

CIRI-CIRI KELIKATAN DAN KESTABILAN KARAGEENAN TERUBAH SUAI
DARIPADA RUMPAI LAUT *Eucheuma cottonii*

MUHAMAD KHALID BIN KAMIRIN

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS
DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM KIMIA INDUSTRI
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

MAC 2004



BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Giri-cin' kelitan dan kestabilian
karangenan terubah suai dan pada E. cottony

Ijazah: Sarjana Muda dengan Kepujian

SESI PENGAJIAN: 2003 / 2004

Saya MUHAMAD KHALID BIN KAMIRIAH

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan 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: 19, Jln. Kiambang 7,
Tmn. Sri Pandan.

8100 Johor Bahru

Nama Penyelia

Tarikh: 16/3/04

Tarikh: _____

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu diklasaskan 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 akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

12 Mac 2004



MUHAMAD KHALID BIN KAMIRIN

HS2000-2300

DIPERAKUKAN OLEH**Tandatangan****1. PENYELIA**

(PROF. MADYA DR. DUDUKU KRISHNAIAH)

2. CO-PENYELIA BERSAMA

(PROF. MADYA DR. AWANG BONO)

3. PEMERIKSA 1

(PROF. MADYA DR. MARCUS JOPONY)

4. PEMERIKSA 2

(EN. JAHIMIN ASIK)

5. DEKAN

(PROF. MADYA DR. AMRAN AHMED)



PENGHARGAAN

Bersyukur saya kehadirat Ilahi kerana atas nikmat dan kurniaNya dapatlah saya menyiapkan projek tahun akhir ini.

Saya ingin mengambil peluang untuk merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Prof. Madya Dr. Awang Bono selaku penyelia saya yang telah banyak memberi bimbingan dan tunjuk ajar dalam menyiapkan projek ini.

Ribuan terima kasih juga saya tujuhan kepada semua pensyarah Program Kimia Industri yang mana telah memberikan sumbangan idea dan teguran yang membina. En. Zulherry Isnain selaku pegawai sains, telah banyak membantu mendapatkan bahan kimia yang tidak terdapat di UMS tetapi amat diperlukan dalam menjalankan projek ini.

Para pembantu makmal, Puan Zainab, En. Sani, En Tan, Puan Dayang, Cik Noridah, Cik Amy yang telah banyak membantu memberi kemudahan menggunakan makmal samaada di SST mahupun di SKTM. Staf-staf di IPMB yang telah membekalkan bahan mentah yang diperlukan dalam projek ini. Begitu juga staf-staf di IBTP yang telah memberikan sedikit sebanyak maklumat berkaitan dengan projek ini.

Sekalung budi kepada En. Hasmadi Mamat yang banyak memberi bantuan dan nasihat yang amat bermakna bagi saya. Tidak lupa juga rakan-rakan seperjuangan yang tidak jemu memberikan pandangan dan sokongan serta sanggup menghulurkan bantuan kewangan. Sekapur sirih kepada mereka yang terlibat secara langsung atau tidak dalam menyiapkan projek ini. Sungguhpun nama anda tidak di senaraikan, tidak bermakna saya lupa. Insyaallah, semoga Allah membalas jasa baik anda.

Akhir sekali, buat kedua ibubapa dan keluarga saya yang memberikan semangat dan sokongan yang padu sehingga adakalanya berasa terharu. Sesungguhnya budi kalian tidak terbalas hingga ke akhir hayat.

ABSTRAK

Karageenan yang diekstrak dari *Eucheuma cottonii* telah dikaji reologinya setelah dimodifikasi dengan gam xanthan dan karboksimetilselulosa (CMC). Peratus hasil pengekstrakan adalah dalam 5-10% selama 3 jam pada suhu 90⁰C. Didapati, kelikatan bagi karageenan yang diubahsuai dengan CMC adalah lebih tinggi berbanding pengubahsuaian bersama xanthan. Kestabilan sampel karageenan yang diubahsuai dengan CMC juga memberikan keputusan yang lebih baik berbanding xanthan. Analisis inframerah pula menunjukkan kewujudan sebatian 3,6-anhidro-D-galaktosa di mana modifikasi sampel dengan CMC menunjukkan penyerapan yang lebih tinggi berbanding xanthan. Keputusan menunjukkan kaedah modifikasi secara rawatan haba di antara karageenan dan CMC dapat menstabilkan karageenan dengan lebih baik serta memberikan kelikatan yang tinggi berbanding xanthan.

ABSTRACT

Rheology properties carrageenan extracted from *Eucheuma cottonii* following modification with xanthan gum and CMC were studied. The yields of the native carrageenan extracted from dried seaweed for 3 hours at 90⁰C ranged 5 to 10%. It was found that CMC modified carrageenan gave higher viscosity and stability compared to sample modified with xanthan addition. Infrared analysis showed the existence of 3,6-anhydro-D-galactose groups in carrageenan extracted. Carrageenan-CMC addition gave higher absorption than xanthan. Results showed that modification method by heat treatment with CMC tends to give a better carrageenan viscosity and stability than xanthan addition.

KANDUNGAN

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI FOTO	xi
SENARAI SIMBOL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Pencapaian	3
1.3 Asas Kepada Kajian	4
1.4 Objektif Kajian	5
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	6
2.1 Rumpai Laut	6
2.2 Karageenan	7
2.2.1 Ciri-ciri	8
a. Interaksi	10
b. Kesan pH	10
c. Tindakbalas dengan protein	11
d. Kegunaan lain	12
2.2.2 Komposisi Kimia Rumpai Laut	13
2.3 Fikokoloid	14
2.4 Gam	15
2.4.1 Gam Guar	16
2.4.2 Xanthan	17
2.4.3 Selulosa	19
2.5 Teknik Modifikasi	21

BAB 3	BAHAN DAN KAEADAH	24
3.1	Pengenalan	24
3.2	Pemilihan Sampel	25
3.3	Pengekstrakan Karageenan	30
3.4	Modifikasi Karageenan	30
3.4.1	Bahan dan Radas	31
3.4.2	Proses Adunan	31
3.4.3	Proses Rawatan Haba	31
3.4.4	Analisis Spektroskopi FT-IR	31
3.5	Ujian Kestabilan	32
3.6	Ujian Kelikatan	33
BAB 4	KEPUTUSAN DAN ANALISIS DATA	34
4.1	Hasil Karageenan	34
4.2	Analisis Spektroskopi FT-IR	34
4.3	Ujian Kestabilan	37
4.4	Ujian Kelikatan	42
BAB 5	PERBINCANGAN	44
5.1	Perbincangan	44
BAB 6	KESIMPULAN	50
RUJUKAN		52
LAMPIRAN A		56
LAMPIRAN B		60



SENARAI JADUAL

No. Jadual	Halaman
2.1 Penggunaan karageenan dalam industri makanan (Dawes, 1981)	12
2.2 Kandungan komposisi kimia dalam rumpai laut	13
2.3 Sumber Fikokoloid Asli	14
2.4 Sumber asli fikokoloid diubahsuai	15
3.1 Bahan dan radas yang digunakan untuk proses pengekstrakan karageenan.	25
3.2 Bahan dan radas yang digunakan untuk proses modifikasi karageenan.	30
3.3 Bahan dan radas yang digunakan untuk penganalisaan	32
4.1 Keputusan ujian kestabilan	38

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Halaman
2.1 Struktur unit β -D-galaktopiranosida berpenggantian -1,3 dan α -D-galaktopiranosida berpenggantian -1,4 yang berulangan.	8
2.2 Struktur bagi κ -karageenan	9
2.3 Struktur bagi ι -karageenan	9
2.4 Struktur bagi λ -karageenan	9
3.1 Carta alir pengekstrakan karagenan jenis kepingan	27
4.1 Spektra Inframerah bagi karageenan piawai	35
4.2 Spektra Inframerah bagi karageenan normal	36
4.3 Spektra Inframerah bagi karageenan + CMC	36
4.4 Spektra Inframerah bagi karageenan + Xanthan	37
4.5 Graf yang menunjukkan masa pembentukan mendakan karageenan tanpa ubahsuai	39
4.6 Graf yang menunjukkan masa pembentukan mendakan modifikasi karageenan dengan xanthan	40
4.7 Graf yang menunjukkan masa pembentukan mendakan modifikasi karageenan dengan CMC	41
4.8 Graf kelikatan melawan peratus kepekatan larutan	42

SENARAI FOTO

No. Foto	Halaman
-----------------	----------------

1.1 <i>Eucheuma cottonii</i>	2
-------------------------------------	----------

SENARAI SIMBOL

CMC	karboksimetilselulos
cP	unit pengukuran kelikatan
DP	darjah pengesteran
g	gram
ml	mililiter
NaOH	natrium hidroksida
pH	unit bagi asid dan bes
rpm	kadar putaran per minit
κ	kappa
ι	iota
λ	lambda
°C	darjah celsius
%	peratus
FT-IR	Fourier transform infrared
NMR	Nukleus Magnetic Resonance

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Rumpai laut adalah sejenis hidupan laut yang berada dalam pengklasifikasian makroalga. Istilah alga ini telah pertama kali diperkenalkan oleh Linnaeus pada tahun 1754 (Ahmad, 1995). Pengklasifikasian rumpai laut adalah berdasarkan warna di mana terdapat 3 kelas utama rumpai laut iaitu *Rhodophyta* bagi alga merah, *Phaeophyta* bagi alga perang dan *Chlorophyta* bagi alga hijau.

Dalam penyelidikan ini spesies rumpai laut yang terlibat ialah speies *Eucheuma cottonii* yang ditanam di persekitaran perairan di Sabah. *Eucheuma cottonii* adalah genus rumpai laut merah yang berada dalam famili *Sorriaceae* di bawah order *Gigartinales* pada sub kelas *Florideophyceae* pada divisi *Rhodophyta*. Rumpai laut ini biasa tumbuh di kawasan permukaan terumbu batu karang dan sepadan di antara kawasan air pasang surut. Bagi spesies *Eucheuma cottonii*, ia mempunyai lima varieti iaitu *E. cottonii perang*, *E. cottonii hijau*, *E. cottonii lipan*, *E. cottonii buaya*, *E. cottonii gergasi*.

Di Sabah, rumpai laut genus *Eucheuma* atau dikenali sebagai ‘agar-agar’ oleh penduduk tempatan sudah lama menjadi amalan dan sumber makanan. Kandungan utama rumpai laut ini adalah karageenan dan bukan agar. Dalam pasaran, hanya dua spesies yang biasa diperolehi iaitu *E.cottonii* (Foto 1.1) dan *E.spinosum*. Rumpai laut genus *Eucheuma* ini mempunyai nilai komersil yang tinggi terutamanya dalam penghasilan karageenan jenis *kappa*. Karageenan mempunyai fungsi-fungsi tertentu dalam industri makanan dan industri-industri lain sebagai agen penstabil, pemekat dan penggel.

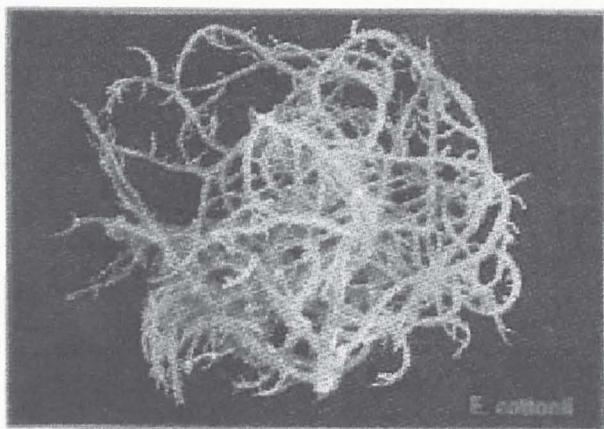


Foto: 1.1 *Eucheuma cottonii*

Industri melibatkan penghasilan karagenan ketika ini begitu berkembang pesat lebih-lebih lagi di negara jiran kita iaitu Filipina. Ciri-ciri perairan Sabah yang menyerupai Filipina berpotensi besar dalam meluaskan lagi bidang pengkulturan terutama bagi genus *Eucheuma*. Sehubungan itu, kajian mengenai modifikasi karageenan amat perlu agar dapat menghasilkan karageenan yang lebih bermutu dengan kos yang lebih rendah.

Kehadiran kumpulan penukarganti, menggantikan kumpulan hidroksil atau pengubahsuaian lain bagi unit disakarida seperti pembentukan gelang anhidrida dapat menyumbang kepada variasi struktur dalam karageenan seterusnya memberikan ciri-ciri fizikal yang lebih baik samada dari segi kelikatan maupun kestabilannya. Disebabkan kepentingannya itu, maka timbul banyak kajian dengan menggunakan bermacam jenis bahan dan instrumentasi kimia seperti rawatan alkali, hidrolisis, degradasi enzim, spektroskopi $^{13}\text{C-NMR}$ dan infra merah di mana kebanyakannya telah dapat diklasifikasikan berdasarkan struktur kimianya.

1.2 Pencapaian

Rumpai laut genus *Eucheuma* banyak ditemui di kawasan tropika di Asia dan di sebelah barat pasifik. Permintaan yang tinggi dalam industri untuk karageenan telah menyebabkan penanaman *Eucheuma* dilakukan dengan lebih meluas. Penanaman rumpai laut *Eucheuma* ini telah bermula di Filipina pada awal 1960 dan telah tersebar dengan meluas ke negara yang berdekatan dan beberapa wilayah lain di dunia (Ahmad, 1995). Ia mula diperkenalkan di negeri Sabah pada tahun 1970 dan penanaman *Eucheuma* kini telah menjadi satu aktiviti komersil yang terpenting di daerah Semporna.

Setelah mengetahui dan menyedari akan nilai yang tinggi pada rumpai laut dalam pembangunan beberapa industri penting yang diusahakan di negara ini terutamanya industri yang berkaitan dengan makanan, kecantikan dan kesihatan, maka projek pengusahaan rumpai laut yang menjadi mangkin kepada industri tersebut juga turut berkembang, terutamanya di negeri Sabah.

Projek yang diusahakan adalah projek pengkulturan rumpai laut di persekitaran perairan negeri Sabah. Tujuan utama projek ini ialah untuk meningkatkan pengeluaran rumpai laut di negeri Sabah sehingga menjadi negeri pengeluar utama komoditi ini di dunia. Selain itu, ia juga memberikan peluang pekerjaan, menambahkan pendapatan dan meningkatkan taraf sosio-ekonomi penduduk termiskin yang tinggal di persisir pantai negeri Sabah. Projek ini juga dijalankan sebagai penyelidikan dan pembangunan (R&D) berhubung dengan pengkulturan rumpai laut.

Projek ini dianggotai oleh Jabatan Perikanan Negeri Sabah (JPNS), Kementerian Pembangunan Luar Bandar Sabah, Lembaga Kemajuan Ikan Malaysia (LKIM), Pejabat Daerah Kudat, Pejabat Daerah Semporna dan Universiti Malaysia Sabah (UMS) melalui agensinya iaitu Institut Penyelidikan Marin Borneo (IPMB). Beberapa kawasan penyelidikan yang telah diusahakan dan menunjukkan hasil ialah di Pulau Balambangan dan di Perairan Banggi, Kudat serta Pulau Omadal di Perairan Semporna (IPMB, 2003)

1.3 Asas Kepada Kajian

Karageenan merupakan sejenis alkaloid yang boleh membentuk suatu sebatian yang dipanggil komplek alkaloid. Menurut Herbert (1992), produk semulajadi boleh disintesis dengan membuat modifikasi pada bahagian rantai amina. Analisis sintesis tersebut bagaimanapun hanya menunjukkan tindakbalas pembentukan ikatan C-C mudah yang biasa digunakan bagi membina molekul kompleks.

Selain itu, karageenan juga diklasifikasikan sebagai polisakarida semulajadi, dimana kebiasaannya dimodifikasi untuk memberikan produk baru bagi penggunaan yang lebih meluas (Gordon, 1993). Dalam banyak keadaan, modifikasi ini dapat menghasilkan produk yang memberi kesan lebih spesifik. Jadi, kebarangkalian dengan menggantikan polisakarida lain kepada polisakarida ini adalah tinggi, iaitu membenarkan penukargantian daripada nilai gam yang mahal kepada nilai gam terubahsuai yang lebih murah serta bermutu tinggi untuk dikomersialkan.

1.4 Objektif Kajian

Objektif dalam kajian ini ialah:

- a) Mengkaji kelikatan di antara larutan karageenan diubahsuai dengan larutan karageenan normal.
- b) Mengkaji kestabilan di antara karageenan normal dengan yang diubahsuai.
- c) Menganalisis spektrum inframerah terhadap pengubahsuaian karageenan yang dilakukan.

Oleh itu, bab berikutnya akan membincangkan dengan lebih lanjut lagi berkaitan dengan karageenan dan proses modifikasi.

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 Morfologi *Eucheuma cottonii*

E.cottonii merupakan spesies rumpai laut di bawah famili *Soliriaceae*. Ia mempunyai nilai komersil yang tinggi dalam menghasilkan kappa-karageenan. *E.cottonii* merupakan sejenis rumpai laut yang bercabang banyak. Diameter batang yang diperolehi adalah diantara 8 – 15 mm. Setiap batang akan menghasilkan spina yang menyerupai duri pada penghujungnya. Ia mempunyai paksi tegak yang mengandungi banyak cabang dan seringkali menjadi kekeliruan antaranya dengan paksi utama (Lobban and Wynne, 1981).

Dalam penyelidikan ini spesies rumpai laut yang terlibat ialah speises *Eucheuma cottonii* yang ditanam di persekitaran perairan di Sabah. *Eucheuma cottonii* adalah genus rumpai laut merah yang berada dalam famili *Soliriaceae* di bawah order *Gigartinales* pada sub kelas *Florideophycea* pada divisi *Rhodophyta*. Rumpai laut ini biasa tumbuh di kawasan permukaan terumbu batu karang dan sepadan di antara kawasan air pasang surut. Bagi spesies *Eucheuma cottonii*, ia mempunyai lima varieti iaitu *E. Cottonii* perang, *E. Cottonii* hijau, *E. Cottonii* lipan, *E. Cottonii* buaya, *E. Cottonii* gergasi.

Secara ringkasnya, pengelasan bagi jenis alga merah yang dikaji adalah:

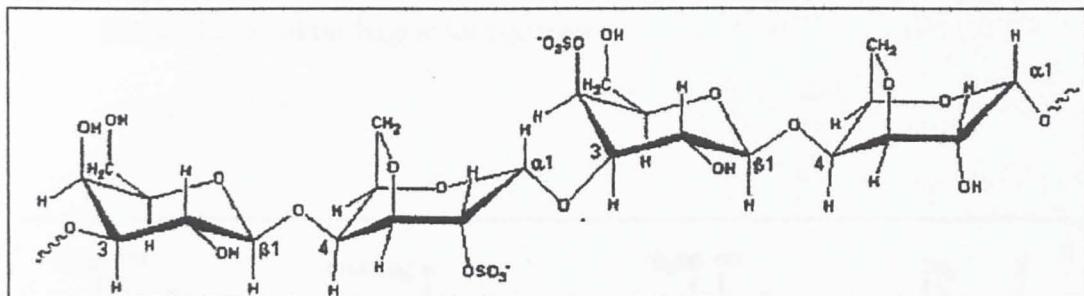
Divisi	:	<i>Rhodophyta</i>
Kelas	:	<i>Rhodophyceae</i>
Sub kelas	:	<i>Florideophyceae</i>
Order	:	<i>Gigartinales</i>
Famili	:	<i>Soliriaceae</i>
Genus	:	<i>Eucheuma</i>
Spesies	:	<i>cottonii</i>
Varieti	:	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>E. cottonii perang</i> 2. <i>E.cottonii hijau</i> 3. <i>E.cottonii lipan</i> 4. <i>E.cottonii buaya</i> 5. <i>E.cottonii gergasi</i>

2.2 Karageenan

Secara kimia, karageenan menyerupai agar-agar tetapi mempunyai kandungan abu yang tinggi dan memerlukan kepekatan yang tinggi untuk membentuk gel. Karageenan adalah polisakarida dengan struktur unit β -D-galaktopiranosida berpenggantian-1,3 dan α -D-galaktopiranosida berpenggantian-1,4 yang berulangan (Rajah 2.1). Bahan ini diguna dengan banyak dalam industri makanan yang mana ia digunakan sebagai agen penstabil dalam ais-krim, minuman keras, dan hasil tenuus.

Selain itu, ia juga digunakan dalam industri farmasi dan juga kosmetik. Kegunaan karageenan yang utama adalah dalam pembuatan gel penyegar udara.

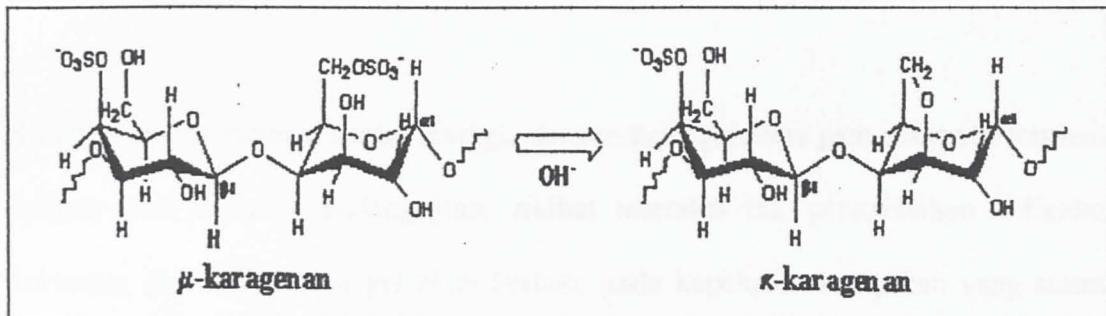
Karageenan juga digunakan untuk memperbaiki dan menstabilkan gam makanan yang lain terutamanya gam guar, dan gam kacang belalang juta (lokus). Lambdatkarageenan digunakan untuk menstabilkan produk sejuk susu manakala kappa-karageenan digunakan untuk produk makanan terpasteur (Prins, 1997).



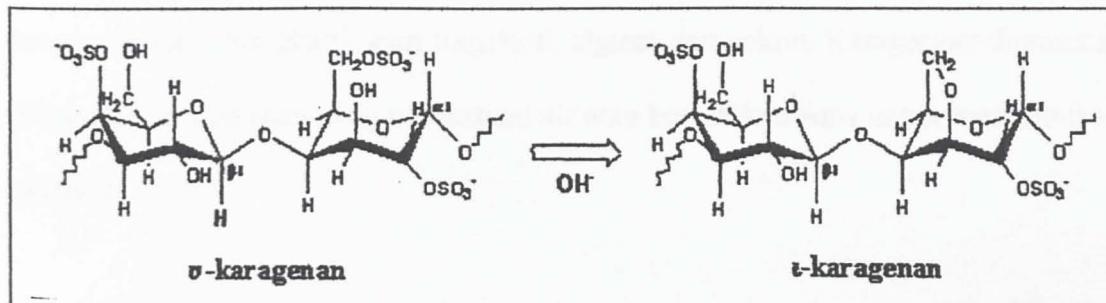
Rajah 2.1 Struktur unit β -D-galaktopiranosida berrpenggantian -1,3 dan α -D-galaktopiranosida berpenggantian -1,4 yang berulangan.

2.2.1 Ciri-ciri

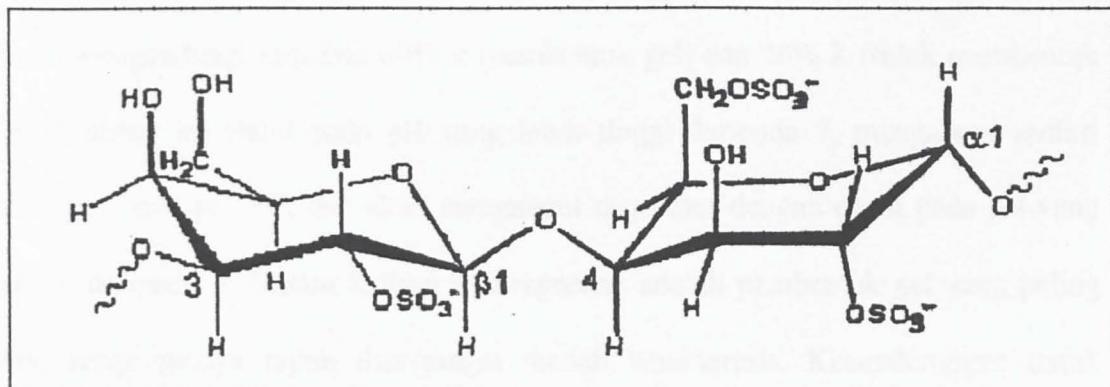
Karageenan adalah campuran kompleks yang terdiri daripada sekurang-kurangnya lima jenis polimer yang tertentu. Polimer-polimer ini disebut kappa (κ), lambda (λ), mu (μ), iota (τ) dan nu (ν) (Rajah 2.2). Di antara kelima-lima jenis tersebut, polimer κ - dan λ karageenan paling penting dalam industri makanan. Sifat-sifat gel polimer bersulfat ini sangat bergantung kepada kation yang bersekutu dengannya. Sebagai contoh, jika kation sekutunya adalah kalium, maka satu gel yang kukuh akan dihasilkan, tetapi sekiranya kation tersebut adalah natruim, polimer itu boleh larut dalam air sejuk dan tidak membentuk gel.



Rajah 2.2 Struktur bagi κ -karageenan



Rajah 2.3 Struktur bagi τ -karageenan



Rajah 2.4 Srtuktur bagi λ -karageenan

a. Interaksi

Karageenan berinteraksi secara sinergis dengan pelbagai jenis gam makanan terutama dengan gam kacang belalang juta. Akibat interaksi ini, pertambahan kelikatan, kekuatan, dan kekenyalan gel akan berlaku pada kepekatan campuran yang sesuai. Pada kepekatan yang tinggi, karageenan akan menambahkan kekuatan gel guaran tetapi pada kepekatan yang rendah, ia akan hanya menyebabkan pertambahan kelikatan. Pengurangan kelikatan terjadi apabila karageenan ditambahkan kepada larutan-larutan gam ghatti, gam tragakath, alginat dan pektin. Karageenan digunakan dalam sistem makanan yang berasaskan air atau berasaskan susu untuk menstabilkan ampaian.

b. Kesan pH

Walaupun karageenan dagangan adalah campuran pelbagai jenis karageenan, tetapi ia masih mengandungi kira-kira 60% κ (pembentuk gel) dan 40% λ (tidak membentuk gel). Polimer ini stabil pada pH yang lebih tinggi daripada 7, mengalami sedikit degradasi pada pH 5-7, dan akan mengalami degradasi dengan cepat pada pH yang kurang daripada 5. Garam kalium κ -karageenan adalah pembentuk gel yang paling baik, tetapi gelnya rapuh dan sangat mudah bersineresis. Kecenderungan untuk menjadi rapuh ini boleh dikurangkan dengan menambahkan sedikit gam kacang belalang juta. Perkara yang menarik ialah fenomenon sinergisme ini tidak wujud pada guaran kerana perbezaan pada strukturnya (Soleha *et al*, 1993).

c. Tindak balas dengan protein

Keupayaan karageenan untuk menstabilkan susu bergantung kepada bilangan dan kedudukan kumpulan sulfat dalam molekul tersebut. Anion karageenan bertindakbalas dengan protein untuk membentuk kompleks protein-karageenan yang boleh wujud sebagai sebaran koloid yang stabil. Karageenan ditambahkan kepada susu coklat untuk mencegah pemendakan coklat (Christensen, 1971). Kuasa penstabilannya juga telah digunakan dalam puding susu dan kastard “tanpa telur”. Antara faktor-faktor yang mempengaruhi keupayaan tindakbalas karageenan-protein adalah seperti kepekatan karageenan, jenis protein, suhu, pH dan titik isoelektrik protein.

Konsep bagi titik isoelektrik adalah penting untuk memahami tindakbalas karageenan-protein. Larutan protein yang terletak di bawah titik isoelektriknya adalah beras positif sahaja. Karageenan adalah terletak di sebarang pH. Oleh yang demikian, apabila larutan protein dan karageenan bercampur, tindakbalas yang ringkas berlaku seperti berikut:



Jadi, apabila protein dan karageenan bercampur di atas pH titik isoelektrik protein, kedua-duanya akan beras negatif dan tindakbalas di atas tidak akan berlaku kerana tolakan elektrostatik. Dengan kehadiran ion-ion kation tertentu, seperti kalsium, kedua-dua protein dan karageenan mungkin akan membentuk garam yang tidak larut (Raymont, 1984).

RUJUKAN

- Aguilan J.T., Broom J.E., Montano M.N.E. *et al.*, 2003. Structural Analysis of Carrageenan from Farmed Varieties of Philipine Seaweed. *Botanica Marina*. **46**, 179-192.
- Ahmad Ismail & Hindun Mamat, 1990. *Rumpai Laut: Sumber asli yang diabaikan*. Persidangan penyelidikan Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Ahmad Ismail, 1995. *Rumpai Laut Malaysia*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Baharuddin Salleh, 1987. *Pengenalan Alam Tumbuhan*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Batdorf, J. B. & J. M. Rossman. 1973. *Sodium carboxymethylcellulose*, Dlm. *Industrial Gums, Polysaccharides and Their Deritives* (R. L. Whistler dan J. N. BeMiller, ed.), Academic Press, New York, hlm. 695-729.
- Birch, G.G., Cameron, A.G. & Spencer, M., 1972. *Food Science*. Pergamon Press Limited, Baltimore.
- Chapman, A. K. O. 1979. *Biology of Seaweeds*. University Park Press, Baltimore.
- Chapman V. J. & Chapman D. J. 1980. *Seaweeds and their uses*, 3rd edition. Chapman and Hall, USA.
- Christopher S. Lobban, Michael J. Wynne. 1981. *The Biology of Seaweeds*. Blackwell Scientific Publications, hlm. 733-736.
- Dawes, C. J. 1981. *Marine Botany*. John Willey & Sons, Inc., New York.

- Fasihuddin Ahmad, 1991. Pencirian Fizikokimia karageenan dari alga merah (Rhodophyceae). Dlm: Ismail Sahid, Mohd Noor Embi (pnyt.), *Prioritit penyelidikan untuk kemajuan sains dan teknologi*. Penerbit UKM, Bangi.
- Herbert Waldman, 1995. *Organic Synthesis Highlights II*. VCH Publishers, New York.
- Greminges, G. K., dan A. B. Savage. 1973. *Methylcellulose and its derivatives*, Dlm *Industrial Gums, Polysaccharides and Their Derivatives* (R. L. Whistler dan J. N. BeMiller, ed.), Academic Press, New York, hlm. 619-647.
- Guthrie, R. D. 1974. *Introduction to Carbohydrate Chemistry*. Clarendon Press, Oxford.
- Lapsin R. & Prich S., 1999. *Rheology of Industrial Polysaccharides: Theory and Applications*. Chapman & Hall, New York.
- Lim S.T., Han J.A., Lim H.S. dan BeMiller J.N., 2002. Modification of Starch by Dry Heating with Ionic Gums. *American Association of Cereal Chemists, Inc.* 79, 601-605.
- Lobban, C. S. and Wynne, M. J. 1981. *The Biology of Seaweeds*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Lobban, C. S., P. J. Harrison & M. J. Duncan. 1985. *The Physiological Ecology of Seaweeds*. University Press, Cambridge.
- Lunning, K. 1990. *SEAWEEDS: Their Environment, Biography and Ecophysiology*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- McCoy, H. D. 1987. *The Commercial Algae; Prospects for one of The Oldest Industries*. Aqu. Mag. July/Aug. Hlm. 46-54.

McNeely, W. H. & K. S. Kang. 1973. *Xanthan and some other biosynthetic gums*, Dlm. *Industrial Gums, Polysaccharides and Their Derivatives* (R. L. Whistler dan J. N. BeMiller, ed.), Academic Press, New York, hlm. 473-497.

N.E. Montano, R.D. Villanuera & J.B Romero, 1999, *Chemical Characteristics and Gelling Properties of agar From Two Phillipine Gracilaria spp. (Gracilariales, Rhodophyta)*, Dlm. Joaba M. Kain, Murray T. Brown and Marc Lahaye (penyt), *Sixteenth International Seaweed Symposium: Development In Hydrologi*: 541-548. Kluwer Academic Publisher, Netherlands.

Nitisewojo, P., 1995. *Prinsip Analisis Makanan*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Kuala Lumpur.

Prins, N. 1997. *The Spesies of Eucheuma and Caulerpa*.

<http://www.botany.uwc.ac.za/algae/Natalie Prins 97/ aukraft.htm>

Reldex, Sdn. Bhd., 1999. *Wheatgrass- The green Wonder Health Food*.

<http://www.healingfood.com/newpage.htm>

Ripley, J.P. & Chester, R., 1971. *Introduction to Marine Chemistry*, Academic Press, New York.

Robledo, D. & Pelegrin, Y. F. 1997. Chemical and Mineral Composition of Six Potentially Edible Seaweed Species of Yucatan. *Botanica Marine* **40**. 301-306.

Ronald, L. & Seibold, M.S., 1990. Cereal Grass: What's In it For You!. Wilderness Community Education Foundation, USA.

Sandeson, G. R. 1981. *Polysaccharides in Food. Food Technology*.

Selby, H. H., dan T. A. Selby. 1973. Agar dlm. *Industrial Gums, Polysaccharides and Their Deritives* (R. L. Whistler dan J. N. BeMiller, ed.), Academic Press, New York, hlm 29-48.

Soleha Ishak, et al. 1993. *Kimia Makanan. Jilid 1.* Kuala Lumpur: dewan Bahasa dan Pustaka. Terjemahan. Owen R. Fennema. Food Chemistry second Edition. 1985. Marcel Dekker, Inc., New York.

S. Sundara Rajan. 2001. *Introduction to Algae.* Anmol Publications Pvt. Ltd., New Delhi.

Suriah Abdul Rahman, 1993. *Memahami Pemakanan.* Universiti Kebangsaan Malaysia, Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

Tik Haji Mohamed. 1988. *Pengenalan Alga.* Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Terjemahan . Morris, I. 1968. *An Introduction to Algae.* 2nd edition. Hutchinson University Library, London.

Tseng, C. K. 1981. Commercial Cultivation Dlm. *The Biology of Seaweeds* (C. S. Lobban & M. J. Wynne). Blackwell Publications, Oxford.

Wigmore, A., 1985. *The Wheatgrass Book.* Avery, New Jersey

Zubaidah Haji Abdul Rahim. 1992. *PEMAKANAN: Pendekatan Dari Segi Biokimia.* Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

<http://www.aepcolloids.com/pages/products/carrageenan.htm>

<http://www.aepcolloids.com/pages/products/agar.htm>

<http://www.seaweed.ucq.ie/SeaweedUsesGeneralCarrageenans.html>