

KESAN PENAMBAHAN *Eucheuma spinosum*, GAM LOCUST BEAN
DAN KARBOKSIMETIL SELULOSA TERHADAP CIRI-CIRI
PENGGELAN *Eucheuma cottonii*

CHOONG SHIN ER

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

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
KOTA KINABALU

2006



UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: Kesan Penambahan Eucheuma spinosum, Gan Locust Bean dan Karboksimetil Selulosq terhadap ciri-ciri Penggeran Eucheuma cottonii *

IJAZAH: SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUSIHAN (TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSSES)

SESI PENGAJIAN: 2002 / 2003

Saya CHOONG SHIN ER

(HURUF BESAR)

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

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

SULIT

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

TERHAD

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

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 288E-3-1, Fortune Court,

Jalan Thean Teik,

11500 Penang.

Dr. Lee Jay Shya

Nama Penyelia

Tarikh: 17/5/2006

Tarikh: 17/5/2006

ATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

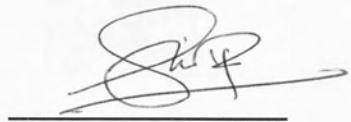
* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organsasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

* 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

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



CHOONG SHIN ER
HN 2003-1856
26 MEI 2006

PERAKUAN PEMERIKSA**Tandatangan**

1. PENYELIA
(DR. LEE JAU SHYA)

2. PEMERIKSA-1
(EN. HASMADI MAMAT)

3. PEMERIKSA-2
(CIK WOLYNA PINDI)

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

PENGHARGAAN

Penyelidik ingin merakamkan penghargaan ikhlas yang setinggi-tingginya kepada penyelia disertasi, Dr. Lee Jau Shya atas bimbingan dan dorongan yang diberikan sepanjang tempoh penyelidikan disertasi ini. Beliau telah banyak memberi tunjuk ajar tanpa berasa jemu dalam proses penyelidik menyiapkan disertasi ini. Ribuan terima kasih ditujukan kepada Prof. Madya Dr. Mohd. Ismail Abdullah, Dekan Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan, pemeriksa-pemeriksa seperti En. Hasmadi Mamat dan Cik Walyna Pindi dan para pensyarah yang telah bertungkus-lumus memberi pertolongan, nasihat dan didikan kepada saya.

Selain itu, perhargaan ini juga didedikasikan kepada para pembantu makmal Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan seperti En. Taipin Gadoit dan En. Othman Ismail yang sudi membimbang dan membantu saya dalam menyiapkan disertasi ini. Penghargaan juga ditujukan kepada rakan seperjuangan terutamanya serta pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam usaha menjayakan disertasi ini.

Akhir sekali, penghargaan ikhlas ingin disalurkan kepada keluarga tersayang yang sentiasa memberi galakan dan sokongan. Tanpa sokongan dan kerjasama daripada semua pihak di atas, disertasi ini tidak akan disiapkan dengan begitu lancar dan sempurna.

Sekian, terima Kasih.

Mei 2006

Choong Shin Er

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan mengkaji kesan penambahan *Eucheuma spinosum* (ES), Gam *Locust Bean* (LBG) dan Karboksimetil Selulosa (CMC) pada kepekatan berlainan terhadap ciri-ciri gel *Eucheuma cottonii* (EC). Kajian dilakukan termasuk ujian penembusan, ujian sineresis, keupayaan memegang air dan kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku (FT). Ciri-ciri gel kappa-karaginan separa tulen EC (KSTC) akan dibandingkan dengan kedua-dua jenis gel EC dan gel EC yang ditambah dengan beberapa jenis gam. Serbuk EC dan ES disediakan dengan mengisarkan rumput laut yang kering, manakala KSTC diekstrak daripada EC dengan menggunakan 0.2M KOH (80-85°C) selama satu jam. Peratusan perolehan penghasilan serbuk EC, ES dan KSTC adalah $58.75 \pm 1.20\%$, $50.30 \pm 2.26\%$ dan $23.45 \pm 2.33\%$. Melalui ujian, gel KSTC mempunyai kekuatan gel, keelastikan, keupayaan memegang air dan sineresis yang lebih baik daripada gel EC ($p<0.05$). Kedua-dua gel adalah tidak stabil terhadap kitaran FT. Penambahan ES pada kepekatan yang lebih tinggi atas gel EC menjadikannya lebih baik ($p<0.05$) daripada gel KSTC dengan meningkatkan kekuatan ($r=+0.926^{**}$) gel, keelastikan gel ($r=+0.963^{**}$), meninggikan keupayaan memegang air ($r=+0.667^{**}$), menurunkan sineresis ($r=-0.771^{**}$) dan memperbaiki kestabilan FT ($r=+0.666^{**}$). Di samping itu, penambahan LBG juga menghasilkan gel EC yang lebih baik daripada gel KSTC dengan memperbaiki kekuatan gel ($r=+0.998^{**}$), keelastikan ($r=+0.948^{**}$), keupayaan memegang air ($r=+0.714^{**}$), sineresis ($r=-0.879^{**}$) dan kestabilan FT ($p<0.05$) untuk gel EC. Sebaliknya, penambahan CMC dapat memperbaiki kekuatan gel ($r=+0.743^{**}$), tetapi menurun keelastikan gel ($r=-0.739^*$), meningkatkan keupayaan memegang air ($r=+0.827^{**}$) dan menurunkan sineresis selama penyimpanan 10 hari. Namun, ia hanya dapat memperbaiki kestabilan FT gel EC pada peringkat awal kitaran FT ($p<0.05$) dan tidak memberi kekuatan gel serta keelastikan gel yang lebih baik ($p<0.05$) daripada gel KSTC. Selain itu, ia dapat menghasilkan gel EC yang mempunyai keupayaan memegang air yang setanding ($p>0.05$) dan sineresis yang lebih rendah ($p<0.05$) daripada gel KSTC. Penambahan CMC pada kepekatan tinggi (1%, w/w) baru menunjukkan kestabilan FT lebih baik ($p<0.05$) dengan gel KSTC. Maka boleh disimpulkan bahawa penambahan ES, LBG dan CMC pada kepekatan tertentu dapat menghasilkan ciri-ciri gel yang lebih baik daripada gel KSTC.

**EFFECT OF *Eucheuma spinosum*, LOCUST BEAN GUM AND
CARBOXYMETHYL CELLULOSE ON GELLING
PROPERTIES OF *Eucheuma cottonii***

ABSTRACT

This research is aimed to study the effect of *Eucheuma spinosum* (ES), Locust Bean Gum (LBG) and Carboxymethyl Cellulose (CMC) at different concentration on the gelling properties of *Eucheuma cottonii* (EC). Tests carried out included penetration test, syneresis test, water holding capacity (WHC) and freeze-thaw (FT) stability. The gelling properties of semi-refined carrageenan EC (KSTC) were compared with both EC gel and EC gel that added with various gums. Seaweed powder was prepared by grinding dried EC and ES, while KSTC was extracted from EC by using 0.2M KOH (80-85°C) for an hour. The percentage recovery of EC, ES and KSTC was reported $58.75 \pm 1.20\%$, $50.30 \pm 2.26\%$ and $23.45 \pm 2.33\%$ respectively. From the penetration test, KSTC gel indicated better gel strength, elasticity, WHC and lower syneresis than EC gel ($p<0.05$). These two gels were not stable towards FT cycle. Addition of high concentration of ES produced better gel than KSTC gel with higher gel strength ($r=+0.926^{**}$), elasticity ($r=+0.963^{**}$), WHC ($r=+0.714^{**}$), lower syneresis ($r=-0.771^{**}$) and improved FT stability ($r=+0.666^{**}$). Meanwhile, addition of LBG also produced better EC gel than KSTC gel by improving the gel strength ($r=+0.998^{**}$), elasticity ($r=+0.948^{**}$), WHC ($r=+0.714^{**}$), syneresis ($r=-0.879^{**}$) and FT stability ($p<0.05$). Generally, gel added with LBG showed better gelling properties than KSTC gel ($p<0.05$). On the other hand, adding of CMC also produced better gel strength ($r=-0.739^*$), WHC ($r=+0.827^{**}$) and syneresis after 10 days storage. Nevertheless, the gel strength, elasticity and freeze thaw stability was lower than KSTC gel ($p<0.05$). Besides, EC gel with CMC has equivalent WHC ($p>0.05$) and lower syneresis ($p<0.05$) than KSTC gel. CMC only showed better FT stability at higher concentration (1%, w/w) than gel KSTC ($p<0.05$). As a result, it can be concluded that addition of ES, LBG and CMC at certain concentrations might produce gel with better properties than KSTC gel.

KANDUNGAN

	Halaman
PENGAKUAN	ii
PERAKUAN PEMERIKSA	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv
SENARAI PERSAMAAN	xvi
BAB 1 : PENDAHULUAN	
1.1 Pendahuluan	1
BAB 2 : ULASAN KEPUSTAKAAN	7
2.1 Rumpai laut	7
2.1.1 Industri rumpai laut di Sabah	8
2.2 Rumpai laut merah <i>Euchema</i>	10
2.2.1 Kepentingan rumpai laut merah	13
2.3 Hidrokoloid makanan	14
2.3.1 Penilaian hidrokoloid dalam industri makanan	14
2.3.2 Karaginan	15
2.3.2.1 Struktur kimia kappa-karaginan dan iota-karaginan	15

2.3.2.2 Perbezaan gel kappa-karaginan dan iota-karaginan	17
2.3.2.3 Ketelarutan	18
2.3.2.4 Mekanism pembentukan gel	19
2.3.2.5 Kestabilan kimia	20
2.3.3 Kegunaan karaginan dalam industri makanan	21
2.3.4 Penghasilan karaginan separa tulen	22
2.3.5 Gam <i>Locust Bean</i> (LBG)	23
2.3.5.1 Aplikasi LBG dalam industri makanan	25
2.3.6 Karboksimetil Selulosa (CMC)	26
2.3.6.1 Aplikasi CMC dalam industri makanan	28
2.4 Interaksi antara polisakarida	29
BAB 3: BAHAN DAN KAEADAH	31
3.1 Bahan mentah	31
3.2 Penghasilan serbuk rumpai laut	31
3.3 Pengekstrakan serbuk karaginan separa tulen <i>Eucheuma cottonii</i> (KSTC)	32
3.4 Penentuan kandungan kelembapan	33
3.5 Penyediaan gel	33
3.6 Ujian penembusan	34
3.7 Ujian sineresis	35
3.8 Kestabilan sejahtera-nyahsejahtera	35
3.9 Keupayaan memegang air	36
3.10 Analisis statistik	36
BAB 4 : HASIL DAN PERBINCANGAN	38
4.1 Kandungan kelembapan	38
4.2 Peratusan perolehan	38

4.3 Ujian penembusan	39
4.3.1 Perbandingan gel EC dan gel KSTC	39
4.3.2 Kesan penambahan ES	42
4.3.3 Kesan penambahan LBG	45
4.3.4 Kesan penambahan CMC	48
4.4 Keupayaan memegang air	51
4.4.1 Perbandingan gel EC dan gel KSTC	51
4.4.2 Kesan penambahan ES, LBG dan CMC	53
4.5 Ujian sineresis	55
4.5.1 Perbandingan gel EC dan gel KSTC	55
4.5.2 Kesan penambahan ES	57
4.5.3 Kesan penambahan LBG	60
4.5.4 Kesan penambahan CMC	62
4.6 Kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku	65
4.6.1 Perbandingan gel EC dan gel KSTC	65
4.6.2 Kesan penambahan ES	67
4.6.3 Kesan penambahan LBG	69
4.6.4 Kesan penambahan CMC	70
BAB 5 : KESIMPULAN	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Cadangan	75
RUJUKAN	77
LAMPIRAN	84

SENARAI JADUAL

No. Jadual	Halaman
2.1 Pengeluaran rumpai laut <i>Eucheuma</i> bagi beberapa negara	9
2.2 Eksport rumpai laut Sabah, 1989-2000	10
2.3 Perbandingan ciri-ciri kappa-karaginan dan iota-karaginan	18
3.1 Penambahan kepekatan gam yang berlainan ke dalam serbuk EC pada kepekatan tetap 2% (w/w)	33
4.1 Peratusan kandungan kelembapan sampel EC, ES, LBG dan CMC	38

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Halaman
2.1 <i>Eucheuma cottonii</i> yang telah dikeringkan	12
2.2 <i>Eucheuma spinosum</i> yang telah dikeringkan	12
2.3 Keratan rentas rumpai laut merah	12
2.4 Struktur (a) Kappa-karaginan dan (b) Iota-karaginan	16
2.5 Struktur kimia pembentukan (a) Kappa-karaginan daripada mu-karaginan dan (b) Iota-karaginan daripada nu-karaginan	17
2.6 Mekanisma penggelan karaginan	20
2.7 Struktur gam <i>Locust Bean</i>	24
2.8 Struktur blok gam <i>Locust Bean</i>	24
2.9 Struktur CMC	27
4.1 Daya maksimum dan sesaran ke atas kepekatan EC dan KSTC pada kepekatan 2% (w/w)	40
4.2 Sampel gel yang (a) belum dilalui ujian penembusan dan (b) setelah ditembusi prob penembusan	41
4.3 Daya maksimum dan sesaran gel EC (2%, w/w) pada kepekatan ES yang berlainan	43
4.4 Kesan penambahan ES (1.2%, w/w) terhadap gel EC (2%, w/w) selepas ujian penembusan	44
4.5 Daya maksimum dan sesaran gel EC (2%, w/w) pada kepekatan LBG yang berlainan	45
4.6 Perbandingan (a) gel EC dan (b) kesan penambahan 0.2% (w/w) LBG terhadap gel EC selepas ujian penembusan	46
4.7 Sinergistik antara kappa-karaginan dan LBG	47
4.8 Daya maksimum dan sesaran gel EC (2%, w/w) pada kepekatan CMC yang berlainan	49
4.9 Kesan penambahan (a) 0.2% (w/w) CMC dan (b) 1% (w/w) CMC terhadap gel EC (2%, w/w) selepas ujian penembusan	50
4.10 Keupayaan memegang air bagi gel EC dan KSTC	52

4.11	Kesan penambahan ES, LBG dan CMC pada kepekatan berlainan (% , w/w) ke atas keupayaan memgang air gel EC 2% (w/w)	54
4.12	Peratusan sineresis untuk gel EC dan KSTC (2%, w/w)	56
4.13	Perbandingan gel EC dan KSTC pada kepekatan 2% (w/w) selepas ujian sineresis selama tempoh penstoran sepuluh hari	57
4.14	Peratus sineresis EC (2%, w/w) pada kepekatan ES yang berlainan	58
4.15	Perbandingan gel 2% (w/w) EC dangan 2% EC + 1.0% (w/w) ES selepas ujian sineresis selama tempoh penstoran sepuluh hari	59
4.16	Peratus sineresis EC (2%,w/w) pada kepekatan LBG yang berlainan	60
4.17	Perbandingan gel 2% (w/w) EC dangan 2% EC + 1.0% (w/w) LBG selepas ujian sineresis selama tempoh penstoran sepuluh hari	62
4.18	Peratusan sineresis EC (2%,w/w) pada kepekatan CMC yang berlainan	63
4.19	Perbandingan gel 2% (w/w) EC dangan 2% EC + 1.0% (w/w) CMC selepas ujian sineresis selama tempoh penstoran sepuluh hari	64
4.20	Kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku untuk gel EC dan KSTC (2%, w/w)	66
4.21	Kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku pada kepekatan EC (% , w/w) berlainan	67
4.22	Kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku pada kepekatan LBG (% , w/w) Berlainan	69
4.23	Kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku pada kepekatan CMC (% , w/w) berlainan	71

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

mm	Milimeter
cm	Sentimeter
ml	Mililiter
mg	Miligram
g	Gram
kg	Kilogram
rpm	<i>Revolutions per minute</i>
pH	<i>Potantra of Hygogeni</i>
°C	<i>Darjah Celsius</i>
M	molar
N	Newton
%	Peratusan
ANOVA	<i>Analysis Of Varians</i>
SPSS	<i>Statistical Package of Social Science</i>
w/w	Berat/berat
SP	Sisihan piawai
ES	<i>Eucheuma spinosum</i>
EC	<i>Eucheuma cottonii</i>
KSTC	Karaginan Separa Tulen <i>Eucheuma cottonii</i>
LBG	Gam <i>Locust Bean</i>
CMC	Karboksilmetil Selulosa
FT	Sejukbeku-nyahsejukbeku
WHC	Keupayaan memegang air

SENARAI LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Perbandingan gel EC dan gel KSTC	84
B. Kesan penambahan kepekatan ES, LBG dan CMC terhadap gel EC (2%, w/w) untuk ujian penembusan	85
C. Korelasi antara daya maksimum dengan kepekatan bagi penambahan ES, LBG dan CMC	88
D. Korelasi antara sesaran dengan kepekatan bagi penambahan ES, LBG dan CMC	89
E. Perbandingan gel EC yang ditambah ES, LBG dan CMC dengan gel KSTC untuk ujian penembusan	90
F. Perbandingan gel EC dan KSTC dari segi keupayaan memegang air	93
G. Kesan penambahan kepekatan ES, LBG dan CMC terhadap gel EC (2%, w/w) untuk keupayaan memegang air	94
H. Korelasi antara keupayaan memegang air dan kepekatan untuk penambahan ES, LBG dan CMC	95
I. Perbandingan gel EC yang ditambah ES, LBG dan CMC dengan gel KSTC untuk keupayaan memegang air	96
J. Perbandingan sineresis gel EC dan KSTC pada kepekatan 2% (w/w)	98
K. Korelasi sineresis dengan tempoh bagi gel EC dan gel KSTC	99
L. Interaksi antara penambahan kepekatan ES, LBG dan CMC dengan hari penstoran	100
M. Kesan penambahan ES, LBG dan CMC pada kepekatan berlainan (%), w/w terhadap gel EC untuk ujian sineresis	102
N. Perbandingan gel EC yang ditambah ES, LBG dan CMC dengan gel KSTC untuk ujian sineresis	103
O. Korelasi sineresis dengan penambahan kepekatan ES, LBG dan CMC terhadap gel EC	107
P. Korelasi sineresis dengan hari penstoran bagi penaambahan ES, LBG dan CMC terhadap gel EC	108
Q. Perbandingan kestabilan FT gel EC dan KSTC pada kepekatan 2% (w/w)	109
R. Korelasi antara kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku dengan kitaran sejukbeku-nyahsejukbeku untuk gel EC (2%,w/w)	110



S. Interaksi antara penambahan kepekatan ES, LBG dan CMC dengan kitaran sejukbeku-nyahsejukbeku	111
T. Kesan penambahan ES, LBG dan CMC pada kepekatan berlainan (% , w/w) terhadap gel EC untuk kestabilan FT	113
U. Korelasi kestabilan FT dengan penambahan kepekatan ES, LBG dan CMC terhadap gel EC	114
V. Perbandingan 2% KSTC (w/w) dengan ES, LBG dan CMC pada kepekatan yang berlainan (% , w/w)	115
W. Perbandingan 2% KSTC (w/w) dengan ES, LBG dan CMC pada kepekatan yang berlainan (% , w/w)	116

SENARAI PERSAMAAN

Persamaan	Halaman
3.1 Peratus perolehan	32
3.2 Peratus sineresis	35
3.3 Peratusan air dibebaskan	36
3.4 Keupayaan memegang air	36

BAB 1

PENDAHULUAN

Rumpai laut atau biasanya dikenali sebagai *Algae* adalah berbeza dengan tumbuhan di tanah kerana ia tidak mempunyai akar, batang dan daun. Spesis rumpai laut *Eucheuma* seperti *Eucheuma cottonii* (EC) dan *Eucheuma spinosum* (ES) adalah daripada divisi *Rhodophyta*. Dinding EC mengandungi rangkaian polisakarida yang merupakan sejenis hidrokoloid yang akan memberi sifat pelekat kepada EC apabila tersebar dalam air (Llanan, 1991).

EC telah menjadi makanan penduduk bagi beberapa buah negara di pesisiran pantai seperti Malaysia, Filipina dan Thailand (Llanan, 1991). Ini kerana harga EC adalah murah serta mengandungi kandungan nutrisi seperti selulosa dan karbohidrat yang tinggi. Secara tradisinya, EC dimakan secara mentah sebagai sayuran lauk pauk dan salad. Ia merupakan makanan yang semakin popular dan juga merupakan salah satu sumber pendapatan bagi sebahagian penduduk tempatan yang menjual EC di pasaran tempatan dan terdapat usaha untuk menanam EC ini secara kecil-kecilan di sabah. Maka, permintaan terhadap EC semakin meningkat di kalangan masyarakat Malaysia.

Sumber EC dan ES adalah mudah diperolehi di Malaysia. Sebagai contoh, Sabah merupakan negeri yang sangat kaya dengan sumber EC dan ES terutamanya di kawasan pesisiran laut seperti Pulau Larapan di daerah semporna, Pulau Gaya serta Pulau Sapi di daerah Kota Kinabalu, Pulau Tiga di daerah Kuala Penyu dan sebagainya (Normah & Nazarifah, 2003). Jabatan Perikanan Sabah telah berjaya

mengkultur rumpai laut EC dan ES di Semporna. EC dan ES dalam bentuk kering akan dieksport ke luar negara seperti Denmark, Perancis dan negara lain untuk diproses menjadi karaginan tulen (Anon, 1998). Secara tidak langsung, ini telah menambahkan pendapatan negara di Malaysia. Walaupun Malaysia kaya dengan sumber rumpai laut, tetapi setakat hari ini, belum wujudnya usaha yang giat untuk mengeksploitasi kegunaannya secara meluas seperti yang dijalankan di negara-negara jiran terutamanya seperti Filipina (Ahmad Ismail, 1995). Menyedari permintaan terhadap EC semakin meningkat pada kebelakangan ini, kerajaan negeri Sabah telah memberi bantuan penuh dalam menjalankan Program Pembangunan Pengkulturan Rumpai Laut (PPRL) untuk membantu rakyat termiskin di negeri ini (IPMP, 2003). Dengan harapan perkembangan industri rumpai laut akan menjadi pemangkin kepada kemajuan ekonomi negeri ini pada masa yang akan datang.

Secara umumnya, EC mempunyai nilai komersial yang tinggi kerana terkenal dalam penghasilan fitokoloid seperti karaginan melalui proses pengekstrakan. Penghasilan karaginan separa tulen (KST) merupakan suatu bidang yang masih baru di Malaysia disebabkan bahan input tenaga yang rendah serta kekurangan penggunaan EC tempatan sebagai bahan mentah (Normah & Nazarifah, 2003). Walau bagaimanapun, dengan keprihatian daripada pihak kerajaan, perkembangan industri EC secara telah menjadi semakin giat dalam pembangunan ekonomi negara. Menurut Normah & Nazarifah (2003), cara pengekstrakan EC yang berlainan akan menghasilkan karaginan yang berbeza dari segi ketulenannya. Walau bagaimanapun, cara pengekstrakan karaginan tulen memerlukan kos yang sangat tinggi kerana melibatkan penggunaan alkohol. Oleh itu, cara pengekstrakan karaginan tulen dalam industri banyak digantikan dengan cara pengekstrakan KST untuk mengurangkan kos pengekstrakan dalam industri (Normah & Nazarifah, 2003).

Karaginan memainkan peranan yang sangat penting sebagai agen penggelan, agen penstabilan dan agen pemekatan (Velde *et al.*, 2001; Glicksman, 1979) dalam bidang pemakanan, khususnya dalam penghasilan produk seperti susu, desert sejukbeku, jeli, sos, krim dan sebagainya. Selain itu, kegunaan karaginan juga digunakan dalam bidang kosmetik dan bidang perubatan. Penggunaan karaginan dalam pemprosesan makanan adalah berdasarkan keupayaannya untuk membentuk gel, meningkatkan viskositi sesuatu larutan dan menstabilkan proses pengemulsian (Bixer & Johndro, 2000).

Pada tahun 1995, *Codex Alimentarius Commission* (CAC) telah meluluskan *International Numbering System* (INS)-E407a-karaginan separa tulen disenarai sebagai makanan aditif (Anon, 1997). Peratusan kepekatan karaginan yang biasa digunakan dalam pelbagai produk makanan adalah antara 0.005% hingga 3% (Rudolph, 2000). KST mempunyai ciri-ciri yang istimewa dalam pembentukan gel. Sebagai contoh, KST digunakan sebagai agen penstabil untuk mengawal kadar pembentukan kristal ais semasa proses pembekuan dan melambatkan pembentukan kristal ais semasa kitaran sejukbeku-nyahsejukbeku (Hoefler, 2004).

Umumnya, keupayaan gel untuk memegang air adalah penting untuk mengelakkan kejadian sineresis berlaku. Gel EC dan KST mempunyai sifat rapuh dan sering menunjukkan sineresis. Oleh itu, kejadian sineresis yang sering berlaku ke atas gel polisakarida merupakan masalah yang sering dihadapi semasa pemprosesan produk makanan seperti jeli, sos, jem dan sebagainya. Produk- produk ini memerlukan pengekalan jumlah kandungan air untuk menjaga kualitinya. Air adalah mudah hilang dan keluar daripada produk selepas penyimpanan dalam satu jangka masa panjang dan ini adalah kesan daripada masalah sineresis. Menurut Mao, Tang & Swanson (2001), kehilangan air dalam gel sering berlaku disebabkan berlakunya daya luaran terhadap gel atau kesan perubahan suhu yang tidak

konsisten seperti kejadian sejukbeku-nyahsejukbeku. Kehilangan air di dalam gel akan menyebabkan pengecutan gel, perubahan tekstur dan penurunan kualiti. Maka, keupayaan memegang air merupakan kriteria yang sangat penting dalam menilaikan tahap penerimaan gel makanan.

Kesan interaksi antara gam dapat membantu polisakarida membentuk gel pada kepekatan yang lebih rendah atau pada kepekatan minimum (Kovacs, 1973; Igoe 1982). Penambahan gam kepada sesetengah polisakarida mungkin dapat mengubah sifat penggelan bagi polisakarida (Dea & Morrison, 1975) dari segi kekuatan gel, keupayaan gel memegang air dan kejadian sineresis dengan memberi kesan interaksi yang baik. Contohnya, kombinasi antara gam *Locust Bean* (LBG) dengan kappa-karaginan akan menghasilkan gel yang lebih elastik dan berupaya menurunkan darjah sineresis (Glickman, 1979; Stanley, 1990).

Seperti yang diketahui, kegunaan EC segar hanya terhad sebagai makanan sahaja. Sehingga hari ini, kegunaannya belum diperluaskan dalam industri makanan. Ini bermakna, EC segar masih belum digunakan sebagai agen pemekat dan agen penstabil seperti KST yang telah lama digunakan dalam industri makanan. Didapati EC dapat mengel apabila dilarutkan dalam air panas. Oleh itu, dipercayai EC juga mungkin boleh digunakan sebagai agen penggelan dan agen pemekatan. Penghasilan gel EC mempunyai beberapa kelebihan daripada gel KST. Misalnya, proses pengekstrakan KST melibatkan kos yang tinggi serta KST yang dihasil melalui proses pengektrakan akan menyebabkan kehilangan kandungan nutrisi seperti protein dan serabut. Maka EC yang belum diekstrak akan mengandungi selulosa dan karbohidrat yang lebih tinggi. Memandangkan manusia sekarang lebih menyukai produk makanan yang semula jadi, maka EC yang belum melalui proses pengekstrakan dapat memenuhi permintaan golongan itu.

Penyataan di atas adalah penting dikaji untuk mengetahui jenis penambahan gam pada kepekatan yang tertentu yang berupaya memberi ciri-ciri gel yang setanding atau lebih baik daripada gel KST. Di samping itu, nisbah percampuran EC dan gam yang berlainan akan menghasilkan ciri-ciri gel yang berlainan, maka ia dapat digunakan dalam menghasilkan produk makanan baru terutamanya makanan sejuk-beku dan makanan *convinent* dapat dikembangkan dengan luas. Banyak kajian telah mengkaji kesan percampuran beberapa jenis gam seperti LBG, ES, gam xanthan dan gam guar terhadap kappa-karaginan berupaya membaiki ciri-ciri gel yang dihasilkan oleh gel kappa-karaginan. Tetapi persoalannya, sejauh manakah ES, LBG dan Karboksimetil selulosa (CMC) berupaya memberi kesan terhadap ciri-ciri gel EC yang belum melalui proses pengekstrakan adalah belum dikaji.

Maka tujuan kajian ini telah direkabentuk adalah untuk mengkaji kesan penambahan ES, gam LBG dan CMC pada kepekatan yang berlainan terhadap EC. Adalah diharapkan melalui kajian ini dapat menghasilkan agen penggelan atau agen pemekatan semula jadi yang baru dalam industri makanan dengan menggunakan EC yang telah bercampuran gam dalam menggantikan kegunaan KSTC dan terus diguna sebagai agen pemekatan dalam industri tanpa melalui proses pengekstrakan. Antara objektif utama kajian ini adalah seperti berikut:

1. Membandingkan ciri-ciri gel *Eucheuma cottonii* (EC) dengan karaginan separa tulen *Eucheuma cottonii* (KSTC).
2. Mengkaji kesan penambahan *Eucheuma spinosum* (ES), Gam *Locust Bean* (LBG) dan Karboksimetil Selulosa (CMC) pada lima kepekatan berlainan terhadap ciri-ciri gel EC melalui ujian penembusan, ujian sineresis, ujian keupayaan memegang air dan ujian kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku.

3. Membandingkan ciri-ciri gel EC yang ditambahan ES, LBG dan CMC dengan gel KSTC.

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 Rumpai laut

Rumpai laut tergolong di dalam kumpulan tumbuhan yang paling ringkas iaitu alga (Norma & Nazarifah, 2003). Rumpai laut pertama dikenali oleh golongan Cina pada tahun 2700 SM. Secara tradisinya, rumpai laut dimakan sebagai sayur-sayuran dan ubat-ubatan oleh negara timur dan negara Pasifik pada masa itu (McHugh, 2003). Pada tahun 65 SM, golongan Romawi mula mengaplikasikan rumpai laut di dalam bidang kosmetik. Manakala pada tahun 1658 pula, bahan pemekat iaitu agar-agar yang diperolehi dari pati air panas rumpai laut merah pertama kali dijumpai di negara Jepun dan rumpai laut mula digunakan sebagai sumber hidrokoloid (Llanan, 1991).

Dijangka terdapat melebihi 8000 spesies rumpai laut di dalam dunia. Tetapi hanya sedikit daripadanya digunakan secara komersial. Rumpai laut adalah berbeza dengan tumbuhan di tanah kerana tidak mempunyai akar, batang dan daun (Enriquez & Flick, 1989). Pengelasan rumpai laut terdiri daripada tiga kelas besar, iaitu Phaeophyta (alga perang), Rhodophyta (alga merah) dan Chlorophyta (alga hijau) (Hodgkiss & Lee, 2002). Pembagian kelas ini adalah berdasarkan pigmen warna yang terkandung dalam rumpai laut (Tim, 2003).

Rumpai laut merah senang dikenali dengan warna merahnya. Warna merahnya dihasil daripada kedominanan pigmen merah yang dipanggil fikoeritrin.

RUJUKAN

- Ahmad Ismail. 1995. *Rumpai laut Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Ainsworth, P. A. & Balnshaed, J. M. V. 1980. Effect of thermal processing on structure and rheological properties of carrageenan/carob gum gels. *Journal of Texture Studies*. **11**: 149-162.
- Angkono, N., Rosli, M. A. & Matanjun, P. 2001. Kajian awal komposisi nutrien beberapa rumpai laut dari Sabah. *Suara Maknanan*. **3**: 43-49.
- Aguilera, J. M. & Stanley, D. W. 1999. *Microstructural principal of food processing and engineering*. 2nd Edition. Martland: Aspen Publishers, Inc.
- Ann, C. E. 1996. *Cahbohydrate in food*. New York: Marcel Beker Inc.
- Anon. 1997. *DTI-Cebu seaweed/carrageenan industri profile*. The philippines' Bestseller. Department of Trade and Industry, Cebu Provincial Office, Philippines.
- Anon. 1998. *Programme on the Department of Mariculture to the Ministry of Rural Development*. Malaysia.
- Arnaud, J. P., Choplin, L. & Lacroix, C. 1989. Rheological behavior of Kappa-karaginan/locust bean gum mixed gel. *Journal of Texture Studies*. **19**: 419-430.
- Bixer, H. J. & Johndro, K. D. 2000. Philippine nature grade or semi-refined carageenan. G. O. Phillips & Williams, P. A. (ed). *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton. Florida: Woodhead Publishing Limited. 245-442.
- Booth, E. 1975. Seaweeds in Industry. Eds. Rely, J. P. & Skirrow, G. (ed.) In *Chemical Oceanography*. Vol 4. London: Academic Press. 219-268.
- Budiaman, E.R. & Fennema, O. 1987. Kinear rate of water crystallization as influenced by viscosity of hydrocolloid suspensions. *Journal of Dairy Science*. **70**:547-554.
- Chen, Y., Liao, M. L., Boger, D. V. & Dunstan, D. E. 2001. Rheological characterisation of κ -carrageenan/locust bean gum mixtures. *Carbohydrate Polymers*. **46**: 117-124.
- Christensen, O. & Trudsoe, J. 1980. Effect of other hydrocolloids on the texture of kappa carrageenan gels. *Journal of Texture Studies*. **11**: 137-147.
- Christopher, M. G. Sandra E, H. John, R. M. & Joanne Smewing. 1999. Measurement of the Rheology of Polysaccharide Gels by Penetration. *Carbohydrate Polymers*. **38**: 255-259.

- Daniel, J. R. & Voragen, a. C. J. 1994. *Ullmann's Encyclopedia of industrial Chemistry*. New York: VCH Publisher.
- Dea, I. C. M., & Morris, A. 1975. *Advance in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. New York : Academic Press. **31**:341-312.
- Dierckx, S. & Dewettinck, K. 2002. Seed gums. Vandamme, E. J. & Steinbuchel, A. (ed.). *Biopolymers: Polysaccharides II*. Weinheim: WILEY-VCH. 321-341.
- Donald, E. P. 2003. Products and technologies. *Journal of Food Technology*. **57**:12:34-47.
- Doty, M. S. 1987. The production and use of *Eucheuma*. Doty, M. S., Caddy, J. F. & Santelices, B. (ed.). *Food and agriculture Organization fisheries technical paper 281*. United Nation: Rome. 124-161.
- Dunstan, D. E., Salvatore, R., Jonsson, M. & Liao, M .L. 2000. Sineresis of kappa-carrageenan gels at different KCl and LBG concentrations. Williams, P. A. & Phillips, G. O. (ed.). *Gums and stabilisers for the food industry 10*. Britain: Royal Society of chemistry.
- Duran, L., Fizman, S. M. & Costell, E. 1986. Compression behaviour of kappa-carraggenan gels: Effects of addition of iota-carrageenan and locust Bean gum. Phillips, G.O., Wedlock, D. J. & Williams, P. A. (ed.). *Gums and stabilisers for the food industry*. Jld. 3. Essex: Elsevier Applied Science Publishers. 177-185.
- Enriquez, L. G., Hwang, J. W., Bati, N. A. & Flick, G. J. 1989. Plant and Microbial Food gums. George Charalambous & George Doxastakis (ed.). *Food Emulsifiers*. Amsterdam: Elseviers. 348-360.
- Enriquez, L.G. & Flick. 1989. Marine colloids. George Charalambous & George Doxastakis (ed.). *Food Emulsifiers*. Amsterdam: Elseviers. 235-334.
- Everett, D. H. 1994. *Basic principle of colloid science*. London: Royal Science of Chemistry.
- Feddersen, R. L. & Thorp, S. N. 1993. Sodium Carboxymethylcellulose. Whistler, R. L. & Bemiller, J. N. (ed.). *Industrial gums: Polysaccharides and their derivatives*. (3rd edition). London: Academic Press, Inc. 537-578.
- Fernandes, P. B. 1991. A rheology characterization of kappa-carrageenan/Galactomannan mixed gels: a comparison of Locust Bean Gum samples. *Carbohydrate Polymers*. **16**: 253-274.
- Fernandes, P. B., Goncalves, M.P. & Doublier, J.L. 1992. Effect of galactomannan addition on the thermal behaviour of kappa-carrageenan gels. *Carbohydrate Polymers*. **19**: 261-269.
- Fernandes, P. B. 1994. Rheological behavior of kappa-carrageenan/galactomannan mixtures at a very low level of kappa-carrageenan. *Journal of Texture Studies*. **25**: 267-283.
- Foscarini, R. & Prakash, J. 1990. *Handbook on Eucheuma seaweed cultivation in Fiji*. Field Document. Suva: Fiji.

- Fox, J. E. 1999. *Seed Gum. Thickening and gelling agents for food.* (2nd edition). Gaithersburg: Aspen Publishers, Inc.
- Gerhard, A. D. R. & Rudolph, B. 1997. Carrageenan biotechnology. *Trends in Food Science and Technology.* 8: 389-395.
- Glicksman, M. 1969. *Gum technology in the food industry.* New York: Academic Press. 211-260.
- Glicksman, M. 1979. Gelling Hydrocolloids in Food Product applications. Blanshard, J. M. V. & Mitchell, J. R. (ed.). *Polysaccharides in Food.* London: Butterworths. 185-204.
- Glickman, M. 1983. *Food hydrocolloids.* Vol II. New York. CRC Press, Inc. 85-111.
- Guiseley, K. B., Stanley, N. F. & Whitehouse, P. A. 1980. *Handbook of water soluble gums and resins.* New York: McGraw-Hill. 5-30.
- Gunning, A. P., Cairns, P., Kirby, A. R., Round, A. M., Bixler, H. J. & Morris, V. J. 1998. Characterising semi-refined iota-carrageenan network by atomic force microscopy. *Carbohydrate Polymers.* 36: 67-72.
- Hodgkiss, I. T. & Lee, K. Y. 2002. *Hong Kong Seaweed.* Hong Kong: The Urban Council.
- Hoefler, A. C. 2004. *Hydrocolloids.* Minnesota :American Association of Cereal Chemists.
- Holtzhauer, D. R. Y. 1991. Uses of Seaweeds in Cosmetics. Guiry, M. D. & Blunden, G. (ed.). In *Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential.* Guilford: Biddles Ltd.
- Huffman, F. G & Shah, Z. C. 1995. Carrageenans: uses in food and others industries. *Nutrition Today.* 30(6):246-253.
- Igoe, R. S. 1982. Hydrocolloid interactions useful in food systems. *Journal of Food Technology.* 36:72-74.
- Imeson, A. P. 2000. Carrageenan. Phillips, G. O. & Williams, P. A. (ed.) *Handbook of hydrocolloids.* Cambridge: CRC Press.
- INFOFISH. 1983. Seaweeds-production and markets. *INFOFISH Marketing Digest.* 4: 23-6.
- IPMP. 2003. Projek Pengkulturan Rumpai Laut.
<http://www.ums.edu.my/ipmb/bmribule.php>
- Jabatan Perikanan Sabah. 2001. "Pengenalan kepada industri rumpai laut".
<http://www.fishdept.sabah.gov.my/profile/export.htm>
- Jaeger. 1964. *Elasticity Fracture and Flow.* London: Metheun.
- Jensen, J. 1993. Fancy fish products, a new trend. *Food Markeitng & Technology:* August.

- Jurasek, O. & Phillips, G. O. 1998. The classification of nature gums: A method to distinguish between two types of commercial carrageenan (Part IX.). *Food hydrocolloids.* **12:** 389-392.
- Kailasapathy, K., Hourigan, J. A. & Nguyen, M. H. 1992. Effect of casein-carrageenan interactions on yield and sensory qualities of cottage cheese. *Food Australia.* **44:**30-34.
- Kovacs, P. 1973. Usefull incompatibility of xanthan gum with galactomannans. *Journal of Food Technology.* **27:**26-30.
- Lahaye, M. 2001. Chemistry and physioco-chemistry of phytocolloids. *Cahbohydrate Biology Macromolecule.* **42:**137-157.
- Lawrence, A. A. 1973. *Edible gums and related substances.* London: Noyes Data Corporation. 117.
- Lee, M. H., Beak, M. H., Cha, D. S., Park, H. J. & Lim, S. T. 2002. Freeze-thawstability of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. *Food Hydrocolloids.* **16:** 345-352.
- Llanan, E. G. 1991. Poduction and utilization of seaweeds in the Philippines. *INFOFISH International.* **1:** 7-12.
- Lodaite, K., Karin, O. S., Paulsson, M. & Dejmek, P. 2000. One-dimensional syneresis of rennet-induced gels. *International Dairy Journal.* **10:** 829-834.
- Lomholt, S. B., & Qvist, K. B. 1999. The formation of cheese curd. Law, B. (ed.). *Technology of Cheesemaking.* Sheffield: Academic Press. 66-99.
- Lundin, L. & Hermansson, A. N. 1997. Rheology and microstructure, of Ca- and Na-carrageenan and locust bean gum gels. *Carbohydrate Polymers.* **34:** 365-37.
- Maier, H., Anderson, M., Kari, C., Magnuson, K., & Whistler, R. L. 1993. Guar, Locust Bean, Tara and Fenugreek Gums. Whistler, R. L. & Bemiller, J. N. (ed.). *Industrial gums: Polysaccarides and thier derivatives.* (3rd edition). London: Academic Press, INC. 181-226.
- Mao, R., Tang, J. & Swanson, B. G. 2001. Water holding capacity microstructure of gellan gels. *Carbohydrate Polymers.* **46:** 365-371.
- McHugh, D. J. 1991. Industri rumpai laut: suatu tinjauan. *INFOFISH.* **12(3):** 17-21.
- McHugh, D. J. 2003. A guide to the seaweed industri. *Food And Agricultural Organization Fisheries Technical Paper 441.* United Nation : Rome. 51-60.
- Medina, T., L. E., Brito-De La Fuente, L. E. B., Torrestiana-Sanchez & Alonso, S. 2003. Mechanical propertise of gels formed by mixtures of mucilage gum and carrageenans. *Carbohydrate Polymers.* **52:**143-150.
- Millane, R. P., Chandrasekaran, R., Arnott, S., & Dea, I. C. M. 1988. The molecular structure of kappa-carrageenan and comparison with iota-carrageenan. *Carbohydrate Research.* **182:** 1-17.

- Mitsumata, T., Suemitsu, Y., Fujiib, K., Fujiic, T., Taniguchia, T. & Koyama, K. 2003. pH-response of chitosan, kappa-carrageenan, carboxymethyl cellulose sodium salt complex hydrogels. *Polymer*. **44**: 7103–7111.
- Moirano, A. L. 1977. Sulfated seaweed polysaccharides. Graham, H. D. (ed.). *Food Colloids*. Westport, Conn: Avi Publishing. 347- 381.
- Murray, J. C. F., Hercules, L. & Reigate. 2000. Cellulosics. Phillips, G. O. & Williams, P. A. (ed.). *Handbook of hydrocolloids*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Nikersona, M .T., Paulsona, A. T. & Hallettb, F. R. 2004. Dilute solution properties of kappa-carrageenan polysaccharides: effect of potassium and calcium ions on chain conformation. *Carbohydrate Polymers*. **58**: 25–33.
- Nishinari, K. & Zhang, H. 2004. Recent advances in the understanding of heat set gelling polysacarides. *Tren in Food Science & Technology*. **15**: 305-312.
- Norma, O. & Nazarifah,I. 2003. Production of semi-refined carrageenan from locally available red seaweed, Eucheuma cottonii on laboratory scale. *Journal Tropica Agriculture And Food Science*. **31**(2):207-214.
- Nussinovitch, A. 1997. *Hydrocolloid Application: Gum technology in the food and other industries*. London: Blakie Academic & Professional.
- Oakenfull, D. & Scott. A New approaches to the investigation of food gels. Phillips, G.O., Wedlock, D. J. & Williams, P. A. (ed.). *Gums and stabilisers for the food industry*. Jld. **3**. Essex: Elsevier Applied Science Publishers. 465-475.
- Okenfull, D. & Morris, V. J. 1987. A kinetic investigation of the extent of polymer aggregation in carrageenan and furcellaran gels. *Chemical Industry*. **6**: 201-202.
- Okenfull, D. , Naden, J. & Paterson, J. Solvent. 2000. Structure and the influnce od anion on the gelation of kappa-carrageenan and its synergistic interaction with Locust Bean Gum. Williams, P. A. & Phillips. (ed.). *Gums and tabilisers for food industry 10*. Cambridge: Royal Science of Chemistry. 221-228.
- Philip, H. 2000. Finding your way with hydrocolloids. *Asia Pacific Food Industry*. July: 39-42.
- Phillips, G. O. & Williams, P. A. 2000. *Handbook of hydrocolloids*. Cambridge: CRC Press.
- Piculell, L., Borgstrom, J., Chronakis, I. S., Quist, P. O. & Viebke, C. 1997. *International Journal Biology Marcromolecular*. **10**:221-232.
- Piculell, L., Nilsson. S. & Muhrbeck, P. 1997. Effects of small amounts of kappa-carrageenan on the rheology of aqueous iota-carrageenan. *Carbohydrate Polymers*. **18**: 199-208.
- Prabhanjan, H., Gharia, M. M. & Srivastava, H. C. 1989. Guar gum derivatives. Part I: Preparation and properties. *Carbohydrate Polymers*. **11**: 279-292.
- Pszczola, D. 2003. Plot thickens, as gums add special effects. *Food Technology*. **57**:12, 34-47.

- Rahman, M. S. 1999. Food preservation by freezing. *Handbook of food preservation*. New York: Marcel Dekker. 259-284.
- Rees, D. A. 1969. Structure conformation and mechanism in the formation of polysaccharide gels and net works. Wolfram, M.L. & Tulsion, R.S. (ed.). *Advance in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. Weinheim: WILEY-VCH. 267-332.
- Renn, D. W. & Quemener, B. 1999. Measurement of carrageenans in food: challenges, progress, and biotechnology-inseparable companions. *Hydrobiologia*. **204/205**: 7-13.
- Rochas, C. & Taravel, F. R. 1996. Polysaccharide-polysaccharide interaction. *Polymer Materials Encyclopedia*. Salamone, J. C. (ed.). Vol. 8. Boca Raton: CRC Press.
- Rotbart, M., Neeman, I., Nussinovitch, A., Kompelman, I. J. & Cogan, U. 1988. The extraction of carrageenan and its effect on the gel texture. *International Journal of Food Science and Technology*. **23**: 591-599.
- Rudolph, B. 2000. *Seaweed products: red algae of economic significance*. Lancaster: Technomic Publishing Company, INC.
- Ruusunen, M., Vainionpa, J., Puolanne, E., Lyly, M., Lahteenma, L., Niemisto, M. & Ahvenainen, R. 2003. Effect of sodium citrate, carboxymethyl cellulose and carrageenan levels on quality characteristics of low-salt and low-fat bologna type sausages. *Meat Science*. **64**: 371-381.
- Sanderson, G.R. 1981. Polysaccharides in foods. *Journal of Food Technology*. **35**(7): 50-57, 83.
- Stanley, N. F. 1990. Carrageenans. Peter Harris (ed.). *Food gels*. London: Elsevier Science Publishers LTD. 87-97.
- Scherer, G. W. 1989. Mechanics of syneresis. *Journal of Non-crystalline Solids*. **108**: 18-27.
- Tako, M. & Nakamura, S. 1986. Synergistic interaction between carrageenan and locust bean gum in aqueous media. *Agricultural and Biology Chemistry*. **50**: 2817-2822.
- Takigami, S., Etoh, Y. & Phillips, G. O. 2000. Comparison of the interaction of water with refined kappa-carrageenan (INS 407) and processed *Eucheuma* seaweed (INS 407A). *Food Hydrocolloids*. **14**(6): 609-613.
- Therkelsen, G. H. 1993. Carrageenan. Whistle, R. L. & Bemiller, J. N. (ed.) *Industrial Gums: Polysaccharides & their derivatives*. (3rd edition). London: Academic Press, Inc. 145-178.
- Thomas, W. R. 1997. Carrageenan. Imeson, A. (ed.). *Thickening and gelling agent for food*. (2nd edition). Maryland: Aspen Publishers. Inc.
- Tim, P. P. S. 2003. *Budaya, pengolahan dan pemasaran rumput laut*. Jakarta: PT penerbar Swadaya.

- Tong, C. & Hicks, K. 1991. Sulfated polysaccharides inhibit browning od apple juice and diced apples. *Journal of Agriculture Food Chemistry*. **39**: 1719-1722.
- Velde, F. & Gerhard, A. D. R. 2002. Carregeenan. Baets, S. D. Vandamme, E. J. & Steinbuchel, A. (ed.). *Biopolymers: Polysaccharides II*. Weinheim: WILEY-VCH. 245-273.
- Velde, F., Peppelman, H. A., Rollema, H. S. & Trompa, R. H. 2001. On the structure of κ:L-hybrid carrageenans. *Carbohydrate Research*. **331**: 271–283.
- Velde, V. F., Knutsen, S. H., Usov, A. I., Rollema, H. S. & Cerezo, A. S. 2002. ¹H and ¹³C high resolution NMR spectroscopy of carrageenans: application in research and industry. *Trends in Food Science and Technology*, **13**: 73-92.
- Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & van Boekel, M. A.. J. S. 1999. *Dairy Technology : Principles of milk properties and processes*. New York: Marcel Dekker.
- Yuguchi, Y., Thuy, T. T. T., Hiroshi Urakawa & Kajiwara. 2002. Structural characteristics of carrageenan gels: temperature and concentration dependence. *Food Hydrocolloids*. **16**: 515-522.