

KAJIAN VISKOSITI KE ATAS LARUTAN

Eucheuma cottonii DAN EKSTRAKAN

KARAGINAN SEPARA TULENNYA

CHAI YIN FEN

SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2005



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

TITUL: KAJIAN VISKOSITI KE ATAS EUCHEUMA COTTONII DAN EKSTRAK KARAGINAN
SEPARA TULENYA

TAJUK: SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN DALAM BIDANG
TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES
SESI PENGAJIAN: 2002 - 2005

NAMA: CHAI YIN FEN

(HURUF BESAR)

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

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

SULIT

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

TERHAD

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

TIDAK TERHAD

Digahkan oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 76, TAMAN BERJAYA

32000 SITIAWAN, PERAK

DR. LEE JAU SHYA

Nama Penyalia

Tarikh: 14/4/2005

Tarikh: 14/4/2005

PERHATIAN: * Potong yang tidak berkenaan.

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

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

KAJIAN VISKOSITI KE ATAS LARUTAN *Eucheuma cottonii* DAN EKSTRAKAN
KARAGINAN SEPARA TULENNYA

CHAI YIN FEN

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

SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
KOTA KINABALU

2005



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

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

26 FEBRUARI 2005



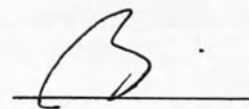
Chai Yin Fen
HN2002-4794



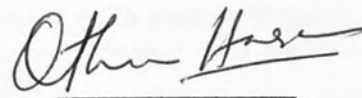
DIPERAKUI OLEH

Tandatangan

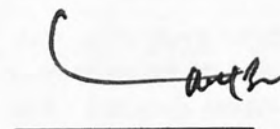
1. PENYELIA
(Dr. Lee Jau Shya)



2. PEMERIKSA 1
(Encik Othman Hassan)



3. PEMERIKSA 2
(Dr. Chye Fook Yee)



4. DEKAN
(Profesor Madya Dr. Mohd Ismail bin Abdullah)



PENGHARGAAN

Dengan penyempurnaan tesis ini, sekalung terima kasih ditujukan kepada penyelia saya iaitu Dr. Lee Jau Shya atas segala tunjuk ajar dan bimbingan yang tidak terhingga sepanjang saya menjalankan tesis ini. Saya amat menghargai dan akan senantiasa mengingati keprihatinan dan kesabaran Dr. Lee dalam membantu dan memberikan pedoman yang tidak ternilai dari awal hingga ke akhir projek ini.

Tidak dilupai juga kepada semua pembantu makmal khususnya Encik Othman Ismail yang amat bekerjasama dalam membantu saya semasa berada dalam makmal. Begitu juga dengan para pegawai yang bertugas di perpustakaan Universiti Malaysia Sabah yang telah membantu dan memudahkan tugas saya dalam mencari maklumat-maklumat di perpustakaan.

Jutaan terima kasih juga diucapkan kepada ibubapa dan adik yang telah memberikan sokongan kewangan dan moral bukan sahaja sepanjang proses pelaksanaan projek ini, malah sepanjang pengajian saya di sini. Kepada rakan-rakan seperjuangan pula, ditujukan ucapan terima kasih dan semoga maju jaya.



ABSTRAK

Objektif kajian ini adalah untuk mengkaji perbezaan di antara ciri-ciri viskositi larutan serbuk *Eucheuma cottonii* dan karaginan separa tulennya (KST) daripada segi kesan kepekatan, suhu, pH, kelajuan gelendung dan sifat kebersandaran pada masa dengan menggunakan Viskometer Digital Brookfield (HADV-E 230). KST telah disediakan melalui pengekstrakan dengan menggunakan larutan kalium hidroksida (KOH) pada pH 13 dan suhu 80°C, yang telah memberikan peratusan perolehan dan kandungan kelembapan sebanyak 6.7-7.6% dan 7.44±0.34% masing-masing. Peningkatan kepekatan dari 1.4% (w/w) hingga 3.2% (w/w) telah menyebabkan peningkatan nilai viskositi ketara bagi kedua-dua larutan rumpai laut dan KST di mana ujian korelasinya telah menunjukkan bahawa wujudnya perhubungan positif yang signifikan antara viskositi kedua-dua larutan rumpai laut ($r=0.907^{**}$) dan KST ($r=0.957^{**}$) dengan kesan kepekatan. Sebaliknya, bagi kesan suhu, wujudnya perhubungan negatif yang signifikan bagi viskositi kedua-dua larutan rumpai laut ($r=-0.840^{**}$) dan KST ($r=-0.886^{**}$). Begitu juga dengan kesan kelajuan gelendung yang mempamerkan perhubungan negatif yang signifikan antara viskositi larutan rumpai laut ($r=-0.836^{**}$) dan KST ($r=-0.896^{**}$). Peningkatan dalam suhu (40°C hingga 80°C) atau kelajuan gelendung (20, 30, 60, dan 100 rpm) akan menyebabkan penurunan dalam kelikatan ketara. Viskositi ketara didapati meningkat dari sekitar pH 1.35 hingga pH 8.15 untuk larutan rumpai laut dan hingga pH 9.11 untuk larutan KST. Kenaikan pH seterusnya akan menyebabkan penurunan semula viskositi ketara kecuali larutan KST yang menunjukkan peningkatan yang signifikan ($p<0.05$) dari pH 10.77 ke pH 11.34. Kedua-dua larutan tidak menunjukkan sifat kebersandaran pada masa di mana tiada perbezaan yang signifikan ($p>0.05$) dikesan pada tempoh 1 minit hingga 60 minit. Secara keseluruhannya, ujian-t menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p<0.05$) untuk nilai viskositi ketara di antara kedua-dua larutan dalam kesemua kesan yang dikaji kecuali pada pH 1 dan pH 2, yang disebabkan oleh hidrolisis asid ke atas ikatan glikosidik kappa-karaginan.



ABSTRACT

Viscosity study of *Eucheuma cottonii* and its semi-refined carrageenan solution

The objective of this study is to determine the differences of viscosity properties between *Eucheuma cottonii* and its semi-refined carrageenan solution based on the effect of concentration, temperature, pH, rotational speed and time dependency by using Brookfield Digital Viscometer (HADV-E 230). Extraction of semi-refined carrageenan was done under pH 13 and 80°C using potassium hydroxide (KOH) for an hour to obtain semi-refined carrageenan with $7.44 \pm 0.34\%$ of moisture content and 6.7-7.6% of yield percentage. The apparent viscosity for both solutions increased as the concentration increased from 1.4% (w/w) to 3.2% (w/w), in which correlation test showed the occurrence of significant positive relationship for both seaweed ($r=0.907^{**}$) and semi-refined carrageenan ($r=0.957^{**}$) solutions. In contrast, there was a significant negative relation between the temperature and both seaweed ($r=-0.840^{**}$) and semi-refined carrageenan ($r=-0.886^{**}$) solutions. The effect of rotational speed also showed the occurrence of significant negative relationship for both seaweed ($r=-0.836^{**}$) and KST ($r=-0.896^{**}$). The increase in temperature (40°C to 80°C) or the rotational speed (20, 30, 60, and 100 rpm) will decrease their apparent viscosities. The apparent viscosities were found increased from around pH 1.35 to pH 8.15 for seaweed solution and pH 9.11 for KST solution. Further increment of pH will reduce the apparent viscosity except KST solution which exhibited significant increase from pH 10.77 to pH 11.34. Both solutions did not exhibit any time dependency characteristic. On the whole, t-test showed that there were significant differences ($p < 0.05$) in the apparent viscosities between both solutions in all the effects being studied except at pH 1 and pH 2 due to the acid hydrolysis on glycosidic bond of the kappa-carrageenan.



KANDUNGAN

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PENGAKUAN	ii
PERAKUAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI SIMBOL	ix
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI LAMPIRAN	xii
BAB 1: PENDAHULUAN	1
1.0 Pengenalan	1
BAB 2: ULASAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Rumpai laut	4
2.1.1 <i>Eucheuma cottonii</i>	5
2.2 Karaginan	7
2.2.1 Kappa-karaginan	10
2.2.2 Ciri-ciri pemekatan	11
2.2.3 Penggunaan karaginan dalam industri makanan	12
2.3 Viskositi bendalir	14
2.4 Klasifikasi sifat aliran bendalir	16
2.4.1 Bendalir Newtonian	16
2.4.2 Bendalir bukan Newtonian	18
2.5 Kesan-kesan yang mempengaruhi viskositi bendalir	21



BAB 3: BAHAN DAN KAEDAH	25
3.1 Bahan dan radas	25
3.2 Penghasilan sampel	26
3.2.1 Penghasilan serbuk KST	26
3.2.2 Penghasilan serbuk rumpai laut	26
3.3 Penentuan kandungan kelembapan	27
3.4 Analisis spektrum inframerah	28
3.5 Penyediaan larutan sampel	28
3.6 Penentuan viskositi	28
3.6.1 Kesan kepekatan	29
3.6.2 Kesan suhu	29
3.6.3 Kesan pH	30
3.6.4 Kesan kelajuan gelendung	30
3.6.5 Sifat kebersandaran pada masa	31
3.7 Analisis statistik	31
BAB 4: HASIL DAN PERBINCANGAN	32
4.1 Penghasilan KST	32
4.2 Penentuan kandungan kelembapan	33
4.3 Analisis spektrum inframerah	33
4.4 Penentuan viskositi	36
4.4.1 Kesan kepekatan	36
4.4.2 Kesan suhu	38
4.4.3 Kesan pH	40
4.4.4 Kesan kelajuan gelendung	43
4.4.5 Sifat kebersandaran pada masa	45
BAB 5: KESIMPULAN	47
RUJUKAN	48
LAMPIRAN	53



SENARAI SIMBOL

%	peratus
% (w/w)	peratusan berat per berat
°C	darjah celcius
cm ⁻¹	nombor gelombang
g	gram
kg	kilogram
M	mol
ml	mililiter
mPa.s	miliPascal sesaat
rpm	bilangan putaran per minit



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Penghasilan karaginan di dunia pada tahun 1993	5
2.2	Jenis spesies yang menghasilkan k-karaginan	10
3.1	Jenis alat yang digunakan dalam eksperimen	25
3.2	Penyediaan larutan penimbal yang digunakan dalam eksperimen	30



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Halaman
2.1 Morfologi <i>Eucheuma cottonii</i>	6
2.2 Perubahan struktur dari μ -karaginan menjadi k-karaginan	11
2.3 Keadaan molekul ketika proses pemekatan	11
2.4 Perbezaan pengisian ruangan oleh molekul linear dan molekul yang bercabang	12
2.5 Klasifikasi bendalir	16
2.6 Bendalir Newtonian	17
2.7 Bendalir bukan Newtonian (ketidakbersandaran pada masa)	20
2.8 Bendalir bukan Newtonian (kebersandaran pada masa)	21
2.9 Bendalir bukan Newtonian	24
3.1 Viskometer Digital (HADV-E 230)	25
3.2 Proses pengekstrakan karaginan	27
3.3 KST yang telah dikeringkan	27
4.1 Spektrum pemancaran rumpai laut <i>Eucheuma cottonii</i> dan KST	35
4.2 Kesan kepekatan ke atas viskositi ketara larutan rumpai laut dan KST	37
4.3 Kesan suhu ke atas viskositi ketara larutan rumpai laut dan KST	39
4.4 Kesan pH ke atas viskositi ketara larutan rumpai laut dan KST	41
4.5 Kesan kelajuan gelendung ke atas viskositi ketara larutan rumpai laut dan KST	44
4.6 Sifat kebersandaran pada masa oleh larutan rumpai laut dan KST	46



SENARAI LAMPIRAN

No. Lampiran	Halaman
A Kesan kepekatan ke atas viskositi ketara larutan rumpai laut dan KST	53
B Kesan suhu ke atas viskositi ketara larutan rumpai laut dan KST	54
C Kesan pH ke atas viskositi ketara larutan rumpai laut dan KST	55
D Kesan kelajuan gelendung ke atas viskositi ketara larutan rumpai laut dan KST	56
E Sifat kebersandaran pada masa oleh larutan rumpai laut dan KST	57
F Ujian korelasi	58
G ANOVA	60
H Independent sample test	69
I Pair sample t-test	73



BAB 1

PENDAHULUAN

1.0 Pengenalan

Makanan didapati wujud dalam pelbagai bentuk sama ada dalam keadaan cecair, pepejal atau separa pepejal. Dalam keadaan tertentu, sesetengah makanan wujud dalam bentuk yang berlainan bergantung kepada keadaan atau persekitarannya. Sebagai contohnya, ais krim berupaya untuk wujud dalam bentuk pepejal pada suhu rendah tetapi berubah menjadi cecair pada suhu yang tinggi. Oleh sebab itu, adalah penting untuk mengetahui ciri-ciri reologi makanan. Reologi merupakan sains aliran dan ubah bentuk di mana apabila tegasan dikenakan ke atas satu bahan, perubahan bentuk, dan kadar serta tabiat ubah bentuk yang berlaku akan mencirikan sifat reologinya (Toledo, 1995). Menurut Blair (1969), perkataan "rheology" adalah berasal daripada Profesor Eugene C. Bingham dari Kolej Lafayette, Easton. Reologi yang meliputi aliran bendalir adalah amat berguna dalam mentakrifkan set parameter yang digunakan untuk menentukan sifat bendalir dalam sesuatu proses. Dalam industri makanan, kajian viskositi ke atas makanan yang bersifat cecair adalah penting untuk tujuan kawalan kualiti, korelasi dengan penilaian sensori, memahami struktur makanan dan untuk kegunaan dalam bidang kejuruteraan (Jowitt *et al.*, 1983). Tambahan pula, kebanyakan pemrosesan dalam industri makanan adalah bersifat berterusan, maka, memerlukan bahan mentah dan hasilan industri makanan untuk wujud dalam bentuk bendalir.

Viskositi atau kelikatan merupakan pengukuran rintangan terhadap aliran bendalir (Sharma, Mulvaney & Rizvi, 2000; Singh & Heldman, 2001). Pergerakan



bendalir berlaku disebabkan oleh daya yang dikenakan ke atasnya. Daya akan mengakibatkan berlakunya daya ricihan iaitu pergerakan lapisan bendalir ke atas satu sama lain. Pengukuran viskositi bukan sahaja akan mengukur kadar aliran bendalir malah menentukan jenis aliran bendalir yang akan membahagikannya kepada jenis Newtonian atau bendalir bukan Newtonian. Pengetahuan mengenai jenis bendalir dan kesan-kesan yang mempengaruhi viskositi akan memudahkan pengeluar dalam industri makanan mengawal keadaan pemprosesan serta formulasi sesuatu produk agar bersesuaian dengan mesin yang digunakan.

Disebabkan potensinya yang kurang dikenali umum, rumpai laut merupakan suatu sumber lautan yang paling kurang diusahakan berbanding dengan sumber lautan yang lain walaupun kuantiti yang banyak boleh didapati di pinggir dan dalaman laut. Namun demikian, rumpai laut sebenarnya telah lama dikenali dan dimanfaatkan oleh manusia sebagai bahan ubat-ubatan dan bahan makanan sejak zaman Shen Nung sekitar tahun 2700 sebelum Masihi (Aslan, 1991). Secara amnya, rumpai laut adalah terbahagi kepada divisi seperti Phaeophyta, Rhodophyta, Chlorophyta (Trono, 1999; Kiple & Ornelas, 2000). *Eucheuma* sp. yang tergolong dalam divisi Rhodophyta, merupakan spesis yang paling banyak digunakan disebabkan oleh penggunaannya yang meluas di dalam industri makanan, perubatan, dan kosmetik yang memerlukan karaginan yang terdapat di dalamnya sebagai agen pemekatan dan pengelan.

Karaginan merupakan sejenis gam atau hidrokoloid yang diekstrak daripada rumpai laut merah. Pada Jun 2001 di Rom, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) telah meluluskan pengambilan harian yang boleh diterima untuk karaginan sebagai "*not specified*" (Cohen, 2002). Ini telah meningkatkan penggunaan karaginan dalam pemprosesan makanan sebagai agen pemekatan atau pengikatan dalam makanan seperti aiskrim, makanan bayi, produk daging



rendah lemak, sos salad, dan keju (Huffman & Shah, 1995). Karaginan berupaya untuk bertindak sebagai agen pemekatan disebabkan oleh ciri-ciri rantaian molekulnya yang linear, akan membolehkannya memenuhi ruangan yang maksimum dalam sesuatu larutan dan seterusnya menyebabkan peningkatan rintangan ke atas pengaliran larutan tersebut. Oleh yang demikian, untuk mencapai fungsi karaginan sebagai agen pemekatan pada tahap yang maksimum, adalah penting untuk mengkaji ciri-ciri aliran bendalir larutan karaginan untuk mengetahui keadaan penggunaan yang sesuai dalam industri pemprosesan makanan berdasarkan kesan-kesan yang mempengaruhi viskositinya. Namun demikian, dalam industri makanan, kebanyakan karaginan yang digunakan adalah jenis karaginan tulen di mana pengekstrakannya memerlukan kos yang lebih tinggi akibat penggunaan alkohol berbanding dengan karaginan separa tulen (tanpa penggunaan alkohol) dan rumpai laut (tanpa diekstrak). Karaginan separa tulen dan *Eucheuma cottonii* (tanpa pengekstrakan) juga didapati mempunyai keupayaan untuk bertindak sebagai agen pemekatan dalam produk makanan. Bagaimanapun, kajian viskositi kurang ditumpukan ke atas karaginan separa tulen dan rumpai laut tanpa pengekstrakan berbanding dengan karaginan separa tulen. Oleh sebab itu, kajian viskositi ini dilakukan ke atas larutan serbuk *Eucheuma cottonii* dan ekstrak karaginan separa tulennya.

Objektif kajian ini ialah untuk: -

- a) mengkaji kesan-kesan suhu, kepekatan, pH dan kelajuan gelendung serta sifat kebersandaran pada masa ke atas viskositi larutan serbuk *Eucheuma cottonii* dan karaginan separa tulennya (KST).
- b) mengkaji perbezaan di antara ciri-ciri viskositi larutan serbuk *Eucheuma cottonii* dan viskositi KST yang diekstrak daripada *Eucheuma cottonii*.



BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1. Rumpai Laut

Rumpai laut merupakan alga yang terdiri daripada pelbagai jenis sel berlainan yang tersusun dengan struktur yang tertentu (Rudolph, 2000). Istilah alga atau *algae* yang juga merujuk kepada rumpai laut telah diperkenalkan oleh Linnaeus dan masih digunakan sehingga ke hari ini (Aslan, 1991). Keunikan alga boleh dikesan dan dibezakan daripada tumbuhan lain pada ciri-ciri morfologi seperti struktur yang tidak berdaun, berbatang atau berakar, serta pembiakan dengan spora satu sel dan ketiadaan bunga, buah atau biji benih.

Menurut Rudolph (2000), rumpai laut pertama kalinya dikenali di Asia melalui penggunaannya di dalam makanan dan perubatan. Ini telah dibuktikan oleh *Materia Medica* dari negara China yang telah mencatatkan penggunaan rumpai laut jenis *Ecklonia* sebagai sumber makanan dan perubatan pada tahun 260 sebelum Masihi. Selain itu, sejarah awal penggunaan rumpai laut di Asia juga boleh dikesan di negara Jepun pada Zaman Yayoi (tahun 200 sebelum Masihi) di mana maharajanya pada ketika itu telah menguatkuasakan *Law of Taiho* yang mewajibkan pembayaran cukai ke atas rumpai laut jenis *Gelidium*, *Laminaria*, *Porphyra*, dan *Undaria spp.* (Kiple & Ornelas, 2000). Sehingga ke hari ini, pemakanan masyarakat di Asia masih lagi melibatkan penggunaan rumpai laut dalam amaun yang besar. Menurut Pigott & Tucker, (1990), masyarakat Jepun memakan lebih daripada 100,000 tan rumpai laut dari pelbagai spesis setiap tahun.



Rumpai laut secara umumnya adalah diklasifikasikan sebagai alga yang terbahagi kepada divisi-divisi seperti Cyanophyta (alga biru kehijauan), Chlorophyta (alga hijau), Phaeophyta (alga perang) dan Rhodophyta (alga merah) (Ito & Hori, 1989; Rudolph, 2000). Tiga jenis kandungan fikokoloid yang paling utama di dalam alga ialah agar, karaginan dan alginat (Pigott & Tucker, 1990; Rudolph, 2000). Oleh sebab itu, alga di dalam divisi Rhodophyta merupakan alga yang paling bernilai disebabkan oleh penghasilan fikokoloid agar dan karaginan. Dari segi sejarahnya, penggunaan alga merah secara komersil pada pertama kalinya adalah di dalam penghasilan agar dari spesis *Gracilaria* dan *Gelidium*. Kemudiannya barulah diikuti oleh penghasilan karaginan dari *Chondrus crispus*. Namun demikian, kini penggunaan spesis *Eucheuma cottonii* dalam pengekstrakan karaginan adalah lebih meluas berbanding spesis-spesis yang lain sebagaimana yang ditunjukkan di dalam Jadual 2.1.

Jadual 2.1: Penghasilan Karaginan di dunia pada tahun 1993 (Rudolph, 2000)

Jenis spesis	Kuantiti (tan metrik)
<i>Cottonii</i>	85,000
<i>Spinosum</i>	5,000
<i>Chondrus</i>	5,500
<i>Gigartina</i>	16,000
<i>Hypnea</i>	300
Jumlah	111,800

2.1.1. *Eucheuma cottonii*

Eucheuma cottonii atau dikenali sebagai *Kappaphycus alvarezii* merupakan sejenis rumpai laut merah daripada divisi Rhodophyta yang tergolong di bawah Order *Gigartinales* dan Famili *Solieriaceae* (Chapman & Chapman, 1980). *Eucheuma* telah dinamakan dan dijadikan sebagai genus oleh J. Agardh (Doty, Laddy & Sautelices, 1986). Dalam dinding selnya terdapat selulosa, agar, karaginan, porpiran dan furselaran. Warna kemerahan yang wujud adalah disebabkan oleh kandungan



pigmen merah iaitu phycoerythrin di dalamnya (Rudolph, 2000). Namun demikian, warna sebenarnya mempunyai sedikit perbezaan iaitu dari hijau muda ke merah kekuningan atau kadang-kalanya berwarna hitam. Selain daripada warnanya, ciri-ciri lain yang boleh dikesan adalah seperti cabang-cabang atau *thallus* yang berbentuk seperti silinder yang tidak teratur, sebagaimana yang ditunjukkan dalam rajah 2.1. Permukaannya adalah licin dengan diameternya sepanjang 20 hingga 30 sentimeter dan ketinggian 50 sentimeter (Aslan, 1991). Kadang-kala ia boleh bertumbuh sehingga diameternya mencapai satu meter. Ini adalah bersesuaian dengan habitatnya iaitu di kawasan dalaman terumbu karang yang terletak di zon air pasang surut yang memenuhi keperluannya dari segi kedalaman perairan, pencahayaan, substrat dan gerakan air (Trono, 1999).

Disebabkan oleh kepentingannya dalam penghasilan karaginan secara komersil, kaedah penanaman *tie seedlings* telah dicipta untuk *Eucheuma cottonii* pada tahun 1970an oleh Dr. Maxwell S. Doty, yang juga merupakan bapa penanaman *Eucheuma* dari University Hawaii (Rudolph, 2000). Strukturnya yang mempunyai cabang-cabang yang tebal dan teguh membolehkannya diikat pada tali nilon yang terikat pada pacak-pacak buluh di dalam air.



Rajah 2.1: Morfologi *Eucheuma cottonii* (Doty, 1986)

2.2. Karaginan

Karaginan telah didefinisikan oleh United States Department of Agriculture (USDA) Food and Drug Administration *Food Chemical Codex* sebagai ekstrak tulen yang mempunyai berat molekul melebihi 100,000 dan mempunyai fungsi sebagai agen pemekatan dan pengelatan (Thomas, 1977). Karaginan juga boleh didefinisikan sebagai sekumpulan galaktan polisakarida yang diekstrak daripada rumpai laut famili *Gigartinacea*, *Solieracea* dan *Phyllophoraceae* yang mempunyai kandungan ester sulfat sebanyak 18% atau lebih dan terikat secara berselang-seli pada ikatan glikosidik α -1,4 dan β -1,3 (Moirano, 1977). Dari segi struktur kimianya, karaginan merupakan polimer tersulfat atau polisakarida linear yang terdiri daripada unit-unit galaktosa yang mempunyai kalium, natrium, magnesium dan kalsium ester sulfat dan kopolimer 3,6-anhydro-galaktosa (Rudolph, 2000).

Sebagaimana yang diketahui umum, karaginan hanya boleh diperolehi daripada rumpai laut divisi Rhodophyta melalui proses pengekstrakan sama ada dengan air atau alkali (Pigott & Tucker, 1990). Pengekstrakan karaginan didapati bermula di Ireland melalui penggunaan spesies *Chondrus crispus* (Rudolph, 2000). Karaginan yang pertama sekali dihasilkan di Kepulauan Melayu adalah dikenali sebagai agar Macassar, agar Java, algal-algal atau Carragheen India Timur (Chapman & Chapman, 1980). Stanley (1963) telah memperolehi paten dalam kejayaannya meningkatkan kandungan 3,6-anhydro-D-galaktosa dalam pelbagai karaginan melalui pengekstrakan alkali yang mencukupi (Moirano, 1977). Pada hari ini, karaginan adalah dikenali dengan pelbagai nama seperti carraghenate, Danish agar, eucheuman, fucellaran, gelose, hypnean, Irish moss, carragheen, karaginan tulen, karaginan separa tulen, rumpai laut eucheuma terproses, atau ekstrak alga merah (Bixler, 1994). Namun demikian, menurut Normah & Nazarifah (2003), terdapat perbezaan antara karaginan tulen dan karaginan separa tulen di mana



karaginan tulen merupakan rumpai laut kering yang dimasak di dalam alkali dan kemudiannya dimendakkan semula dengan menggunakan alkohol, manakala karaginan separa tulen pula adalah tanpa penggunaan alkohol. Oleh sebab itu, penghasilan karaginan separa tulen adalah lebih murah berbanding dengan karaginan tulen. Kelemahannya adalah di mana penggunaan karaginan separa tulen menyebabkan kewujudan sedikit kekeruhan yang disebabkan oleh kandungan selulosa di dalamnya.

Secara umumnya, karaginan yang diekstrak boleh dibahagikan kepada tiga jenis yang utama iaitu kappa, lambda dan iota (Chapman & Chapman, 1980; Phillips, Wedlock & Williams, 1986). Ketiga-tiga jenis karaginan ini adalah berbeza dari segi kandungan 3,6 anhydro-D-galaktosa dan kedudukan kumpulan ester sulfat pada unit-unit galaktosa yang berulang (Zara & Huffman, 1997). Jenis karaginan akan mempengaruhi ciri-ciri keterlarutannya disebabkan darjah pensulfatan yang berbeza. Karaginan yang mempunyai darjah pensulfatan yang lebih tinggi akan lebih terlarut di dalam larutan bersuhu rendah. Sebagai contohnya, lambda karaginan yang mempunyai kumpulan sulfat yang lebih banyak iaitu sebanyak tiga kumpulan sulfat ester adalah lebih bersifat hidrofilik dan mampu untuk melarut di dalam pada keadaan suhu rendah (Moirano, 1977) manakala kappa karaginan pula adalah paling sukar untuk dilarutkan dalam air kerana hanya memiliki satu kumpulan sulfat ester (Rudolph, 2000). Namun demikian, kebanyakan karaginan adalah berupaya untuk larut di dalam air tetapi adalah tidak terlarut di dalam pelarut organik. Disebabkan karaginan merupakan polisakarida yang terlarut di dalam air, ia adalah lebih sukar untuk disebarkan secara seragam di dalam air. Ini adalah kerana terbentuknya suatu lapisan filem di sekitar setiap butiran karaginan. Setiap butiran ini kemudiannya akan membentuk gumpalan yang akan menyukarkan kemasukan molekul air ke dalamnya. Untuk mengurangkan masalah penggumpalan, karaginan boleh dicampurgaulkan dengan bahan pepejal yang lain sebelum dilarutkan. Namun



demikian, sekiranya ia tidak boleh dilakukan, maka larutan karaginan haruslah ditambah dengan perlahan-lahan dan pada masa yang sama digaulkan dengan menggunakan penghomogen pada kelajuan yang tinggi. Oleh sebab itu, karaginan yang semakin kurang terlarut di dalam air akan lebih mudah untuk disebar di dalam air.

Selain daripada faktor jenis karaginan, keterlarutan karaginan juga amat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu, pH, jenis ion yang hadir, dan kewujudan bahan terlarut yang lain (Rudolph, 2000). Daripada segi suhu, kesemua karaginan adalah terlarut di dalam air panas melebihi suhu 60°C. Karaginan dikatakan sebagai mempunyai sifat-sifat keterlarutan di dalam air sejuk sekiranya viskositi suatu larutan karaginan yang dilarutkan melalui pemanasan dan kemudiannya disejukkan adalah sama dengan viskositi larutan karaginan yang dilarut tanpa dipanaskan. Daripada segi pH pula, karaginan didapati mempunyai kestabilan yang maksimum pada pH 9. Pada pH di bawah 3.5, ia tidak seharusnya diproses dengan haba; tetapi pada pH 6 dan ke atas, pemprosesan dengan haba adalah dibenarkan. Ini adalah disebabkan asid didapati akan menyebabkan kesan hidrolisis ke atas karaginan yang akan mengakibatkan pecahan ikatan glikosidiknya (Zabik & Aldrich, 1967). Di samping itu, bentuk garam yang wujud pada kumpulan ester sulfat juga akan mempengaruhi keterlarutan karaginan (Rudolph, 2000). Sebagai contohnya, kappa karaginan di dalam bentuk kalium adalah tidak terlarut di dalam air sejuk tetapi adalah terlarut sekiranya dalam bentuk natrium. Kappa karaginan juga merupakan jenis yang paling tidak terlarut di dalam kewujudan bahan terlarut yang lain seperti gula dan garam. Ini adalah disebabkan wujudnya perebutan air di antara bahan terlarut tersebut dengan karaginan. Sebagai contohnya, kappa karaginan adalah tidak terlarut di dalam larutan garam 10% (Thomas, 1977).



2.2.1. Kappa-karaginan

Kappa karaginan atau secara ringkas, κ -karaginan, adalah terbentuk daripada α -1,3 D-galaktosa-4-sulfat dan β -1,4 3,6-anhydro D-galaktosa yang berselang-seli (Painter, 1965). Sebagaimana yang telah diketahui, darjah pensulfatan sesuatu karaginan akan mempengaruhi ciri-ciri keterlarutannya. Oleh sebab itu, κ -karaginan yang mempunyai hanya satu sulfat untuk setiap dua unit galaktosa hanya larut di dalam larutan bersuhu tinggi iaitu pada suhu 80°C (Thomas, 1977).

κ -karaginan merupakan jenis karaginan yang paling banyak didapati di dalam *Eucheuma cottonii*. Menurut Chapman & Chapman (1980), *Eucheuma cottonii* mengandungi sebanyak 58% κ -karaginan di dalamnya. Namun demikian, selain daripada *Eucheuma cottonii*, κ -karaginan juga banyak didapati pada spesis-spesis yang lain seperti yang dicatatkan dalam Jadual 2.2.

Jadual 2.2: Jenis spesis yang menghasilkan κ -karaginan (Chapman & Chapman, 1980)

Famili	Genus	Spesis
Furcellariaceae	<i>Furcellaria</i>	<i>F.fastigiata</i>
Hypneaceae	<i>Hypnea</i>	<i>H.musciformis</i>
		<i>H.nidifica</i>
		<i>H.setosa</i>
Gigartinaceae	<i>Chondrus</i>	<i>S.crispus</i>
	<i>Gigartina</i>	<i>G.stella</i>
		<i>G.acicularis</i>
	<i>G.pistillata</i>	
	<i>Iridaea</i>	<i>I.radula</i>
Tichocarpaceae	<i>Tichocarpus</i>	<i>T.crinitus</i>

Menurut Chapman & Chapman (1980), pengekstrakan karaginan dengan menggunakan alkali akan mengurangkan kandungan ester sulfat melalui penyingkiran kumpulan 6-sulfat pada unit μ -karaginan dan menyebabkan pembentukan 3,6 anhydro-galaktosa. Unit μ -karaginan akan bertukar menjadi κ -karaginan. Di dalam rumpai laut, terdapat sejenis enzim yang menggalakkan

Rujukan

- Aslan, I.L.M. 1991. *Budidaya Rumput Laut*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Azanza-Corrales, R. & Sa-a, P. 1990. The farmed *Eucheuma* species (Gigartinales, Rhodophyta) in Danajon Reef, Philippines: carrageenan properties. *Hydrobiologia*. **204/205**: 521-525.
- Bixler, H.J. 1994. The food additives spices and condiments. *British Food Journal*. **96** (3): 12-17.
- Bixler, H.J., Johndro, K. & Falshaw, R. 2001. Kappa-2 carrageenan: structure and performance of commercial extracts. *Food Hydrocolloids*. **15**:619-630.
- Blair, A. & Scott, G.W. 1969. Rheology: A Brief Historical Survey. *Journal of Texture Studies*. **1**: 14-18.
- Bourne, M.C. 1977. Limitations of rheology in food texture measurements. *Journal of Texture Studies*. **8**: 219-227.
- Bourne, M.C. 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2nd edition. San Diego: Academic Press.
- Briggs, J. & Steffe, J. Using Brookfield data and the mitschka method to evaluate power law foods. *Journal of Texture Studies*. **28**: 517-522.
- Chapman, V.J. & Chapman, D.J. 1980. *Seaweed and their uses*. 2nd edition. London: Chapman and Hall.
- Chen, D.H. & Doi, M. 1999. Microstructure and viscosity of aggregating colloids under strong shearing force. *Journal of Colloid and Interface Science*. **212**: 286-292.
- Chen, Y. Liao, M-L. Dunstan, & D.E. 2002. The rheology of K⁺-κ-carrageenan as a weak gel. *Carbohydrate Polymers*. **50**(2): 109-116.
- Chopin, T. & Whalen, E. 1993. A new and rapid method for carragenan identification by FT IR diffuse reflectance spectroscopy directly on dried, ground algal material. *Carbohydrate Research*: **246**: 51-59.
- Cohen, S.M. 2002. A Critical Review of the Toxicological Effects of Carrageenan and Processed Eucheuma Seaweed on the Gastrointestinal Tract. *Critical Reviews in Toxicology*. **32**(5): 413-444.
- Cullen, P.J., Duffy, A.P., O'Donnell, C.P. & O'Callaghan, D.J. 2000. Process viscometry for the food industry. *Trends in Food Science & Technology*. **11**: 451-457.
- Doty, M.S. 1986. The production and use of *Eucheuma* in case studies of seven commercial seaweed resources. *FAO Fish Technical Paper No 281*.
- Doty, M.S., Laddy, J.F. & Sautelices, B. 1986. Studies of seven commercial seaweed resources. *FAO Fisheries Technical Paper*. **281**: 124-161.



- Drake, B. 1989. Sensory textural/rheological properties-a polyglot list. *Journal of Texture Studies*. **20**:1-27.
- Earle, R.L. 1966. *Unit Operations in Food Processing*. London: Pergamon Press.
- Estevez, J.M., Ciancia, M. & Cerezo, A.S. 2000. The system of low-molecular weight carrageenans and agaroids from the room-temperature-extracted fraction of *Kappaphycus alvarezii*. *Carbohydrate Research*. **325**: 287-299.
- Falshaw, R., Bixler, H.J. & Johndro, K. 2003. Structure and performance of commercial k-2 carrageenan extracts. Part III. Structure analysis and performance in two dairy applications of extracts from New Zealand red seaweed, *Gigartina atropurpurea*. *Food Hydrocolloids*. **17**(2): 129-139.
- Fennema, O.R. (ed.). 1993. *Kimia Makanan* (Terj.). Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Fryer, P.J., Pyle, D.L. & Rielly, C.D. 1997. *Chemical Engineering for The Food Industry*. United Kingdom: Blackie Academic & Professional.
- Genovese, D.B. & Lozano, J.E. 2002. The effect of hydrocolloids on the stability and viscosity of cloudy apple juices. *Food Hydrocolloids*. **15**(1): 1-7.
- Holdsworth, S.D. 1971. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid products. *Journal of Texture Studies*. **2**: 393-418.
- Holland, F.A. 1973. *Fluid Flow: For chemical engineers*. London: Edward Arnold.
- Huffman, F.G. & Shah, Z.C. 1995. Carrageenans: Uses In Food and Other Industries. *Nutrition Today*. **30**(6): 246-253.
- Ibarz, A. & Barbosa-Cánovas, G.V. 2003. *Unit Operations in Food Engineering*. New York: CRC Press.
- Ito, K. & Hori, K. 1989. Seaweed: Chemical Composition And Potential Food Uses. *Food Reviews International*. **5**(1): 101-144.
- Izutsu, T., Taneya, S., Kikuchi, E. & Sone, T. 1981. Effect of viscosity on perceived sweetness intensity of sweetened sodium carboxymethylcellulose solutions. *Journal of Texture Studies*. **12**: 259-273.
- Jowitt, R., Escher F., Hallström, B., Meffert, H.F.T., Spiess, W.E.L., & Vos, G. 1983. *Physical Properties of Foods*. London. Applied Science Publishers.
- Kaletung-Gencer, G. & Peleg, M. 1986. *Rheological characteristics of selected food gum mixtures in solution*. *Journal of Texture Studies*. **17**: 61-70.
- Khalid A. Abdelrahim, Ramaswamy, H.S., Doyon, G. & Toupin, C. 1994. Effects of Concentration and temperature on carboxymethylcellulose rheology. *International Journal of Food Science and Technology*. **29**: 243-253.
- Kiple, K. F. & Ornelas, K. C. 2000. *The Cambridge World History of Food*. New York: Cambridge University Press.



- Langendorff, V., Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B., Parker, A., & Dekruif, C.G. 2000. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food Hydrocolloids*. **14**(4): 273-280.
- Lozono, J.E., Parada-Arias, E. & Barbosa-Cánovas. 2000. *Trends in Food Engineering*. New York: Technomic Publishing.
- Mleko, S., E.C.Y., Li-Chan, & Pikus, S. 1997. Interactions of κ -carrageenan with whey proteins in gels formed at different pH. *Food Research International*. **30**: 427-433.
- Mollion, J., Andriantsiferana, M. & Sekkal, M. 1990. A study of the phycocolloids from *Gelidium madagascariense* and *Eucheuma denticulatum* (Rhodophyta) collected on the south coasts of Madagascar. *Hydrobiologia*. **204/205**: 655-659.
- Moirano, A.L. 1977. *Sulfated seaweed polysaccharides*. H.D. Graham (ed.). Food Colloids. Westport. Conn: Avi Publishing. 347.381.
- Mohsenin, N.N., Mittal, J.P. 1977. Use of rheological terms and correlation of compatible measurements in food texture research. *Journal of Food Texture Studies*. **8**: 396-409.
- Normah, O. & Nazarifah, I. 2003. Production of semi-refined carrageenan from locally available seaweed, *Eucheuma cottonii* on a laboratory scale. *Journal of Tropical Agricultural and Food Science*. **31**(2): 207-213.
- Ozdemir, M. & Sadikoglu, H. 1998. Characterization of rheological properties of systems containing sugar substitutes and carrageenan. *International Journal of Food Science and Technology*. **33**: 439-444.
- Painter, T.J. 1965. *Methods in Carbohydrate Chemistry: General Polysaccharides*. Volume 5. New York: Academic Press.
- Peleg, M. 1977. Operational conditions and the stress-strain relationship of solid foods-theoretical evaluation. *Journal of Texture Studies*. **8**: 283-295.
- Phillips, G.O., Wedlock, D.J. & Williams, P.A. (ed.). 1986. *Gums and Stabilisers for the Food Industry*. London & New York: Elsevier Applied Science Publishers.
- Pigott, George M. & Tucker, Barbee W. 1990. *Seafood: Effect of Technology on Nutrition*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Prado-Fernández, J., Rodríguez-Vázquez, J.A., Tojo, E. & Andrade, J.M. 2003. Quantitation of κ -, ι - and λ -carrageenans by mid-infrared spectroscopy and PLS regression. *Analytica Chimica Acta*. **480**: 23-37.
- Rao, M.A. 1977. Measurement of Flow Properties of Fluid Foods-Developments, Limitations, and Interpretation of Phenomena. *Journal of Texture Studies*. **8**: 257-282.
- Rao, M.A. 1977. Rheology of Liquid Foods—A Review. *Journal of Texture Studies*. **8**: 135-168.



- Rizvi, S.S.H. & Mittal, G.S. 1992. *Experimental Methods in Food Engineering*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Roberts, M.A. & Quemener, B. 1999. Measurement of carrageenans in food: challenges, progress, and trends in analysis. *Trends in Food Science & Technology*. **10**:169-181.
- Robinson, R.A. & Stokes, R.H. 1968. *Electrolyte solutions, The Measurement and Interpretation of Conductance, Chemical Potential and Diffusion in Solutions of Sample Electrolytes*. 2nd edition. rev. London: Butterworths.
- Rudolph, B. 2000. *Marine and Freshwater Products Handbook*. Lancaster: Technomic Publishing Company.
- Sharma, S.K., Mulvaney, S.J. & Rizvi, Syed S.H. 2000. *Food Process Engineering: Theory and Laboratory Experiments*. Ontario: Wiley Interscience.
- Sheludko, A. 1966. *Colloid chemistry*. London: Elsevier Publishing Company.
- Singh, R. P. & Heldman, D.R. 2001. *Introduction to Food Engineering*. 3rd Edition. London: Academic Press.
- Szczesniak, A.S. 1977. Rheological problems in the food industry. *Journal of Texture Studies*. **8**: 199-133.
- Takagami, S., Etoh, Y., & Phillips, G.O. 2000. A comparison of the interaction of water with refined kappa-carrageenan (INS 407) and processed *Eucheuma* seaweed (INS 407A). *Food Hydrocolloids*. **6**(14): 609-613.
- Thomas, W.R. 1977. *Carrageenan*. A. Imeson (ed.). *Thickening and Gelling Agents for Food*. 2nd edition. London: Blackie Academic and professional.
- Toledo, R.T. (ed.). 1995. *Asas Kejuruteraan Pemprosesan Makanan* (Terj.). Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Tong, H.K., Lee, K.H. & Wong, H.A. 1979. Study of water extracable components of red seaweed *Eucheuma spinosum*. *Journal of Food Technology*. **14**: 265-275.
- Trono, G.C. 1999. Diversity of the seaweed flora of the Phillipines and its utilization. *Hydrobiologica*. **398/399**:1-6.
- Watase, M. & Nishinari, K. 1981. Effect of de-esterification on the rheological properties of K-carrageenan gels. *Journal of Texture Studies*. **12**: 447-456.
- Watase, M. & Nishinari, K. 1988. The effect of monovalent cations and anions on the rheological properties of kappa-carrageenan gel. *Journal of Texture Studies*. **19**: 259-273.
- Yuguchi, Y., Thuy, T.T.T., Urukawa, H., & Kajiwara, K. 2002. Structural characteristics of carrageenan gels: temperature and concentration dependence. *Food Hydrocolloids*. **16**(6): 515-522.



- Zabik, M.E. & Aldrich, J. 1965. The Effect of Selected Anions of Potassium Salts on the Viscosities of Lambda-Carrageenan Dispersions. *Journal of Food Science*. **30**: 111-117.
- Zabik, M.E. & Aldrich, J. 1967. The Effect of Cations on the Viscosity of Lambda Carrageenan. *Journal of Food Science*. **32**: 91-97.

