

KESAN PENAMBAHAN KATION KALIUM,
NATRIUM DAN KALSIUM KEPADA
CIRI-CIRI PENJELAN
Eucheuma spinosum

GOH LIN SIANG

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2006



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**KESAN PENAMBAHAN KATION KALIUM, NATRIUM DAN KALSIMUM
KEPADA CIRI-CIRI PENJELAN *Eucheuma spinosum***

GOH LIN SIANG

**LATIHAN ILMIAH INI 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**

2006



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: KESAN PENAMBAHAN KATION KALSIUM, NATRIUM DAN KALSIUM
KEPADA CIRI-CIRI PENJELAN Eucheuma spinosum

TAJARAN: SARJANA MUDA SAINS MAKANAN (MAKANAN DAN PEMAKANAN)

SESI PENGAJIAN: 2002/2003

NAMA: GOH LIN SIANG

(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

Disahkan oleh

Lin Siang

(TANDATANGAN PENULIS)

Lee Jau Shya

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 4, JALAN SAMAH

CHOW, TANJUNG BUNGA

11200 PULAU PINANG

DR. LEE JAU SHYA

Nama Penyelia

Tarikh: 17 MEI 2006

Tarikh: 17 Mei 2006

TETAPAN: * Potong yang tidak berkenaan.

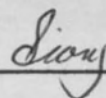
* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

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



PENGAKUAN

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



GOH LIN SIANG
HN 2003-2515
13 APRIL 2006



PERAKUAN PEMERIKSA**Tandatangan**

1. DR. LEE JAU SHYA
(PENYELIA)

2. DR. CHYE FOOK YEE
(PEMERIKSA-1)

3. ENCIK HASMADI MAMAT
(PEMERIKSA-2)

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



PENGHARGAAN

Terlebih dahulu, saya ingin mengambil kesempatan ini untuk merakamkan penghargaan yang setinggi-tinggi dan tidak terhingga kepada Dr. Lee Jau Shya, selaku penyelia penyelidikan bagi projek ini. Segala bimbingan, sokongan, bantuan, panduan, teguran dan nasihat beliau telah banyak membantu saya sepanjang projek penyelidikan ini.

Ribuan terima kasih ingin saya ucapkan kepada Dekan Sekolah Sains Makanan Dan Pemakanan, Prof. Madya Dr. Mohd. Ismail Abdullah dan para pensyarah Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan yang dikasihi telah mencurahkan segala pengalaman, bimbingan, pertolongan dan nasihat sepanjang pengajian saya di Universiti Malaysia Sabah. Perhargaan ini juga dirakamkan kepada En. Taipin, En. Othman dan En. Awang iaitu para pembantu makmal Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan yang sudi mencurahkan tenaga, masa dan pengalamam demi membantu saya menyempurnakan projek penyelidikan di makmal. Terima kasih juga ingin saya sampaikan kepada semua pegawai pustakawan di Universiti Malaysia Sabah yang sudi menolong saya di dalam pencarian maklumat untuk menjayakan projek penyelidikan ini.

Penghargaan tidak juga saya lupa sampaikan kepada keluarga saya yang tersayang terutamanya ibu bapa yang telah banyak memberikan dorongan dan sokongan kepada saya dalam menyiapkan projek penyelidikan ini. Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada rakan-rakan seperjuangan sepanjang perjalanan projek penyelidikan ini. Bantuan dan sokongan yang diberikan mereka amat berharga kepada saya dalam projek penyelidikan ini.

Akhirnya, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyempurnaan projek penyelidikan ini. Jasa baik mereka akan saya kenangi buat selama-lamanya.

Ikhlas daripada,
GOH LIN SIANG
HN 2003-2515



ABSTRAK

Ciri-ciri penjelan rumpai laut *Eucheuma spinosum* (RL) dan karaginan separa tulennya (KST) telah dikaji pada kepekatan 5% (b/b) melalui ujian penembusan, ujian sineresis, kapasiti memegang air dan kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku. Seterusnya, kesan penambahan kation-kation kalium (K^+), natrium (Na^+) dan kalsium (Ca^{2+}) ke dalam jel RL pada lima kepekatan yang berlainan juga dikaji. Dalam ujian penembusan, didapati bahawa jel KST adalah lebih kuat ($p < 0.05$) daripada jel RL. Selain itu, peratus sineresis jel KST adalah lebih tinggi ($p < 0.05$) daripada jel RL pada hari ke-2, ke-6 dan ke-8. Jel KST didapati kurang stabil daripada jel RL ($p < 0.05$) selepas lima kitaran sejukbeku-nyahsejukbeku. Ini menunjukkan bahawa jel yang kuat mempunyai sineresis yang tinggi dan kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku yang rendah. Penambahan kation-kation K^+ , Na^+ dan Ca^{2+} dalam jel RL meningkatkan kekuatan jel RL secara signifikan ($p < 0.05$) mengikut turutan $Ca^{2+} > K^+ > Na^+$. Di samping itu, jel RL membebaskan lebih banyak ($p < 0.05$) air dengan pertambahan kepekatan kation K^+ , Na^+ dan Ca^{2+} serta tempoh penstoran yang lebih panjang. Korelasi positif didapati untuk peratus sineresis dengan pertambahan kepekatan kation K^+ ($r = 0.802^{**} - 0.905^{**}$), Na^+ ($r = 0.909^{**} - 0.928^{**}$) dan Ca^{2+} ($r = 0.858^{**} - 0.925^{**}$) dalam tempoh 10 hari penstoran. Korelasi positif juga didapati antara sineresis dengan peningkatan tempoh penstoran jel K^+ : $r = 0.931^{**} - 0.976^{**}$; Na^+ : $r = 0.974^{**} - 0.990^{**}$ dan Ca^{2+} : $r = 0.938^{**} - 0.983^{**}$. Dalam lima kitaran sejukbeku-nyahsejukbeku, penambahan kation K^+ , Na^+ dan Ca^{2+} juga meningkatkan peratusan pembebasan air ($p < 0.05$). Hubungan kepekatan kation dengan peratusan pembebasan air dalam semua kitaran dapat ditunjukkan melalui korelasi positif untuk kation K^+ ($r = 0.785^{**} - 0.876^{**}$), Na^+ ($r = 0.920^{**} - 0.952^{**}$) dan Ca^{2+} ($r = 0.885^{**} - 0.940^{**}$). Begitu juga peratusan pembebasan air bertambah dengan kitaran yang lebih panjang dengan korelasi positif kation K^+ ($r = 0.920^{**} - 0.978^{**}$), Na^+ ($r = 0.841^{**} - 0.952^{**}$) dan Ca^{2+} ($r = 0.884^{**} - 0.969^{**}$). Kajian telah menunjukkan walaupun penambahan kation dalam RL dapat membentuk jel yang lebih kuat, tetapi mempunyai sineresis yang lebih tinggi dan kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku yang lebih rendah berbanding dengan jel KST. Pembentukan zon-zon persimpangan dalam jel RL selepas penambahan kation K^+ , Na^+ dan Ca^{2+} dipercayai faktor yang mempengaruhi ciri-ciri penjelan yang dikaji.

**THE EFFECTS OF POTASSIUM, SODIUM AND CALCIUM
CATIONS ON THE GELLING PROPERTIES OF
*Eucheuma spinosum***

ABSTRACT

Gelling properties of 5% (w/w) *Eucheuma spinosum* (RL) and its extracted semi refined carrageenan (KST) were studied by penetration test, syneresis test, water holding capacity and freeze-thaw stability. Effects on addition of five different concentrations of potassium (K^+), sodium (Na^+) and calcium (Ca^{2+}) on RL gels were also carried out. KST gel was found stronger ($p < 0.05$) than RL gel in the penetration test. Beside, percentage syneresis of KST gel was higher ($p < 0.05$) than RL gel on day-2, day-6 and day-8. KST gel was found less stable compared with RL gel ($p < 0.05$) after five cycles of freeze-thaw. This shows that stronger gel has higher syneresis and lower freeze-thaw stability. Addition of K^+ , Na^+ and Ca^{2+} cations increased the gel strength of RL significantly ($p < 0.05$) follows the sequences of $Ca^{2+} > K^+ > Na^+$. Moreover, RL gel released more ($p < 0.05$) water with the increase of K^+ , Na^+ and Ca^{2+} cations and storage period. During 10 days storage, positive correlation was found between the percentage syneresis with the increase concentration of K^+ ($r = 0.802^{**} - 0.905^{**}$), Na^+ ($r = 0.909^{**} - 0.928^{**}$) and Ca^{2+} ($r = 0.882^{**} - 0.925^{**}$). Besides, positive correlation was also discovered between syneresis with longer storage period of gel K^+ : $r = 0.931^{**} - 0.976^{**}$; Na^+ : $r = 0.974^{**} - 0.990^{**}$ and Ca^{2+} : $r = 0.938^{**} - 0.983^{**}$. Addition of K^+ , Na^+ and Ca^{2+} cations also increased the percentage of water released ($p < 0.05$) in the five cycles of freeze-thaw. The relationship of cation concentration with the percentage of water released in all cycles was shown by the positive correlation of K^+ ($r = 0.785^{**} - 0.876^{**}$), Na^+ ($r = 0.920^{**} - 0.952^{**}$) and Ca^{2+} ($r = 0.885^{**} - 0.940^{**}$). The percentage of water released increased with the number of cycle as shown by the positive correlation for K^+ ($r = 0.920^{**} - 0.978^{**}$), Na^+ ($0.841^{**} - 0.952^{**}$) and Ca^{2+} ($r = 0.884^{**} - 0.969^{**}$). The study shows that the addition of cations in RL though forming a stronger gel, but with higher syneresis and lower freeze-thaw stability compared to KST gel. The forming junction zones in the RL gel after addition of K^+ , Na^+ and Ca^{2+} cations is believed the factor affecting the gelling properties under studied.



KANDUNGAN

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
PENGAKUAN	iii
PERAKUAN PEMERIKSA	iv
PENGHARGAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KANDUNGAN	viii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SINGKATAN	xiii
SENARAI SIMBOL DAN UNIT	xiv
SENARAI PERSAMAAN	xv
SENARAI LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN	
2.1 Rumpai Laut	4
2.1.1 Kegunaan Rumpai Laut	5
2.1.2 Pengelasan Rumpai Laut	7
2.1.3 <i>Eucheuma spinosum</i>	8
2.2 Karaginan	10
2.2.1 Struktur Karaginan	11
2.2.2 Proses Pengekstrakan Karaginan	13
2.2.3 Aplikasi Karaginan Dalam Produk Makanan	14
2.2.4 Aspek Perundangan	15



2.3	Jel	16
2.3.1	Mekanisme Penjelan <i>Iota</i> -Karaginan	17
2.3.2	Ciri-ciri <i>Iota</i> -Karaginan	19
2.3.3	Kesan Penambahan Kation Kepada <i>Iota</i> -Karaginan	21

BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH

3.1	Rumpai Laut	24
3.2	Kaedah	25
3.2.1	Penyediaan Serbuk <i>Eucheuma spinosum</i>	25
3.2.2	Pengekstrakan Karaginan Separa Tulen (KST) <i>Eucheuma spinosum</i>	25
3.2.3	Penentuan Kandungan Kelembapan	26
3.2.4	Penyediaan Jel	26
3.3	Kajian Ciri-ciri Penjelan	27
3.3.1	Ujian Penembusan	27
3.3.2	Ujian Sineresis	27
3.3.3	Kapasiti Memegang Air	28
3.3.4	Kestabilan Sejukbeku-nyahsejukbeku	29
3.4	Analisis Statistik	29

BAB 4 HASIL DAN PERBINCANGAN

4.1	Peratusan Perolehan dan Kelembapan	31
4.2	Ujian Penembusan	31
4.2.1	Perbandingan Rumpai Laut (RL) dan Karaginan Separa Tulen (KST)	31
4.2.2	Kesan Penambahan Kation Monovalen Kalium (K ⁺) dan Natrium (Na ⁺)	33
4.2.3	Kesan Penambahan Kation Dwivalen Kalsium (Ca ²⁺)	35
4.3	Ujian sineresis	37
4.3.1	Perbandingan Rumpai Laut (RL) dan Karaginan Separa Tulen (KST)	37
4.3.2	Kesan Penambahan Kation Monovalen Kalium (K ⁺) dan Natrium (Na ⁺)	39
4.3.3	Kesan Penambahan Kation Dwivalen Kalsium (Ca ²⁺)	41
4.4	Kapasiti Memegang Air	44



4.4.1 Perbandingan Rumpai Laut (RL) dan Karaginan Separa Tulen (KST)	44
4.4.2 Kesan Penambahan Kation Monovalen Kalium (K^+) dan Natrium (Na^+)	45
4.4.3 Kesan Penambahan Kation Dwivalen Kalsium (Ca^{2+})	46
4.5 Kestabilan Sejukbeku-Nyahsejukbeku	46
4.5.1 Perbandingan Rumpai Laut (RL) dan Karaginan Separa Tulen (KST)	46
4.5.2 Kesan Penambahan Kation Monovalen Kalium (K^+) dan Natrium (Na^+)	48
4.5.3 Kesan Penambahan Kation Dwivalen Kalsium (Ca^{2+})	52
BAB 5 KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Cadangan	57
RUJUKAN	58
LAMPIRAN	64



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Beberapa spesies rumpai laut merah daripada tempat berbeza dengan hasilan karaginan yang berlainan	10
2.2	Kestabilan asid, keterlarutan dan ciri-ciri fizikal untuk jel <i>kappa</i> karaginan, <i>iota</i> karaginan dan <i>lambda</i> karaginan	21
4.1	Korelasi kepekatan kation kalium dan natrium dengan air sineresis (%) kelima-lima kitaran (10 hari)	40
4.2	Korelasi tempoh penstoran jel dengan air sineresis (%) untuk kelima-lima kepekatan kalium dan natrium yang berlainan	41
4.3	Korelasi kepekatan kation kalsium dengan air sineresis (%) untuk kelima-lima kitaran (10 hari)	43
4.4	Korelasi tempoh penstoran jel dengan air sineresis (%) dalam kelima-lima kepekatan kalsium yang berlainan	44
4.5	Korelasi kitaran dengan min kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku (%) dalam kelima-lima kepekatan kation kalium dan natrium yang berlainan	50
4.6	Korelasi kepekatan kation kalium dan natrium dengan min kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku (%) dalam kelima-lima kitaran	51
4.7	Korelasi kepekatan kation kalsium dengan min kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku (%) dalam kelima-lima kitaran	53
4.8	Korelasi kitaran dengan min kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku (%) dalam kelima-lima kepekatan kalsium yang berlainan	54



SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
2.1	Struktur spesies <i>Eucheuma spinosum</i>	9
2.2	Struktur kimia κ -kariginan, ι -kariginan dan α -kariginan	12
2.3	Model domain penjelan kariginan	19
2.4	Struktur <i>iota</i> kariginan dengan kehadiran ion kalsium	22
2.5	Struktur heliks dubel dengan kehadiran kation	23
3.1	Rumpai laut <i>Eucheuma spinosum</i>	24
4.1	Daya maksimum (N) untuk jel RL dan KST pada 5% (b/b)	32
4.2	Daya maksimum (N) untuk jel RL pada kepekatan kation kalium dan natrium yang berlainan	33
4.3	Daya maksimum (N) untuk jel RL yang ditambahkan dengan kepekatan kation kalsium yang berlainan	36
4.4	Air sineresis (%) jel RL dan KST pada 5% (b/b) dalam 10 hari tempoh penstoran	38
4.5	Air sineresis (%) jel RL yang ditambahkan dengan kepekatan kation kalium yang berlainan dalam tempoh 10 hari penstoran	39
4.6	Air sineresis (%) jel RL yang ditambahkan dengan kepekatan kation natrium yang berlainan dalam tempoh 10 hari penstoran	40
4.7	Air sineresis (%) jel RL tambahan kepekatan kation kalsium yang berlainan dalam tempoh 10 hari penstoran	42
4.8	Kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku (%) RL dan KST pada 5% (b/b) dalam lima kitaran	47
4.9	Kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku (%) RL dalam lima kitaran mengikut kepekatan kation kalium yang berlainan	49
4.10	Kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku (%) RL dalam lima kitaran mengikut kepekatan kation natrium yang berlainan	49
4.11	Kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku (%) RL dalam lima kitaran mengikut kepekatan kation kalsium yang berlainan	52



SENARAI SINGKATAN

pH	<i>Potantra Of Hygogeni</i>
ANOVA	<i>Analysis Of Varians</i>
GRAS	<i>Generally Recognized As Safe</i>
FDA	<i>Food and Drug Admistration</i>
SPSS	<i>Statistical Package of Social Science</i>
HSD	<i>Honestly Significant Differences</i>
KST	Karaginan Separa Tulen
RL	Rumpai Laut
FTS	Kestabilan Sejukbeku-nyahsejukbeku
WHC	Kapasiti Memegang Air
N	<i>Newton</i>
p	<i>Probability</i>
SP	Sisihan Piawai
KCl	Kalium Klorida
NaCl	Natrium Klorida
CaCl ₂	Kalsium Klorida
Terj	Terjemahan
ed.	<i>editor</i>



SENARAI SIMBOL DAN UNIT

&	Dan
±	Tambah dan Tolak
<	Kurang Daripada
>	Lebih Daripada
K	<i>Kappa</i>
I	<i>Iota</i>
λ	<i>Lambda</i>
M	<i>Mu</i>
N	<i>Nu</i>
θ	<i>Theta</i>
Å	<i>Angstrom</i>
mm	Milimeter
cm	Sentimeter
ml	Mililiter
g	Gram
kg	Kilogram
rpm	<i>Revolutions Per Minute</i>
°C	<i>Darjah Celsius</i>
M	Molar
%	Peratus
w/w	<i>Weight/Weight</i>
b/b	Berat/Berat



SENARAI PERSAMAAN

Persamaan		Halaman
3.1	Peratusan Air Sineresis	28
3.2	Peratusan Kapasiti Memegang Air	28
3.3	Peratusan Kestabilan Sejukbeku-nyahsejukbeku	29



SENARAI LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
A	Min dan sisihan piawai RL dan KST dalam ujian penembusan, ujian sineresis dan kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku	66
B	Min dan sisihan piawai kesan penambahan kation kalium, natrium dan kalsium dalam ujian penembusan	67
C	Analisis SPSS, min dan sisihan piawai kesan penambahan kation kalium, natrium dan kalsium dalam ujian sineresis	68
D	Min dan sisihan piawai kesan penambahan kation kalium, natrium dan kalsium dalam kapasiti memegang air	71
E	Analisis SPSS, min dan sisihan piawai kesan penambahan kation kalium, natrium dan kalsium dalam kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku	72
F	Keputusan korelasi ujian penembusan	75
G	Keputusan korelasi ujian sineresis	76
H	Keputusan korelasi kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku	82



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Rumpai laut diklasifikasikan ke dalam tiga kumpulan yang berdasarkan kepada warnanya seperti coklat, merah dan hijau. Ahli-ahli botani merujuk kumpulan tersebut sebagai *Phaeophyceae*, *Rhodophyceae* dan *Chlorophyceae*. Pada kebiasaannya, rumpai laut berwarna coklat berukuran lebih besar dari kelp gergasi yang berukuran 20 meter panjang sehingga rumpai laut yang tebal berbentuk seperti kulit di antara 2-4 meter panjang dan spesies-spesies rumpai laut yang kecil di antara 30-60 sentimeter panjang. Rumpai laut warna merah mempunyai ukuran yang kecil; pada kebiasaannya di antara beberapa sentimeter hingga satu meter panjang sahaja (McHugh, 2002). Walau bagaimanapun, rumpai laut merah tidak selalunya berwarna merah kerana kadang-kadang ia didapati dalam warna ungu dan coklat kemerah-merahan. Namun begitu, ahli-ahli botani tetap mengelaskannya sebagai *Rhodophyceae* kerana ciri-cirinya.

Rumpai laut merah mengandungi pelbagai polisakarida komersil yang penting seperti karaginan yang dikenali sebagai polisakarida sulfat kerana mengandungi kumpulan sulfat negatif dalamnya. Sejarah telah menunjukkan bahawa penggunaan rumpai laut secara komersil untuk penghasilan karaginan adalah bermula dengan spesies *Chondrus crispus* dan beberapa spesies yang lain daripada famili *Solieriaceae* dan *Gigartinaceae*. Kini, rumpai laut komersil yang digunakan untuk



penghasilan karaginan adalah daripada spesies *Kappaphycus alvarezii* yang juga dinamakan sebagai "conttonii" dan *Eucheuma denticulatum* yang juga dinamakan sebagai "Spinusum" (Rudolph, 2000).

Karaginan boleh diekstrakkan dari rumpai laut merah. Karaginan dibahagikan kepada tiga jenis yang utama iaitu *kappa*, *iota*, dan *lambda* bergantung kepada nombor kumpulan sulfat (satu, dua atau tiga) yang berulang dalam satu unit disakarida. *Eucheuma spinosum* merupakan rumpai laut merah yang boleh menghasilkan *iota* karaginan. *iota*-karaginan terdiri daripada dua kumpulan sulfat dalam satu unit berulang disakarida; β -(1-3)-D-galaktosa-4-sulfat dan α -(1-4)-3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat (Marcelo, Saiz & Tarazona, 2005). Karaginan digunakan secara luas sebagai agen pembentuk jel, penambah kelikatan, agen penstabil dan agen pengelmuksi dalam industri penyediaan makanan (Morris & Belton, 1982).

Perkembangan industri makanan kini perlu memberikan penekanan di dalam kualiti makanan yang dikehendaki oleh pengguna. Permintaan terhadap kualiti yang tinggi telah mewujudkan permintaan pengguna terhadap karaginan yang boleh meningkatkan rasa, tekstur dan reologi makanan. Contohnya, karaginan boleh memberikan tekstur yang dikehendaki di dalam pelbagai jenis makanan seperti jeli, jam, sos dan produk daging serta boleh bertindak sebagai agen penstabilan dalam produk tenusu (Stanley, 1987).

Kajian lepas menunjukkan bahawa karaginan separa tulen (KST) *Eucheuma spinosum* mempunyai kesan penjelan yang lebih baik daripada rumpai laut *Eucheuma spinosum* (Ngu, 2005). Mengikut Morris & Belton (1982), penambahan kation akan memperbaiki kesan penjelan *iota* karaginan. Oleh itu dipercayai kesan yang sama juga berlaku pada *Eucheuma spinosum*. Kesan penjelan rumpai laut *Eucheuma spinosum* yang telah diperbaiki mungkin boleh menggantikan KST dalam



aplikasi makanan sebagai emulsi atau penstabil tanpa melalui proses ekstraksi alkali. Dengan itu, kos dan masa pemprosesan boleh dikurangkan secara komersil.

Kation-kation seperti kalium, natrium dan kalsium merupakan kation yang biasa bertindak balas dengan kumpulan ester sulfat *iota* karaginan. Selain itu, kation-kation tersebut juga merupakan kation yang membantu penjelan *iota* karaginan (Belton *et al.* , 1984). Oleh itu, untuk menyedari potensi rumpai laut, *Eucheuma spinosum* dalam aplikasi makanan, tiga kation dalam kepekatan yang berlainan disediakan dan dikaji kesan mereka terhadap ciri-ciri penjelan.

Objektif kajian ini adalah:

1. Membandingkan ciri-ciri penjelan *Eucheuma spinosum* dan ekstraksi karaginan separa tulennya ke atas ujian penembusan, ujian sineresis, kapasiti memegang air dan kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku.
2. Mengkaji kesan penambahan kation-kation kalium, natrium dan kalsium ke dalam jel *Eucheuma spinosum* atas ujian penembusan, ujian sineresis, kapasiti memegang air dan kestabilan sejukbeku-nyahsejukbeku.
3. Membandingkan kesan penambahan kation-kation kalium, natrium dan kalsium dalam jel *Eucheuma spinosum* dengan jel rujukan karaginan separa tulennya.



RUJUKAN

- Aguilera, J. M. & Stanley, D. W. 1999. *Microstructural Principals of Food Processing and Engineering*. (2nd edition). Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- Ainsworth, P. A. & Blanshard, J. M. V. 1978. The interdependence of molecular structure and strength of carrageenan/carob gel. Part I. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*. **11**: 279-282.
- Ambjerg-Pedersen, H. C. & Jorgensen, B. B. 1991. Influence of pectin on the stability of casein solutions studied in dependence of varying pH and salt concentration. *Food Hydrocolloid*. **5**(4): 323-328.
- Anon. 1993. *Marine Colloids Carrageenan*. Philadelphia: FMC Corporation.
- Armisen, R. 1995. World-wide use and importance of *Gracilaria*. *Journal Applied Phycology*. **7**: 231-243.
- Arnott, S., Scott, W. E., Rees, D. A. & McNab C. G. A. 1974. ι -Carrageenan: molecular structure and packing of polysaccharides double helices in oriented fibres of divalent cations salt. *Journal of Molecular Biology*. **90**: 67-253.
- Atkins, P. W. 1990. *Physical Chemistry* (4th edition). Oxford: Oxford University Press.
- Belton, P. S., Chilvers, R. G., Morris, V. J. & Tanner, S. F. 1984. Effects of group I cations on the gelation of iota carrageenans. *International Journal of Biological Macromolecules*. **6**: 303-308.
- Bird, K. T. 1987. Cost Analysis of Energy from Marine Biomass. In *Seaweed Cultivation for Renewable Resources*. Amsterdam: Elsevier.
- Bourne, M. C. 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement* (2nd edition). New York: Academic Press.
- Bryce, T. A., McKinnon, A., Morris, E. R., Rees, D. A., & Thom, D. 1974. Chain conformations in the sol-gel transitions and their characterization by spectroscopic methods. *Journal of Chemical Society Faraday*. **57**: 9-221.
- Chapman, V. J. 1970. *Seaweeds and Their Uses*. London: Methuen.



- Craigie J. S., 1990. *Cell walls. In Biology of the Red Algae*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cote, G. L., Hanisak, M. D. 1986. Production and properties of native agars from *Gracilaria tikvahiae* and other red algae. *Botanica Marina*. **27**: 55-61.
- DeFreitas, Z., Sebranek, J. G., Olson, D. G. & Carr, J. M. 1997. Freeze-thaw stability of cooked pork sausages as affected by salt, phosphate, pH and carrageenan. *Journal of Food Science*. **65**(3): 551-554.
- Duckworth, M. & Yaphe, W. 1971. The structure of agar. Part 1, Fractionation of a complex mixture of polysaccharides. *Carbohydrate Research*. **16**: 359-366.
- Draget, K. I., Gaserod, O., Aune, I., Andersen, P. O., Storbakken, B., Stokke, B. T. & Smidsrod, O. 2001. Effects of molecular weight and elastic segment flexibility on syneresis in Ca-alginate gels. *Food Hydrocolloids*. **12**: 485-190.
- Fernandes, P. B., Gonçalves, M. P. & Doublier, J. L. 1991. A rheological characterization of kappa-carrageenan/galactomannan mixed gels: A comparison of locust bean gum samples. *Carbohydrate Polymers*. **16**: 253-274.
- Ferry, J. D. 1980. *Viscoelastic Properties of Polymers* (3rd edition). New York: Wiley.
- Glicksman, M. 1969. *Sea extracts. In: Gum Technology in the Food Industry*. New York: Academic Press. 214-239.
- Glicksman, M. 1982. Functional properties of hydrocolloids. Glicksman, M. (ed.). *Food Hydrocolloids*. Jld. 1. Florida: CRC Press, Inc. 48-78.
- Huang, Y. Q., Tang J. M., Swanson, B. G. & Rasco, B. A. 2003. Effect of calcium concentration on textural properties of high and low acyl mixed gellan gels. *Carbohydrate Polymers*. **54**: 517-522.
- Humm, H. J. 1951. *The Red Algae of Economic Importance: Agar and Related Phycocolloids. In Marine Products of Commerce*. New York: Reinhold Publishing Corporation.
- Ikeda, S. & Morris, V. J. 2002. Fine-stranded and particulate aggregates of heat-denatured whey proteins visualized by atomic force microscopy. *Biomacromolecules*. **3**(2):382-389.



- Janaswamy, S. & Chandrasekaran, R. 2002. Effect of calcium ions on the organization of iota-carrageenan helices: an X-ray investigation. *Carbohydrate Research*. **337**: 523–535.
- Lobban, C. S. & Harrison P. J. 1994. *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lin, C. F. 1977. *Interaction of Sulfated Polysaccharides with Protein in Food Colloids*. Westport: Avi Publishing.
- Lüning, K. 1990. *Seaweeds. Their Environment, Biogeography and Ecophysiology*. New York: John Wiley.
- Malaysia. 2004. *Food Act 1983 (Act 281) & Regulations*. 2003. Selangor: International Law Book Service.
- Mateos, M. P. & Montero, P. 2000. Contribution of hydrocolloids to gelling properties of blue whiting muscle. *European Food Research Technology*. **210**: 383-390.
- Marcelo, G., Saiz, E. & Tarazona, M. P. 2005. Unperturbed dimensions of carrageenans in different salt solutions. *Biophysical Chemistry*. **113**: 201-208.
- Mao, R., Tang, J., Swanson, B. G. 2001. Water holding capacity and microstructure of gellan gels. *Carbohydrate Polymers*. **46**: 365-371.
- Mammarella, E. J. & Rubiolo, A. C. 2003. Crosslinking kinetics of cation-hydrocolloid gels. *Chemical Engineering Journal*. **94**: 73-77.
- McHugh, D. 2002. Industri Rumpai Laut – Suatu Tinjauan. *Warta Akuakultur*. **12**: 17-21.
- Morris, E. R., Rees, D. A. & Robinson, G. 1980. Cation-specific aggregation of carageenan helices; domain model of polymer gel structure. *Journal of Molecular Biology*. **138**: 349-362.
- Morris, V. J. & Belton, P. S. 1982. The influence of the cations sodium, potassium and calcium on the gelation of iota-carrageenan. *Proceedings of Food Nutrition and Science*. **6**: 55–66.
- Morris I. 1988. *Pengenalan Alga (terj)*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.



- Montero, P. & Mateos, M. P. 2002. Effects of Na⁺, K⁺ dan Ca²⁺ on gels formed from fish mince containing a carrageenan or alginate. *Food Hydrocolloids*. **16**:375-385.
- Mouro, C. R., Zykwinska, A., Durand, S., Doublier, J. L. & Buleon, A. 2004. NMR investigations of the 4-ethyl guaicol self-diffusion in iota (ι)- carrageenan gels. *Carbohydrate Polymers*. **57**: 459-468.
- Ngu L. F., 2005. *Kajian Ciri-ciri Penggelan Eucheuma spinosum dan Ekstraksi Karagenan Separa Tulennya*. Kertas Kajian Ijazah Sarjana Muda Sains Makanan dengan Kepujian dalam Bidang Teknologi Makanan dan Bioproses, Kota Kinabalu.
- Normah, O. & Nazafirah, I. 2003. Production of semi-refined carragenan from locally available red seaweed, *Eucheuma cottonii* on a laboratory scale. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*. **31**: 207-213.
- Ohashi, S., Ura, F., Ochi, T., Lida, H., & Ukai, S. 1990. Interaction of thaumatin with carrageenan. I. Effects of pH, temperature and competing cations. *Food Hydrocolloids*. **4**(2):105-119.
- Ohno, M. & Critchley A. T. 1993. *Seaweed Cultivation and Marine Raching*. Japan: International Cooperative Agency, Nagai, Yokosuka.
- Piculell, L. 1991. Effects of ions on the disorder-order transitions of gel-forming polysaccharides. *Food Hydrocolloid*. **16** (3):225-233.
- Rabanal, H. R. & Trono, Jr. G. C. 1983. Seaweeds in Asia: A resource waiting for development. *INFOFISH Marketing Digest* **4**: 19-22.
- Rees, D. A. 1969. Structure conformation and mechanism in the formation of polysaccharide gels and networks. Wolfrom, M. L. & Tipson, R. S. (ed). *In Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. New York: Academic Press. 24.
- Rees, D. A. 1972. Mechanism of gelation in polysaccharides systems. *In Gelation and Gelling Agents, British Food Manufacturing Industries Research Association, Symp Proc*. London: No 13. 7-12.
- Reid, D. S. 1978. The interaction of ions with gelling polysaccharides. Everett, D. H. & Vincent, V. (ed.). *Ions in Macromolecular and Biological Systems*. Bristol: Scientechnica. 82-89.



- Round, F. E. 1981. *The Ecology of Algae*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rotbart, M., Neeman, I., Nussinovitch, A., Kopelman, I. J. & Cogan, U. 1988. the extration of carageenan 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.
- Sanderson, G. R. 1981. Polysaccharides in foods. *Food Technology*. **7**: 7-50.
- Sanderson, G. R. 1990. Gellan gum. Harries, P. (ed.). *Food Gels*. New York: Elsevier Science. 201-232.
- Scherer, G. W. 1988. Aging and drying of gels. *Journal of Non Crystalline Solids*. **100**: 77-92.
- Stanley, N. 1987. Production, properties and uses of carrageenan. In: *Production and Utilization of Products from Commercial Seaweeds*. FAO Fisheries Technical Paper No. 288.
- Tako, M., Nakamura, S. & Khoda, Y. 1987. Indicative evidence for conformational transition in iota-carrageenan. *Carbohydrate Research*. **161**: 247-255.
- Tanaka, T. 1987. Gels. Klingsberg, A. & Piccininni, R. (ed.). *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering* (Vol. 7). New York: Wiley. 514.
- Therkelsen, G.H. 1993. Carrageenan. Whistler, R.L. & BeMiller, J.N. (ed.). *Industrial Gums: Polysaccharides and Their Derivatives*. (3rd edition). California: Academic Press, Inc. 145-180.
- Thomas, W. R. 1999. Imerson, A. (ed.). *Thickening and Gelling Agents for Food*. (2nd edition). New York: Blackie Academic. 45-59.
- Towle, G. A. 1973. Whistler, R. L. & BeMiller, J. N. (ed). *Industrial Gums*. New York: Academic Press. pp 83-114.
- Turvey, J. R., 1965. Sulfates of the simple sugars. *Advances in Carbohydrate Chemistry*. **20**:183-218.



- Van de Valde, F., Rollema, H. S., Grinberg, N. V., Burova, T. V., Grinberg, V. Y. & Tromp, R. H. 2002. Coil-helix transition of ι -Carrageenan as a function of chain regularity. *Biopolymers*. **65**(4): 299-312.
- Van de Velde, F. & de Ruiter, G. A. 2002. Carrageenan. Vandamme, E. J., Baets, S. De & Steinbuchel, A. (ed.). *Biopolymers. Polysaccharides from Eukaryotes* (Vol 6). Weinheim: Wiley. 245-274.
- Viana, A. G., Nosedá M. D., Duarte M. E. R. & Cerezo A. S. 2004. Alkali modification of carrageenans. Part V. The iota-nu hybrid carrageenan from *Eucheuma denticulatum* and its cyclization to iota-carrageenan. *Carbohydrate Polymers*. **58**: 455-460.
- Viebke, C., Piculell, L. & Nilsson, S. 1994. On the mechanisms of gelation of helix-forming biopolymer. *Macromolecules*. **27**: 4160-4166.
- Zabik, M. E. & Aldrich, P. J. 1968. Gel strength of kappa-carrageenan as affected by cations. *Journal of Food Science*. **33**: 371-377.

