakan bahawa penambahan hidrokoloid ke dalam kanji boleh menyebabkan kesan sinergistik dalam meningkatkan kelikatan larutan. Kesan sinergistik ini dapat mengurangkan penggunaan kuantiti bahan mentah dan pada masa yang sama dapat mengekalkan sifat-sifat fungsi makanan (Shi dan BeMiller, 2002; Temsiripong *et al.*, 2005).

Terdapat pelbagai jenis hidrokoloid makanan seperti gam guar, gam kacang belalang, gam Arabic, gam *tragacanth*, gam xantan, gellan, dan dextran. Gam xantan merupakan gam yang sering digunakan sebagai penstabil dan pemekat untuk membantu mengekalkan kestabilan dan konsistensi disebabkan oleh struktur tiga dimensi yang terbentuk oleh rantaiannya (Katzbauer, 1998). Tulang belakang selulos yang linear diperkuuhkan serta dilindungi oleh rantaian sampingan anionik trisakarida memberi struktur yang tegar menyebabkan kestabilan yang luar biasa terhadap haba dan asid apabila gam xantan ditambah ke dalam larutan akueus (BeMiller dan Fennema, 2008).

1.2 Kepentingan kajian

Walaupun kanji terubahsuai telah digunakan dalam pemprosesan sos, tetapi masih terdapat maklum balas daripada industri bahawa masalah konsistensi masih berlaku. Terdapat beberapa faktor yang boleh menyebabkan kerosakan kanji seperti keasidan yang tinggi, suhu yang tinggi, masa pemprosesan, dan mekanikal ricihan yang tinggi (Thomas dan Atwell, 1997). Gabungan faktor-faktor tersebut seperti yang dipraktiskan dalam industri pemprosesan sos akan memberi kesan kerosakan yang lebih besar kepada granul kanji dan menyebabkan kehilangan konsistensi. Masalah konsistensi merupakan masalah yang serius dalam pemprosesan sos industri makanan. Masalah konsistensi pada sos bukan sahaja menyebabkan kemerosotan kelikatan sos, malah ia juga menjelaskan nilai sensori pengguna dan kualiti produk makanan. Kualiti produk yang kurang memuaskan selalunya tidak mendatangkan hasil jualan yang banyak dan hal ini juga akan membawa kerugian kepada industri, malah nama dan jenama syarikat tersebut turut terjejas.

Terdapat kajian melaporkan kesan penambahan gam ke atas kanji jagung berlilin terubahsuai (penstabilan dan berpaut silang) oleh Heyman *et al.* (2010). Hasil kajiannya membuktikan bahawa gam xantan, gam guar dan karboksimetilselulosa dapat memekatkan sos dan mengurangkan sineresis dengan ketara, terutamanya gam xantan dibuktikan paling berkesan. Kajian yang dijalankan oleh Sikora *et al.*, (2006) pada campuran gam xantan dengan kanji jagung, kanji kentang dan kanji oat berjaya memekatkan sos stawberi dan

Terdapat pelbagai jenis hidrokoloid makanan seperti gam guar, gam kacang belalang, gam Arabic, gam *tragacanth*, gam xantan, gellan, dan dextran. Gam xantan merupakan gam yang sering digunakan sebagai penstabil dan pemekat untuk membantu mengekalkan kestabilan dan konsistensi disebabkan oleh struktur tiga dimensi yang terbentuk oleh rantaiannya (Katzbauer, 1998). Tulang belakang selulos yang linear diperkuuhkan serta dilindungi oleh rantaian sampingan anionik trisakarida memberi struktur yang tegar menyebabkan kestabilan yang luar biasa terhadap haba dan asid apabila gam xantan ditambah ke dalam larutan akueus (BeMiller dan Fennema, 2008).

1.2 Kepentingan kajian

Walaupun kanji terubahsuai telah digunakan dalam pemprosesan sos, tetapi masih terdapat maklum balas daripada industri bahawa masalah konsistensi masih berlaku. Terdapat beberapa faktor yang boleh menyebabkan kerosakan kanji seperti keasidan yang tinggi, suhu yang tinggi, masa pemprosesan, dan mekanikal ricihan yang tinggi (Thomas dan Atwell, 1997). Gabungan faktor-faktor tersebut seperti yang dipraktiskan dalam industri pemprosesan sos akan memberi kesan kerosakan yang lebih besar kepada granul kanji dan menyebabkan kehilangan konsistensi. Masalah konsistensi merupakan masalah yang serius dalam pemprosesan sos industri makanan. Masalah konsistensi pada sos bukan sahaja menyebabkan kemerosotan kelikatan sos, malah ia juga menjelaskan nilai sensori pengguna dan kualiti produk makanan. Kualiti produk yang kurang memuaskan selalunya tidak mendatangkan hasil jualan yang banyak dan hal ini juga akan membawa kerugian kepada industri, malah nama dan jenama syarikat tersebut turut terjejas.

Terdapat kajian melaporkan kesan penambahan gam ke atas kanji jagung berlilin terubahsuai (penstabilan dan berpaut silang) oleh Heyman *et al.* (2010). Hasil kajiannya membuktikan bahawa gam xantan, gam guar dan karboksimetilselulosa dapat memekatkan sos dan mengurangkan sineresis dengan ketara, terutamanya gam xantan dibuktikan paling berkesan. Kajian yang dijalankan oleh Sikora *et al.*, (2006) pada campuran gam xantan dengan kanji jagung, kanji kentang dan kanji oat berjaya memekatkan sos stawberi dan

memunjukkan kestabilan pada penyimpan selama 3 bulan. Penggunaan gam xantan dalam kajian ini mungkin berpotensi untuk mengatasi masalah konsistensi dan berupaya memekatkan sos yang menggunakan kanji jagung berlilin terubahsuai komersial (penstabilan dan berpaut silang), walaupun masalah konsistensi tidak dikenalpasti.

1.3 Objektif

Kajian dijalankan untuk mengkaji sifat fizikokimia dua jenis kanji jagung berlilin terubahsuai komersial yang digunakan dalam formulasi model sos industri pada dua nilai pH yang berlainan. Antara objektifnya ialah,

1. mengkaji kesan masa pegangan yang berbeza ke atas sifat pempesan dan sifat reologi model sos.
2. mengkaji kesan penambahan kepekatan gam xantan yang berbeza apabila diproses pada jangka masa yang lama ke atas ciri-ciri fizikokimia dan sifat reologi model sos campuran gam.

BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

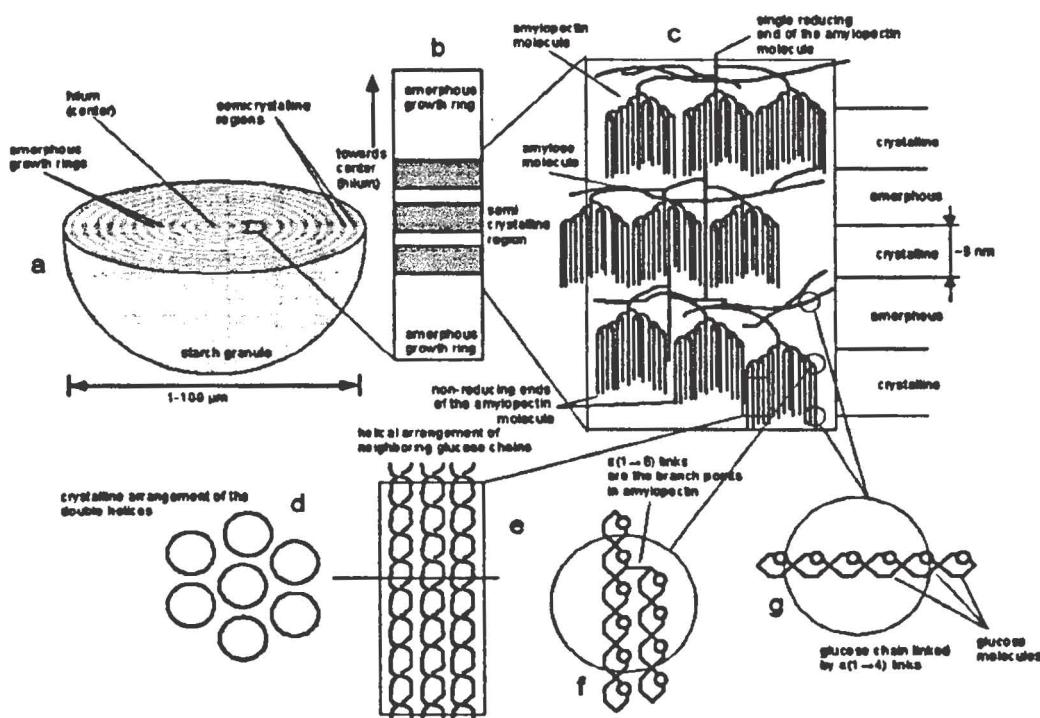
2.1 Kanji

Kanji merupakan bahan yang disimpan dalam tumbuhan bijirin. Sebahagian besar sumber ekonomik kanji diperolehi daripada tumbuhan. Bergantung pada jenis tumbuhan, sumber kanji boleh didapati dalam pelbagai tisu termasuk daun, ubi, buah dan biji. Kanji juga boleh diperolehi daripada sumber lain seperti barteria, alge dan haiwan (Shannon, 2009). Secara umumnya, polimer kanji dihasilkan dalam plastid sel tumbuhan oleh satu siri laluan biosintesis kompleks dikawal oleh enzim utama. Sintesis kanji ditempat dalam kloroplas tisu fotosintetik hijau dan dalam amiloplas tisu penyimpanan bukan hijau. Enzim memangkin penambahan molekul D-glucopiranosa kepada rantaian D-glukopiranosa yang sedang berkembang, iaitu rangkaian glukan. Pertumbuhan tersebut termasuk pemanjangan amilosa serta pembentukan cabang pada molekul amilopektin. Kanji sintosa adalah enzim yang memangkinkan penambahan adenosina difosfoglukosa (ADP-glukosa) yang merupakan satu bentuk D-glukopiranosa yang reaktif dalam sel tumbuhan pada rantaian amilosa yang tengah berkembang. Kanji sintosa ini memanjangkan rantaian amilosa dengan penambahan D-glukopiranosa secara berturut-turut. Cabangan polimer amilopektin terbentuk sebagai cabangan enzim memangkin penambahan α -1,4 glukan melalui α -1,6 tautan pada titik cabangan. Polimer amilopektin yang bercabang terbentuk sebagai cabangan enzim untuk memangkin penambahan α -1 tautan pada titik cabangan. Enzim bercabang ini dipercayai menggunakan mekanisma ‘potong dan lekat’ untuk menempatkan cabangan baru kepada α -1,4 glukan yang sedia ada. Peranan kanji tumbuhan atau haiwan ialah untuk menyimpan tenaga. Tenaga disimpan sebagai glukogen dalam haiwan. Glukogen merupakan struktur yang lebih kecil yang serupa dengan komponen bercabang dalam kanji iaitu amilopektin. Tumbuhan kanji bertindak balas dengan enzim hidrolisis untuk menghasilkan produk hidrolisis iaitu maltosa dan malto-oligasakarida. Produk hidrolisis ini kemudian dihidrolisis kepada glukosa untuk memperuntukkan tenaga kepada tumbuhan. Glukosa ditukar kepada fosfat heksosa

untuk kegunaan dalam metabolism sel atau penukaran kepada sukrosa untuk pengangkutan tenaga (Smith *et al.*, 2005; Zeeman *et al.*, 2010). Fizikal ketumpatan satu kanji granul ialah 1.5 g/cm^3 (Sarko dan Wu, 1978; Imbert *et al.*, 1991), ia telah menghematkan ruang untuk penyimpanan tenaga dalam benih, bijirin dan ubi sehingga ia bersedia untuk kegunaan percambahan. Kanji selalu banyak berkumpul dalam struktur pembiakan seperti bijirin (gandum, beras, jagung, barli, rai, oat, sekoi, betari) dan pada struktur vegetatif (ubi) dan akar (ubi kayu dan keladi).

2.1.1 Struktur

Kanji wujud secara semula jadi sebagai zarah, iaitu granul. Dalam granul kanji adalah satu struktur molekul yang besar dan tersusun seperti yang ditunjuk pada Rajah 2.1.



Rajah 2.1 : Struktur granul kanji

Sumber: Carbohydrate (t.th.)

Granul kanji juga mempunyai kawasan amorfus dan berhablur. Kawasan berhablur terbentuk daripada gugusan rantaian cabangan pendek molekul amilopektin. Tempat bercabang dipercayai ialah kawasan amorfus. Struktur granul kanji khususnya ditentukan oleh faktor genetik yang mengawal biosintesis kanji (Bertoft, 1993). Struktur kanji granul juga bergantung pada cara interaksi amilosa dan amilopektin oleh ikatan hidrogen. Kehadiran ikatan α -(1→6)-D dalam amilopektin adalah disebabkan oleh terbentuknya kawasan persilangan antara amorfos dan penghabluran (Imbert *et al.*, 1991). Tahap pengikatan bersama oleh ikatan hidrogen antara amilosa dan amilopektin dan antara amilopektin sendiri menyumbang kepada keheterogenan struktur kanji. Apabila ikatan hidrogen ini adalah kuat, rantaian berinteraksi sebagai rangkaian berhablur. Di sebaliknya, dalam kawasan amorfos, ikatan hidrogen adalah lemah dan bahagian ini adalah lebih mudah dibezakan daripada zon penghabluran yang mempunyai α -(1→6) pautan. Dalam struktur granul, air merupakan komponen yang penting dan merupakan sebahagian yang penting dalam proses penghidratan yang berlaku semasa penggelatinan, pembengakakan dan berlarut.

2.1.2 Komposisi

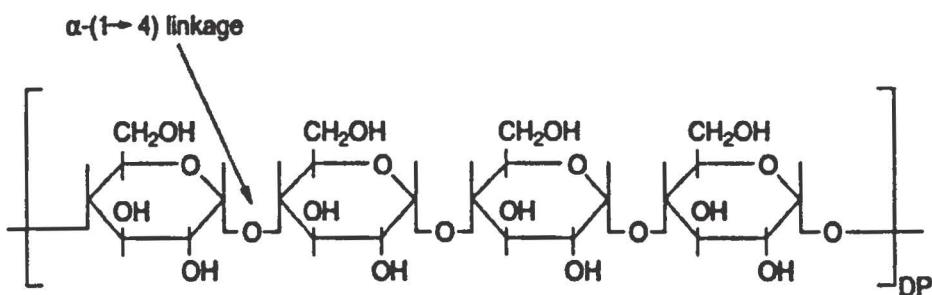
Biasanya komposisi granul kanji terdiri daripada amilosa, protein dan lemak. Polisakarida amilosa dan amilopektin adalah komponen yang paling banyak dan terdiri daripada hampir 100% daripada kandungan kanji. Peratusan bagi amilosa dan amilopektin dalam kanji yang biasa masing-masing ialah 25% dan 75%, akan tetapi nisbah amilosa kepada amilopektin adalah tidak sama mengikut jenis kanji. Dalam sesetengah genotip daripada jagung, barli dan beras, kanjinya wujud dalam keadaan yang tinggi kandungan amilopektin (kanji jenis berlilin) atau tinggi kandungan amilosa (Eliasson dan Gudmundsson, 2006).

Komponen yang lain selain daripada molekul kanji seperti protein dinamakan sebagai 'komponen minor' kerana kuantiti kandungan mereka adalah sangat rendah. Walaupun kandungan kuantiti komponen minor ini adalah sangat rendah, ia memberi kesan yang amat ketara kepada sifat fiziko-kimia. Lemak merangkumi 1.5% daridada berat kering granul kanji (Delcour *et al.*, 2010). Dalam kanji bijirin, sebahagian besar wujud sebagai fosfolipid and asid lemak. Dalam kanji

ubi pula hanya sedikit lemak yang dikesan (Morrison, 1998). Protein yang berkait dengan kanji granul ialah enzim kanji sintetik dan protein *surface*. Komponen mineral yang paling penting ialah fosforus. Fosforus adalah dalam bentuk fosfolipid di dalam kanji bijirin dan wujud sebagai fosfat tunggal-ester dalam kanji kentang. Dalam kanji kentang, dua faktor yang meningkatkan sifat kebengkakan kanji apabila dipanaskan dalam air ialah gangguan struktur kanji molekul oleh kumpulan fosfat tunggal-ester dan penolakan elektrostatik disebabkan oleh sebahagian cas negatifnya (Ross, 2012).

a. Amilosa

Amilosa adalah polimer linear utama yang terdiri daripada unit α -D-glucopyranosyl dan disambung dengan ikatan glukosidik ($1 \rightarrow 4$) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2.



Rajah 2.2 : Unit glukopiranosa dalam amilosa

Sumber: Liu (2005)

Terdapat bukit yang menyatakan bahawa sifat fiziko-kimia kanji adalah selaras dengan sifat polimer linear. Takeda *et al.* (1984) melaporkan bilangan cabangan ini adalah berkadar dengan saiz molekul molekul amilosa. Amilosa merupakan polimer yang lebih kecil berbanding dengan amilopektin di mana jisim molekul yang dilaporkan berada dalam susunan 10^4 ke 10^5 , iaitu bersamaan dengan darjah pempolimeran, (*degree of polymerization*) 250-1000 unit D-glukosa. Strukturnya yang linear dan kurang penggantian menyebabkan mereka berkecenderungan untuk bergabung sesama sendiri melalui ikatan hidrogen dan menjadikan amilosa tidak larut dalam air sejuk

RUJUKAN

- Achayuthakan, P. dan Suphantharika, M. 2008. Pasting and rheological properties of waxy corn strach as affected by guar gum and xanthan gum. *Carbohydrate Polymers*. **71**:9-17.
- Adawiyah, D. R., Sasaki, T. dan Kohyama, K. 2013. Characterization of arenga strach in comparison with sago starch. *Carbohydrate Polymers*. **92**:2306-2313.
- Allonde, M., Lefebvre, J., Llamas, G. dan Doublier, J. L. 1989. A rheological characterization of cereal starch-galactomannan mixtures. *Cereal Chemistry*. **66**:90-93.
- Bahnassey, Y. A. dan Breene W. M. 1994. Rapid Visco-analyzer (RVA) pasting profiles of wheat, corn, waxy corn, tapioca, and amaranth strarches (*A. hypochondriacus* and *A. cruentus*) in the presence of konjac flour, gellan, guar, xanthan, and locust bean gum. *Starch*. **48**:134-141.
- BeMiller, J. N. 1997. Starch modification: challenges and prospects. *Starch/Stärke*. **49**:127-131.
- BeMiller, J. N. dan Fennema, O. R. 2008. Carbohydrates. Dalam Damodaran, S., Parkin,K.L. dan Fennema,O.R. (eds.). *Food Chemistry*, Boca Raton: CRC Press. hlm. 83-154.
- Bertoft, E., Qin, Z. dan Manelius, R. 1993. Studies on structure of pea starches, Part 4: Intermediate material of wrinkled pea starch. *Starch /Stärke*. **45**:215-220.
- Bertolini, A.C. 2009. Trends in strach application. Dalam Bertolini, A.C.(ed.) *Starches Characterization, Properties, and Applications*. CRC Press.
- Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L. dan Canizares-Hernandez, E. 1997. Acetylation and characterization of *Canavalia ensiformis* strach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **45**:378-382.
- Biliaderis, C. G. 2009. Structural transitions and related physical properties of starch. Dalam BeMiller, J. dan Whistler, R. (eds.). *Starch:Chemistry and Technology*. (3rd edition). United State: Academic Press., hlm. 301-310.

Biliaderis, C. G., Maurice, T. J., dan Vose, J. R. 1980. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *Journal of Food Science*. **45**:1669–1675.

Blanshard, J. M. V. 1987. Starch granule structure and function: a physicochemical approach, Dalam Galliard, T. (ed.). *Starch: Properties and Potential*. Chichester: John Wiley and Sons., hlm. 17–54.

Booth, A. N., Deeds, F. dan Hendrickson, A. P. 1963. Physiologic effects of three microbial polysaccharides on rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*. **5**:478-484.

Brown, A. 2011. *Understanding Food Principles and Preparation* (4th edition), hlm. 397-402. Belmont: Cengage Learning.

Buleon, A. dan Colonna, P. 2007. Physiochemical behaviour of starch in food applications. Dalam Belton, P. (ed.). *The Chemical Physics of Food*. Oxford: Blackwell Publishing., hlm. 33.

Canadian Governor-in-Council. 1971. Canada Gazette, Part II, 105

“Carbohydrate” t.th. (atas talian)

<http://www.braukaiser.com/wiki/index.php/Carbohydrates#Starch>. Dicetak 24 May 2013.

Chaisawang, M. dan Suphantharika, M. 2005. Effect of guar gum and xanthan gum addition on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. *Carbohydrate Polymers*. **61**:288-295.

Chaisawang, M. dan Suphantharika, M. 2006. Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xantan gum. *Food Hydrocolloids*. **20**:641-649.

Chantaro, P. dan Pongsawatmanit, R. 2010. Effect of heating time on the quality of tapioca starch and xanthan gum mixture. *Kasetsart Journal: Nature Science*. **44**:1183-1190.

Chel-Guerreo, L. dan Betancur, A. D. 1998. Cross-linkage of *Canavalia ensiformis* starch with adipic acid: Chemical and functional properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **46**: 2087-2091.

Christianson, D. D., Hodge, J. E., Osborne, D., dan Detry, R. W. 1981. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum, and cellulose gum. *Cereal Chemistry*. **58**:513-517.

Choi, H. M. dan Yoo, B. 2009. Steady and dynamic shear rheology of sweet potato starch-xanthan gum mixtures. *Food Chemistry*. **116**:638-643.

Chungcharoen, A., dan Lund, D. B. 1987. Influence of solutes and water on rice starch gelatinizaton. *Cereal Chemistry*. **64**:240-243.

Clark, A. H. dan Ross-Murphy, S. B. 1987. Structural and mechanical properties of biopolymer gels. *Advances in Polymer Science*. **83**:57-192.

Colas, B. 1986. Flow behaviour of crosslinked corn starches. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie-Food Science and Technology*. **19**:308-311.

Considine, D. M. 1982. *Foods and food production encyclopedia*. New York: John Wiley., hlm.142.

Delcour, J. A., Bruneel, C., Derde, L.J., Gomand, S. V., Parey, B. dan Putseys, J. A. 2010. Fate of starch in food processing: from raw materials to final food products. *Annual Review of Food Science and Technology*. **1**:87-111.

Demos, B. P., Forest, J. C., Grant, A. L., Judge, M. D. dan Chen, L. F. 1994. Low-fat, no added salt in restructured beef steaks with various binders. *Journal of Muscle Foods*. **5**:407-418.

Doublier, J. L. 1981. Rheological studies on starch-flow behaviour of wheat starch pastes. *Starch/Stärke*. **3**:415.

Doublier, J. L., Llamas, G. dan LeMeur, M. 1987. A rheological investigation of cereal starch paste and gell-effect of pasting procedure. *Carbohydrate polymer*. **7**:251.

Eliasson, A.-C. 1986. Viscoelastic behaviour during the gelatinization of starch I. Comparison of wheat, maize, potato and waxy-barley starches. *Journal of Texture Studies*. **17**:253-265.

Eliasson, A.-C. dan Gudmundsson, M. 2006. Starch: Physicochemical and Functional Aspects. Dalam Eliasson, A.-C. (ed.). *Carbohydrates in Food*. Boca Raton: Taylor and Francis Group.

Eliasson, A.-C., Finstad, H. dan Ljunger, G. 1988. A study of starch-lipid interaction for some native and modified maize starches. *Starch/Stärke*. **40**:95.

Euporean Economic Community Emulsifier/Stabilizer List, Annex I, 1980. Official Journal of European Communities, L55, 23, June 23.

Fanon, J. E., Hauber, R. J., dan BeMiller, J. N. 1992. Surface pores of starch granules. *Cereal Chemistry*. **69**: 284-288.

Ferrero, C., Martino, M. N. dan Zaritzky, N. E. 1993. Stability of frozen starch pastes: Effect of freezing, storage and xanthan gum addition. *Journal of Food Processing and Preservation*. **17**: 191-211.

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 suspension. *Starch/ Stärke*. **46**: 300-308.

Figura, L. O. dan Teixeira, A. A. 2007. *Food Physics. Physical Properties-Measurement and Applications*. Jerman: Springer.

Food and Agriculture Organization/World Health Organization, 1975. "Joint FAO/WHO Expert Committees on Food Additives" Report 19th.

Funami, T., Kataoka, Y., Omoto, T., Goto, Y., Asai, I. dan Katsuyoshi, N. 2005. Food hydrocolloids control the gelatinization and retrogradation behaviour of starch. 2a. Functions of guar gums with different molecular weights on the gelatinization behaviour of corn starch. *Food Hydrocolloids*. **19**:15-24.

Glicksman, M., Sand, R. E., Ali, R. A., Staub, H. W., Pettitt, D. J. dan Sandford, P. A., 1982. *Food Hydrocolloids*, (1st edition)Vol. 1. Florida: CRC Press.

- Gray, J. A. dan BeMiller, J. N. 2004. Development and utilization of reflectance confocal laser scanning microscopy to locate reaction sites in modified starch granules. *Cereal Chemistry*. **81**:278–286.
- Gray, J. A. dan BeMiller, J. N. 2005. Influence of reaction conditions on the location of reactions in waxy maize starch granules reacted with a propylene oxide analog at low substitution levels. *Carbohydrate Polymer*. **60**:147–162.
- Hanson, H. L., Campbell, A. dan Lineweaver, H. 1951. Preparation of stable frozen sauces and gravies. *Food Technology*. **5**:432.
- Heyman, B., Depypere, F. dan Dewettinck, D. K. 2010. Effects of non-starch hydrocolloids on the physicochemical properties and stability of a commercial béchamel sauce. *Journal of Food Engineering*. **99**:115-120.
- Hirsch, J. B. dan Kokini, J. L. 2002. Understanding the mechanism of cross-linking agents (POCl₃, STMP, and EPI) through swelling behavior and pasting properties of cross-linked waxy maize starches. *Cereal Chemistry*. **79**:102–107.
- Hoover, R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers*. **45**:253–267.
- Hoover, R. dan Sosulski, F. 1986. Effect of cross-linking on functional properties of legume starches. *Starch/Stärke*. **38**:149–155.
- Howling, D. 1980. The influence of the structure of starch on its rheological properties. *Food Chemistry*. **6**:51–61.
- Huber, K. C. dan BeMiller, J. N. 2001. Location of sites of reaction within starch granules. *Cereal Chemistry*. **78**:173–180.
- Huber, K. C. dan BeMiller, J. N. 2009. Modified starch: Chemistry and properties. Dalam Bertolini, A. C. (ed.). *Starches: Characterization, Properties and Application*. Boca Raton: CRC Press., hlm. 145-183.
- Hui, Y. H. 2006. *Handbook of food science, technology and engineering*, Volume 1. United State: CRC Press.

Imberty, A., Buléon, A., Tran, V., dan Pérez, S. 1991. Recent advances in knowledge of starch structure. *Starch/Stärke*. **43**:375–384.

Izydorczyk, M., Cui, S. W. dan Wang, Qi. 2005. Polysaccharide Gum: Structures, functional properties and application. Dalam Cui, S. W. (ed.). *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications*. Boca Raton: CRC Press.

Jane, J.-L. 2003. Starch: Structure and Properties. Dalam Tomaszik, P. (ed.). *Chemical and Functional Properties of Food Saccharides*. CRC Press.

Jarowenko, W. 1986. Acetylated starch and miscellaneous organic esters. Dalam Wurzburg, O. B. (ed.). *Modified Starch: Properties and Use*. Boca Raton: CRC Press., hlm. 54-77.

Jyothi, A. N., Moorthy, S. N., dan Rajasekharan, K. N. 2006. Effect of cross-linking with epichlorohydrin on the properties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch. *Starch/Stärke*. **58**:292–299.

Kang, K. S. dan Pettitt, D. J. 1993. Xanthan, Gellan, Wellan and Rhamsan. Dalam Whistler, R. L. dan BeMiller, J. N. (eds.). *Industrial Gum: Polysaccharides and Their Derivatives* (3rd edition). United State America: Academic Press., hlm. 341-469.

Kalichevsky, M. T. dan Ring, S. G. 1987. Incompatibility of amylose and amylopectin in aqueous-solution. *Carbohydrate Research*. **162**:323-328.

Kasemsuwan, T. dan Jane, J. -L. 1994. Location of amylose in normal starch granules. II. Locations of phosphodiester cross-linking revealed by phosphorus-31 nuclear magnetic resonance. *Cereal Chemistry*. **71**:282–287.

Kaur, L., Singh, J., dan Singh, N. 2006. Effect of cross-linking on some properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) starches. *Journal of Science and Food Agricultural*. **86**:1945–1954.

Krüger, A., Ferrero, C. dan Zaritzky, N. 2003. Modelling corn starch swelling in batch systems: Effect of sucrose and hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*. **58**:125–133.

Krystyjan, M., Sikora, M., Adamczyk, G. dan Tomaszik, P. 2012. Caramel sauce thickened with combination of potato starch and xanthan gum. *Journal of Food Engineering*. **112**:22-28.

Lee, M. H., Baek, M. H., Cha, D. S., Park, H. J. dan Lim, S. T. 2002. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gum. *Food Hydrocolloids*. **16**:345-352.

Leloup, V. M., Colonna, P. dan Buleon, A. 1991. Influence of amylose-amylopectin ratio gel properties. *Journal of Cereal Science*. **13**:1-13.

Liu, H., Eskin, N. A. M. dan Cui, S. W. 2003. Interaction of wheat and rice starches with yellow mustard mucilage. *Food Hydrocolloids*. **17**:863-869.

Liu, Q. 2005. Understanding starches and their role in foods. *Dalam Cui, S. W.(ed.). Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties and Applications*. Boca Raton: CRC Press.

Luallen, T. 2004. Utilizing starches in product development. *Dalam Eliason, A.-C. (ed.). Starch in Food*. Cambridge: Woodhead Publishing.

Mali, S., Ferrero, C., Redigonda, V., Beleia, A. P., Grossmann, M. V. E. dan Zaritzky, N. E. 2003. Influence of pH and hydrocolloids addition on yam (*Dioscorea alata*) starch pastes stability. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie-Food Science and Technology*. **36**:475-481.

Margaret, M. 2006. *Nutrition and Dietetics* (8th edition). Singapore: Pearson Education.

Mason, W. R. 2009. Starch Use in Foods. *Dalam BeMiller J. dan Whistler.R. (eds.). Starch Chemistry and Technology* (3rd edition). United State: Elsevier., hlm.747.

McKenna, B. M. 2003. *Texture in Food Volume 1: Semi-solid Foods*. Cambridge: Woodhead Publishing.

McNeely, W. H. dan Kovacs, P. 1975. *Physiological effects of alginate and xanthan gum*. *American Chemical Society Symposium Series volume 15*. Washington: American Chemical Society., hlm. 269-281.

- Miao, M., Jiang, B., Zhang, T., Jin, Zheng. dan Mu, W. 2011. Impact of mild acid hydrolysis on structure and digestion maize starch. *Food Chemistry*. **126**: 506-513.
- Morikawa, K. dan Nishinari, K. 2000. Rheological and DSC studies of gelatinization of chemically modified starch heated at various tempeature. *Carbohydrate Polymer*. **43**: 241-247.
- Morrison, W. R. 1998. Lipids in cereal starches: a review. *Journal of Cereal Science*. **8**:1-5.
- Nayouf, M., Loisel, C. dan Doublier, J. L. 2003. Effect of thermomechanical treatment on the rheological properties of crosslinked waxy corn starch. *Journal of Food Engineering*. **59**:209-219.
- Ott, M. dan Hester, E. E. 1965. Gel formation as related to concentration of amylose and degree of starch swelling. *Cereal Chemistry*. **42**:476-484.
- Parker, R. dan Ring, S. G. 2001. Aspects of the physical chemistry of strach. *Journal of Cereal Science*. **34**:1-17.
- Pongsawatmanit, R., Temsiripong, T., Ikeda, S. dan Nishinari, K., 2006. Influence of tamarind seed xyloglucan on rheological properties and thermal stability of tapioca starch. *Journal of Food Engineering*. **77**: 41-50.
- Pomeranz, Y. 1985. *Functional Properties of Food Components*. Florida: Academic Press Inc.
- Rapaille, A. dan Vanhemelrijck, J. 1999. Modified Starches. Dalam Imeson, A. (ed.). *Thickening and Gelling Agents for Food* (2nd edition). Maryland: Aspen Publisher., hlm. 207-211.
- Rogols, S. 1986. Strach modification: A view into the future. *Cereal Foods World*. **13**:869-873.
- Rojas, J. A., Rosell, C. M. dan Benedito de Barber, C. 1999. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. *Food Hydrocolloids*. **13**:27-33.

Ross, A.S. 2012. Starch in Foods. *Dalam* Wrolstad, R.E. (ed.). *Food Carbohydrate Chemistry* (1st edition). New Delhi: John Wiley and Sons Inc.

Rutkowski, A., Gwiazda, S. dan Dabrowski, K., 1993. Dodatki funkcyjonalne do zywnos'ci. (Functional food additives). Agro and Food Technology, Katowice, Poland (in Polish).

Rapaille, A. dan Vanhemelrjck, J. 1997. Modified starches. *Dalam* Imeson, A. (ed.). *Thickening and Gelling Agents for Food*. London: Blackie Academic and Professional., hlm. 199–229.

Rutenberg, M. W. dan Solarek, D. 1984. Starch derivatives: Production and uses. *Dalam* Whistler, R. L., BeMiller, J. N. and Paschall, E .F. (eds.). *Starch Chemistry and Technology*. San Diego: Academic Press., hlm. 311–388.

Sae-kang, V. dan Suphantharika, M. 2006. Influence of pH and xanthan gum addition on freeze-thaw stability of tapioca starch pastes. *Carbohydrate Polymers*. **65**:371-380.

Sahin, H. dan Ozdemir, F. 2004. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchup. *Food Hydrocolloids*. **18**:1015-1022.

Sahin dan Sumnu, 2006. *Physical Properties of Foods*. United State of America: Springer.hlm.229-250

Sandhu, K. S., Singh, N., dan Lim, S. T. 2006. A comparison of native and acid thinned normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie-Food Science and Technology*. **40**:1527-1536

Sarko, A. dan Wu, H.-C. H. 1978. The crystal structures of A-, B- and C-polymorphs of amylose and starch. *Starch/Stärke*. **30**(3):73-78.

Schoch, T. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. *Dalam* Smith, R. J., BeMiller, J. N. dan Wolfrom, M. L. (eds.). *Methods in Carbohydrate Chemistry*. New York: Academic Press., hlm. 106-108.

- Shannon, J. C. 2009. Genetics and physiology of starch. Dalam BeMiller, J. dan Whistler, R. (eds.). *Starch chemistry and technology* (3rd edition). Burlington: Academic Press., hlm. 23-82.
- Shannon, J. C. dan Garwood, D. L. 1984. Genetic and physiology of starch development. Dalam Whistler, R. L., BeMiller, J. N. dan Pachall, E. F. (eds.). *Starch: Chemistry and Technology*. Orlando: Academic Press., hlm. 26-86.
- Shi, X. dan BeMiller, J. N. 2002. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. *Carbohydrate Polymers*. **50**: 7–18.
- Shi, Y., dan Seib, P. A. 1992. The structure of four waxy starches related to gelatinization and retrogradation. *Carbohydrate Research*. **227**:131–145.
- Sikora, M., Badrie, N., Deisingh, A. K. dan Kowalski, S. 2008. Sauces and dressings: a review of properties and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **48**(1):50–77.
- Smith, A. M., Zeeman, S. C. dan Smith, S. M. 2005. Starch degradation. *Annual Review of Plant Biology*. **56**:73-98.
- Steffe, J. M. 1996. *Rheological Methods in Food Processing Engineering* (2nd edition). East Lansing: Freeman Press.
- Sudhakar, V., Singhal, R. S. dan Kulkarni, P. R. 1996. Starch–galactomannan interactions: Functionality and rheological aspects. *Food Chemistry*. **55**:259–264.
- Taggart, P. dan Mitchell, J. R. 2009. Dalam Philips, G. O. dan Williams, P. A. (eds.). *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton: CRC Press. hlm. 126.
- Takeda, Y., Shirasaka, K., dan Hizukuri, S. 1984. Examination of the purity and structure of amylose by gel-permeation chromatography. *Carbohydrate Research*. **132**:83-92.
- Temsiripong, T., Pongsawatmanit, R., Ikeda, S. dan Nishinari, K. 2005. Influence of xyloglucan on gelatinization and retrogradation of tapioca starch. *Food Hydrocolloids*. **19**:1054–1063.

Tester, R. F. dan Sommerville, M. D. 2003. The effects of non-starch polysaccharides on the extent of gelatinization, swelling and α-amylase hydrolysis of maize and wheat starches. *Food Hydrocolloids*. **17**:41–54.

Thomas, D. J., dan Atwell, W. A., 1999. *Starch*. Minnesota: Eagen Press.

Tsai, M. L., Li, C. F. dan Lii, C. Y. 1997. Effects of granular structure on the pasting behaviour of starches. *Cereal Chemistry*. **74**:750-757.

Urlacher, B. dan Noble, O. 1999. Xanthan gum. Dalam Rapaille, A. dan Vanhemelrijck (eds.). *Thickening and gelling agents for food* (2nd edition). Maryland: Aspen Publisher., hlm. 293.

Van Hung, P. dan Morita, N. 2005a. Effects of granule sizes on physicochemical properties of cross-linked and acetylated wheat starches. *Starch/Stärke*. **57**:413–420.

Van Hung, P. dan Morita, N. 2005b. Physicochemical properties of hydroxypropylated and cross-linked starches from A-type and B-type wheat starch granules. *Carbohydrate Polymer*. **59**:239–246.

Vansanthan, T. dan Hoover, R. 1992. Effect of defatting on starch, starch structure and physicochemical properties. *Food Chemistry*. **45**: 337-347.

Wang, L., dan Wang, Y. J. 2001. Structures and physicochemical properties of acid-thinned corn potato and rice starches. *Starch/Stärke*. **53**:570–576.

Wang Y. J., White, P. J., Pollak, L. dan Jane, J. L. 1993. Amylopectin and intermediate materials in starches from mutant genotypes of the Oh43 inbred line. *Cereal Chemistry*. **70**:521-525.

Wanous, M. P. 2004. Texturizing dan stabilizing, by gum. *Prepared Foods*. **173**:108–118.

Whistler, R. L. and Paschall, E. F. 1967. *Strach:Chemistry and Technology, Vol. 2 Industrial Aspects*. New York: Academic Press.

- Whistler, R. L. dan BeMiller, J. N. 1997. Starch. Dalam BeMiller, J. N. (ed.). *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*. Minnesota: Eagen Press., hlm.117-151.
- White, P. J. dan Tziotis, A. 2004. New Corn Starch. Dalam Eliason, A.-C. (ed.). *Starch in Food*, Cambridge: Woodhead Publishing., hlm. 298-310.
- Williams, M. R. dan Bowler, P. 1982. Starch gelatinization: A morphological study of triticeae and other straches. *Starch/Stärke*. **34**:221-223.
- Williams, P. A. dan Phillips, G. O. 2003. The use of hydrocolloids to improve food texture. Dalam McKenna, B. M. (ed.). *Texture in food*. Cambridge: Woodhead Publishing., hlm. 251-273.
- Whorlow, R. W. 1980. *Rheological Technique*. Chichester: Ellis Harwood.
- Woodard, G., Woodard, M. W., McNeely, W. H., Kovacs, P. dan Cronin, M. T. 1973. Xanthan gum: safety evaluation by two-year feeding studies in rats and dogs and a three-generation reproduction study in rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*. **24**(1):30-36.
- Wu, H. C. H. dan Sarko, A. 1978. The double-helical molecular structure of crystalline a-amylase. *Carbohydrate Research*. **61**:27-40.
- Wurzburg, O. B. 2006. Modified Starch. Dalam (eds.). Stephen, A. M., Philips, G. O. dan Williams, P. A. *Food Polysaccharides and Their Applications*. (2nd edition). Boca Raton:CRC Press.hlm.87-118.
- Wurzburg, O. B. 1986. *Modified Starches: Properties and Uses*. Boca Raton:CRC Press.
- Wurzburg, O. B. dan Szymanski, C. D. 1970. Modified starches in the food industry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **18**:997-1001.
- Yuan, R. C., Thompson, D. B, dan Boyer, C. D. 1993. Fine structure of amylopection in relation to gelatinization and retrogradation behavior of maize starch from three wx-containing genotypes in two inbred lines. *Cereal Chemistry*. **70**:81-89

Zeeman, S. C., Kossman, J. dan Smith, A. M. 2010. Starch: its metabolism, evolution, and biotechnological modification in plants. *Annual Review of Plant Biology*. **61**:209-234.

Zheng, G. H., Han, H. L., dan Bhatty, R. S. 1999. Functional properties of crosslinked and hydroxypropylated waxy hull-less barley starches. *Cereal Chemistry*. **76**:182-188.

Ziegler, G. R., Thompson, D. B., dan Casasnovas, J. 1993. Dynamic measurement of starch granule swelling during gelatinization. *Cereal Chemistry*. **70**:247-251.