

**PENGOPTIMUMAN FORMULASI PUDING SUSU RUMPAI LAUT MELALUI
METODOLOGI RESPONS PERMUKAAN (RSM)**

LEE HUI SIN

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

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
KOTA KINABALU**

2006



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

TITUL: PENGOPTIMUMAN FORMULASI PUDING SUSU RUMPAI LAUT MELALUI
METODOLOGI RESPONS PERMUKAAN (RSM)

TAJUK: SARJANA MUDA SAINS

TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSE

SESI PENGAJIAN: 2003 / 2004

NAMA: LEE HUI SIN

(HURUF BESAR)

Perpustakaan 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

Hui Sin

(TANDATANGAN PENULIS)

Lee Jau Shya

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 40, JALAN KRISTAL 7/74,

0000 SHAH ALAM, SELANGOR

DR. LEE JAU SHYA

Nama Penyelia

tarikh: 18/5/2006

Tarikh: 18/5/2006

PETATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

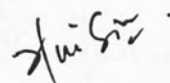
* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampiran surat daripada pihak berkuasa/organsasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

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



PENGAKUAN

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



LEE HUI SIN
HN 2003-5226
5 APRIL 2006



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DIPERAKUKAN OLEH

TANDATANGAN



1. PENYELIA
(DR. LEE JAU SHYA)

2. PEMERIKSA-1
(CIK ADILAH MD. RAMLI)

3. PEMERIKSA-2
(CIK HO AI LING)

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



PENGHARGAAN

Saya bersyukur dan berterima kasih atas kerjasama semua pihak yang membantu saya menyiapkan tesis ini dalam masa yang dijadualkan. Hasil kerja ini bukan semata-mata usaha saya sendiri sahaja malah adalah kejayaan bersama bagi semua pihak yang sanggup mengorbankan masa dan tenaga untuk menolong saya. Pertama sekali, saya ingin merakamkan penghargaan setinggi-tinggi kepada Dr. Lee Jau Shya selaku penyelia tesis ini atas tunjuk ajar, nasihat, pandangan dan dorongan sepanjang kajian penyelidikan dijalankan. Segala jasa beliau tidak akan saya lupakan buat panduan dan pedoman diri. Sukacita untuk meluahkan penghargaan kepada Encik Othman, Encik Taipin dan Encik Awang selaku pembantu makmal yang banyak membantu dalam penyediaan peralatan dan radas yang diperlukan serta memberi pengajaran dalam kerja makmal. Tidak terkecuali juga terima kasih kepada ayahanda bonda yang mendorong saya sepanjang kajian dijalankan atas kasih sayang yang dicurahkan. Akhir sekali, terima kasih kepada rakan seperjuangan saya yang telah membantu antara satu sama lain. Sekali lagi saya meluahkan jutaan terima kasih kepada semua yang terlibat dalam kajian ini secara langsung atau tidak langsung.

5 APRIL 2006

LEE HUI SIN
(HN 2003-5226)

ABSTRAK

PENGOPTIMUMAN FORMULASI PUDING SUSU RUMPAI LAUT MELALUI METODOLOGI RESPONS PERMUKAAN (RSM)

Penyelidikan ini bertujuan untuk mengoptimumkan formulasi bagi puding susu rumpai laut dengan menggunakan Metodologi Respons Permukaan (RSM). Pembolehubah-pembolehubah tidak bersandar yang dikaji termasuklah *E. cottonii* (0.42-0.54%), *E. spinosum* (0.06-0.18%) dan ion kalium (0.01-0.03M). Kesan gabungan pembolehubah-pembolehubah ini terhadap kekuatan gel, sineresis dan atribut-atribut sensori telah dikaji dengan menggunakan Reka Bentuk *Central Composite*. Analisis statistik menunjukkan peningkatan *E. cottonii* ($\beta_1 = 0.051^{**}$) dan ion kalium ($\beta_3 = 0.032^{**}$) meningkatkan kekuatan gel puding. Kedua-dua kitaran ujian sineresis telah menunjukkan peningkatan kepekatan rumpai laut mengurangkan sineresis. Ahli panel separa terlatih telah digunakan untuk menjalankan Ujian Penskoran. Penambahan *E. cottonii* didapati meningkatkan atribut kesenangan mencedok ($\beta_1 = 0.69^{**}$) dengan menghasilkan gel yang lebih kuat, tetapi menyebabkan rasa rumpai laut yang tidak digemari ($\beta_1 = 0.95^{**}$). Di samping itu, kelicinan dalam mulut paling dipengaruhi oleh *E. spinosum* yang mengakibatkan kebintilan puding susu ($\beta_2 = -0.36^{**}$). Ion kalium amat mempengaruhi kekilauan permukaan puding ($\beta_3 = 0.48^{**}$) kerana kejadian sineresis yang tinggi. Secara keseluruhannya, semua pembolehubah meningkatkan aroma puding susu ($\beta_1 = 0.58^{**}$, $\beta_2 = 0.31^{**}$, $\beta_3 = 0.23^{**}$). Keputusan analisis proksimat telah menunjukkan bahawa puding susu yang dihasilkan mengandungi $78.75 \pm 0.06\%$ kandungan lembapan, $0.34 \pm 0.01\%$ lemak, $0.440 \pm 0.001\%$ protein, $0.47 \pm 0.07\%$ abu, $0.010 \pm 0.006\%$ serabut kasar dan $19.99 \pm 0.17\%$ karbohidrat. Melalui penindihan plot kontur atribut sensori terpilih (aroma, kekilauan permukaan, kesenangan mencedok, kelicinan dalam mulut, rasa rumpai laut dan penerimaan keseluruhan), formulasi optimum bagi puding susu rumpai laut telah didapati sebagai 0.44% *E. cottonii*, 0.16% *E. spinosum* dan 0.02M KCl.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF SEAWEED GELLED MILK PUDDING FORMULATION USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)

This research is aimed to optimize the formulation of seaweed gelled milk pudding using Response Surface Methodology (RSM). The independent variables studied are concentration of *E. cottonii* (0.42-0.54%), *E. spinosum* (0.06-0.18%) and potassium ion (0.01-0.03M). The combined effect of these variables on gel strength, syneresis and sensory attributes were investigated by employing a Central Composite Design. Statistical analysis showed that increase of *E. cottonii* ($\beta_1 = 0.051^{**}$) and potassium ion ($\beta_3 = 0.032^{**}$) enhanced gel strength. Both cycles of syneresis showed that increasing of seaweed concentration tends to decrease syneresis. The Scoring Test was conducted by semi-trained panels. Addition of *E. cottonii* was found to improve the attribute of easiness to scoop ($\beta_1 = 0.69^{**}$) by producing stronger gel, but resulting repulsive seaweed flavour ($\beta_1 = 0.95^{**}$). On the other hand, smoothness of milk pudding was most affected by *E. spinosum* which caused graininess in the milk pudding ($\beta_2 = -0.36^{**}$). Potassium ion could effectively improve the surface glossiness of pudding ($\beta_3 = 0.48^{**}$) owing to higher syneresis. In general, all the variables increased the milk pudding aroma ($\beta_1 = 0.58^{**}$, $\beta_2 = 0.31^{**}$, $\beta_3 = 0.23^{**}$). Proximate analysis showed that the milk pudding has $78.75 \pm 0.06\%$ of moisture content, $0.34 \pm 0.01\%$ of fat, $0.440 \pm 0.001\%$ of protein, $0.47 \pm 0.07\%$ of ash, $0.010 \pm 0.006\%$ of crude fiber and $19.99 \pm 0.17\%$ of carbohydrate. Overlapping of contour plots for selected sensory attributes (aroma, surface glossiness, easiness to scoop, smoothness, seaweed flavour and overall acceptance) found that the optimum formulation for seaweed gelled milk pudding contains 0.44% of *E. cottonii*, 0.16% of *E. spinosum* and 0.02M KCl.



KANDUNGAN

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SINGKATAN	xii
SENARAI SIMBOL	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif	4
 BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN	
2.1 Rumpai Laut	5
2.1.1 Pengelasan Rumpai Laut	6
2.1.2 <i>Eucheuma</i> sp.	7
2.1.3 Kegunaan Rumpai Laut	9
2.1.4 Kandungan Nutrien Rumpai Laut	10
2.2 Industri Rumpai Laut	11
2.2.1 Industri Rumpai Laut Di Malaysia	12
2.3 Karagenan	14
2.3.1 Kegunaan Karagenan	19
2.4 Mekanisme Pengelan Karagenan	20
2.5 Kesan Ion Ke Atas Karagenan	21
2.6 Interaksi Karagenan Dengan Protein Susu	23
2.7 Metodologi Respons Permukaan	25
 BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH	
3.1 Bahan	

3.2 Peralatan	27
3.3 Kaedah	28
3.3.1 Penyediaan Serbuk Rumpai Laut	28
3.3.2 Penentuan Kandungan Kelembapan	28
3.3.3 Rekabentuk Eksperimen	28
3.3.4 Penyediaan Puding	30
3.4 Ujian Fizikokimia	30
3.4.1 Pengukuran Briks	30
3.4.2 Pengukuran pH	31
3.4.3 Ujian Sineresis	31
3.4.4 Ujian Penembusan	31
3.5 Penilaian Sensori	32
3.5.1 Pemilihan dan Latihan Ahli Panel	32
3.5.2 Ujian Penskoran	33
3.6 Analisis Proksimat	33
3.6.1 Kandungan Lembapan	33
3.6.2 Kandungan Lemak	34
3.6.3 Kandungan Protein	35
3.6.4 Kandungan Abu	36
3.6.5 Kandungan Serabut Kasar	37
3.6.6 Kandungan Karbohidrat	38
3.7 Analisis Statistik	39
BAB 4 HASIL DAN PERBINCANGAN	
4.1 Ujian Penembusan	40
4.2 Sineresis	45
4.3 Bacaan Briks	49
4.4 Bacaan pH	50
4.5 Ujian Sensori	52
4.5.1 Aroma	52
4.5.2 Kekilauan Permukaan	54
4.5.3 Kesenangan Mencedok	57
4.5.4 Kelicinan Dalam Mulut	59
4.5.5 Kemanisan	61
4.5.6 Rasa Susu	63



4.5.7 Rasa Rumpai Laut	65
4.5.8 Penerimaan Keseluruhan	67
4.6 Analisis Proksimat	69
4.7 Pengoptimuman Formulasi	71
BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Cadangan	76
Rujukan	77
Lampiran	86



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Pengeluaran rumpai laut <i>Eucheuma</i> bagi beberapa negara penanam	8
2.2	Kandungan nutrien <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i>	11
2.3	Penghasilan rumpai laut di Sabah (1989-2000)	13
2.4	Jumlah penghasilan dan nilai jualan borong rumpai laut Sabah 1989-2000	14
2.5	Perbezaan kappa karagenan, iota karagenan dan lambda karagenan	16
3.1	Rekabentuk <i>Central Composite</i> yang digunakan untuk penghasilan puding susu	29
4.1	Anggaran pemalar model jangkaan untuk kekuatan gel	42
4.2	Anggaran pemalar model jangkaan untuk sineresis kitaran 1 dan 2	47
4.3	Bacaan Briks bagi setiap formulasi	50
4.4	Bacaan pH bagi setiap formulasi	51
4.5	Anggaran pemalar model jangkaan untuk atribut aroma	53
4.6	Anggaran pemalar model jangkaan untuk atribut kekilauan permukaan	55
4.7	Anggaran pemalar model jangkaan untuk atribut kesenangan mencedok	58
4.8	Anggaran pemalar model jangkaan untuk atribut kelicinan dalam mulut	60
4.9	Anggaran pemalar model jangkaan untuk atribut kemanisan	62
4.10	Anggaran pemalar model jangkaan untuk atribut rasa susu	64
4.11	Anggaran pemalar model jangkaan untuk atribut rasa rumpai laut	66
4.12	Anggaran pemalar model jangkaan untuk atribut penerimaan keseluruhan	68
4.13	Keputusan analisis proksimat puding susu rumpai laut	70



SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
2.1	Penyusunan semula (a) prekursor μ -karagenan menjadi κ -karagenan dan (b) prekursor ν -karagenan menjadi ι -karagenan	15
2.2	Struktur kimia kappa I karagenan	17
2.3	Struktur kimia kappa II karagenan	18
2.4	Struktur kimia iota karagenan	18
2.5	Struktur kimia lambda karagenan	19
4.1	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan ion kalium terhadap kekuatan gel	44
4.2	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap (a) sineresis kitaran 1 dan (b) sineresis kitaran 2	48
4.3	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap atribut aroma	54
4.4	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan ion kalium terhadap atribut kekilaan permukaan	56
4.5	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan ion kalium terhadap atribut kesenangan mencedok	59
4.6	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap atribut kelicinan dalam mulut	61
4.7	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> ke atas atribut kemanisan	63
4.8	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap atribut rasa susu	65
4.9	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap atribut rasa rumpai laut	67
4.10	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap atribut penerimaan keseluruhan	69
4.11	Plot tindihan kontur bagi pengoptimuman puding susu	72



SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
2.1	Penyusunan semula (a) prekursor μ -karagenan menjadi κ -karagenan dan (b) prekursor ν -karagenan menjadi ι -karagenan	15
2.2	Struktur kimia kappa I karagenan	17
2.3	Struktur kimia kappa II karagenan	18
2.4	Struktur kimia iota karagenan	18
2.5	Struktur kimia lambda karagenan	19
4.1	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan ion kalium terhadap kekuatan gel	44
4.2	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap (a) sineresis kitaran 1 dan (b) sineresis kitaran 2	48
4.3	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap atribut aroma	54
4.4	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan ion kalium terhadap atribut kekilaan permukaan	56
4.5	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan ion kalium terhadap atribut kesenangan mencedok	59
4.6	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap atribut kelicinan dalam mulut	61
4.7	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> ke atas atribut kemanisan	63
4.8	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap atribut rasa susu	65
4.9	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap atribut rasa rumpai laut	67
4.10	Kesan penambahan <i>E. cottonii</i> dan <i>E. spinosum</i> terhadap atribut penerimaan keseluruhan	69
4.11	Plot tindihan kontur bagi pengoptimuman puding susu	72

SENARAI SINGKATAN

LKIM	Lembaga Kemajuan Ikan Malaysia
RSM	<i>Response Surface Methodology</i>
CCD	<i>Central Composite Design</i>
SPSS	<i>Statistical Package of Science Social</i>
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
SRC	Karagenan separa tulen
mt	tan metrik



SENARAI SIMBOL

g	gram
ml	mililiter
%	peratus
°C	darjah <i>Celcius</i>
κ	kappa
ι	iota
λ	lambda
K^+	ion kalium
KCl	kalium klorida
R^2	pekali regressi
Adj R^2	pekali regressi terubahsuai



SENARAI LAMPIRAN

No. Lampiran		Halaman
A	Contoh borang Ujian Penskoran	85
B	<i>Model Summary Statistics</i> bagi ujian penembusan	88
C	<i>Model Summary Statistics</i> bagi ujian sineresis	89
D	Keputusan ANOVA dan Tukey bagi bacaan briks	90
E	Keputusan ANOVA dan Tukey bagi bacaan pH	91
F	<i>Model Summary Statistics</i> bagi ujian sensori	92



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Terdapat pelbagai jenis makanan pencuci mulut dengan ciri-ciri tekstur, rasa dan rupa bentuk yang berlainan di pasaran. Kepelbagaian ini adalah disebabkan penggunaan agen pengelatan dan pemekat yang berlainan serta perbezaan alat dan keadaan pemprosesan. Hidrokoloid yang digunakan untuk menghasilkan makanan ini biasanya ialah kanji dan karagenan.

Karagenan adalah polisakarida bersulfat yang mempunyai berat molekul yang tinggi yang diekstrak dari tumbuhan marin dari kelas *Rhodophyceae* (Nerurkar *et al.*, 2005). Rumpai laut spesies *Eucheuma* adalah sejenis tumbuhan liar dari kelas *Rhodophyceae*. *Eucheuma* banyak terdapat dalam laut tenang di perairan Malaysia Timur khususnya di perairan Negeri Sabah. Kajian dari Lembaga Kemajuan Ikan Malaysia mendapati kandungan rumpai laut ini amatlah berguna dalam banyak proses kimia dan bioteknologi sebab *Eucheuma* mengandungi karagenan (LKIM, 2005b).

Karagenan digunakan dalam banyak aplikasi komersial seperti agen pengelatan, agen pemekat, agen penstabil dan pembina viskositi (Nerurkar *et al.*, 2005; Sandra & Dalglish, 2005; Velde *et al.*, 2005). Ia mempunyai kegunaan yang luas dalam formulasi

farmaseutikal, kosmetik dan aplikasi dalam industri (Sandra *et al.*, 2005). Selain itu, karagenan juga digunakan sebagai bahan berfungsi dalam industri makanan untuk penyediaan gel susu dan menstabilkan produk berdasarkan susu seperti aiskrim, minuman susu dan puding susu (Gu, Regnier & McClements, 2005).

Secara umumnya, terdapat tiga jenis karagenan iaitu kappa (κ), iota (ι) dan lambda (λ). κ - dan ι -karagenan adalah karagenan pembentuk gel, manakala λ -karagenan tidak menggel, tetapi boleh bertindak sebagai agen pemekat dan pembina viskositi. κ -Karagenan boleh didapati dengan banyaknya melalui pengekstrakan rumpai laut *E. cottonii* manakala *E. spinosum* adalah spesies utama dalam penghasilan ι -karagenan (Velde *et al.*, 2005). Biasanya, gel yang dibentuk oleh κ -karagenan adalah keras, kuat dan mudah rapuh manakala ι -karagenan pula membentuk gel yang lembut dan lemah (Janaswamy & Chandrasekaran, 2005). Campuran κ - dan ι -karagenan boleh membentuk gel yang stabil (Wang *et al.*, 2005).

Dalam kitaran pemanasan-penyejukan, κ - dan ι -karagenan membentuk gel yang termal-berbalik dengan kehadiran kation penggalak gel (Verbeken *et al.*, 2005). Kedua-dua κ - dan ι -karagenan adalah poli-ion, maka garam boleh mempengaruhi perubahan konformasi dan ciri-ciri pengelannya (Michel, Mestdagh & Axelos, 1997). Tambahan pula, κ -karagenan yang bercas rendah adalah sangat sensitif terhadap kehadiran ion monovalen (Michel, Mestdagh & Axelos, 1997). Pengelatan karagenan amat dipengaruhi oleh jenis ion yang terdapat dalam sistem dan juga kepekannya. Menurut Mangione *et al.* (2005), κ -karagenan menunjukkan perubahan konformasi daripada lingkaran kepada heliks ganda dua semasa penyejukan dengan kehadiran ion kalium. Ion kalium menggalakkan pengumpulan ikatan heliks ganda dua (Goycoolea, Morris & Gidley, 1995) dan ini dapat menggalakkan ciri pengelannya.

Selain itu, dalam manisan tenusu, pengelan karagenan amat dipengaruhi oleh kehadiran protein susu dan kanji (Verbeken *et al.*, 2005). Kefungsian κ -karagenan dalam sistem tenusu amat terkenal dan telah dikaji untuk bertahun-tahun. Ia bertindak secara sinergistik dengan protein susu, terutamanya kasein, untuk memperbaiki viskositi dan pengelan (Spagnuolo *et al.*, 2005). Interaksi karagenan dan kasein adalah disebabkan oleh penarikan elektrostatik antara rantai karagenan dan κ -kasein.

Gel κ -karagenan menunjukkan sineresis dan menyebabkan perubahan dalam ciri-ciri tekstur (Medina-Torres *et al.*, 2003). ι -Karagenan menunjukkan ciri hidrofilik yang lebih besar daripada κ -karagenan kerana adanya kumpulan sulfat tambahan dalam galaktosa anhidrus. Ini telah meningkatkan kebolehan untuk menghalang sineresis, walaupun gelnya kurang tegar daripada κ -karagenan kerana kapasiti pengumpulannya yang rendah (Stanley, 1990).

Unit ulangan bagi ι -karagenan dan κ -karagenan adalah lebih kurang sama (Ridout *et al.*, 1996). Persamaan ini memungkinkan pembentukan heliks inter-molekul atau pengkristalan struktur heliks berganda dalam gel campuran ι - dan κ -karagenan (Ridout *et al.*, 1996).

Produk puding biasanya adalah pes kanji yang berdasarkan protein susu (Lim & Narsimhan, 2005). Ciri-ciri reologi puding adalah di antara ciri-ciri gel dengan bendalir. Susu mempunyai lebih kurang 3.3 % berat protein, di mana 2.6% adalah dalam bentuk kasein dan 0.65% berat adalah komponen mineral (Langendorff *et al.*, 2000). Dalam pengelan produk susu seperti puding, karagenan biasanya akan digunakan sebagai agen pengelan dan juga merupakan bahan yang ekonomik. Selain itu, gel karagenan

mempunyai kejernihan yang baik dan suhu menggel yang tinggi. Dalam puding susu, karagenan membentuk gel yang licin, lembut tetapi tekstur yang kuat.

Kajian lepas mendapati keupayaan gabungan kedua-dua rumpai laut dalam penghasilan puding susu (Langerndorff *et al.*, 2000). Penggunaan rumpai laut *Eucheuma* tanpa diekstrak adalah lebih menguntungkan dari segi kos dan pengekalan nutrien semulajadinya. Namun, keupayaan pengelatan rumpai laut memang tidak setanding dengan karagenannya. Maka penghasilan puding susu dalam kajian ini dijalankan dengan menggunakan rumpai laut *E. cottonii* dan *E. spinosum* yang ditambahkan dengan ion kalium supaya dapat memberi tekstur yang seimbang dari segi kekuatan dan keelastikan. Karagenan yang terdapat dalam rumpai laut dipercayai dapat berinteraksi secara sinergistik dengan ion kalium di samping protein kasein dalam susu.

1.2 Objektif

1. Mengkaji kesan gabungan *E. cottonii*, *E. spinosum* dan ion kalium ke atas kekuatan gel dan sineresis puding susu.
2. Mengkaji kesan gabungan *E. cottonii*, *E. spinosum* dan ion kalium terhadap tahap penerimaan puding susu melalui ujian sensori.
3. Mengoptimumkan penggunaan *E. cottonii*, *E. spinosum* dan ion kalium dalam formulasi puding susu yang dihasilkan.

RUJUKAN

- Ahmad Ismail. 1995. *Rumpai Laut Malaysia*. Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Aminah Abdullah. 2000. *Prinsip Penilaian Sensori*. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Anon. 2001. California's Living Marine Resources: A Status Report.
- Anon. 2003. *Skimmed Milk Powder*. <http://www.finel.fi/food.php?foodid=672&lang=en>
- Anon, 2005.
http://www.cpkelco.com/carrageenan/gelling_mechanism.html
- AOAC, 1990. *Official methods of analysis*, 16th edition. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Arman. 2005. *Seaweed Farming In East Malaysia*.
<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB719E/AB719E08.htm>
- Arturo, L. 1997. *Eucheuma and Its Cultivation*.
<http://www.botany.uwc.ac.za/algae.html>
- Ask, E.I. & Azanza, R.V. 2002. Advances In Cultivation Technology of Commercial Eucheumatoid Species: A Review with Suggestions for Future Research. *Aquaculture*. **206**: 257-277.
- Bartkowiak, A. & Hunkeler, D. 2001. Carrageenan-Oligochitosan Microcapsules: Optimization of the Formation Process. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. **21**: 285-298.
- Chantrapornchai, W. & McClements, D. J. 2002. Influence of NaCl on Optical Properties, Large-Strain Rheology and Water Holding Capacity of Heat-Induced Whey Protein Isolate Gels. *Food Hydrocolloids*. **16**: 467-476.
- Chen, Y., Liao, M. L., Boger, D. V. & Dunstan, D. E. 2001. Rheological Characterisation of κ -Carrageenan/ Locust Bean Gum Mixtures. *Carbohydrate Polymers*. **46**: 117 – 124.



- Choi, J.H., Choi, W.Y., Cha, D.S., Chinnan, M.J., Park, H.J., Lee, D.S. & Park, J.M. 2005. Diffusivity of Potassium Sorbate in κ -Carrageenan Based Antimicrobial Films. *LWT*. **38**: 417–423.
- Depypere, F., Verbeken, D., Thas, O. & Dewettinck, K. 2003. Mixture Design Approach on the Dynamic Rheological and Uniaxial Compression Behaviour of Milk Desserts. *Food Hydrocolloids*. **17**: 311–320.
- Dickinson, E. 1998. Stability and Rheological Implications of Electrostatic Milk Protein-Polysaccharide Interactions. *Trends in Food Science & Technology*. **9**: 347–354.
- Draget, K. I., Gaserod, O., Aune, I. & Andersen, P. O., Bente Storbakken, Bjorn Torger & Olav Smidsrod. 2001. Effects of Molecular Weight and Elastic Segment Flexibility on Syneresis in Ca-Alginate Gels. *Food Hydrocolloids*. **15**: 485–490.
- Drohan, D.D., Tziboula, A., McNutty, D. & Horne, D.S. 1997. Milk Protein-Carrageenan Interactions. *Food Hydrocolloids*. **11**:101–107.
- El-Garawany, G.A. & Salam, A.E.M.H. 2005. Preparation and Rheological Properties of A Dairy Dessert Based on Whey Protein/Potato Starch. *Food Chemistry*. **91**: 261–267.
- Esminger, M.E., Esminger, A. H., Konlande, J. E. & Robson, J.R.K. 1995. *The Concise Encyclopedia of Foods & Nutrition*. USA: CRC Press LLC. 948.
- Falshaw, R., Bixler, H. J. & Johndro, K. 2003. Structure and Performance of Commercial κ -2 Carrageenan Extracts. Part III. Structure Analysis and Performance in Two Dairy Applications of Extracts from the New Zealand Red Seaweed, *Gigartina atropurpurea*. *Food Hydrocolloids*. **17**: 129–139.
- FAO. 2005. A Guide To The Seaweed Industry. http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/Y4765E/y4765e0c.htm
- Gelymar. 2005. <http://www.gelymar.com/cec2.htm>
- Goycoolea, F. M., Morris, E. R. & Gidley, M. J. 1995. Screening for Synergistic Interactions in Dilute Polysaccharide Solutions. *Carbohydrate Polymers*. **28**: 351–358.



- Gu, Y.S., Regnier, L. & McClements, J.D. 2005. Influence of Environmental Stresses on Stability of Oil-In-Water Emulsions Containing Droplets Stabilized by B-Lactoglobulin- κ -Carrageenan Membranes. *Journal of Colloid and Interface Science*. **286**: 551–558.
- Haug, I. J., Draget, K. I. & Smidsrød, O. 2005. Physical Behaviour of Fish Gelatin-K-Carrageenan Mixtures. *Carbohydrate Polymers*. **56**: 11–19.
- Hemar, Y., Hall, C.E., Munro, P.A. & Singh, H. 2002. Small and Large Deformation Rheology and Microstructure of κ -Carrageenan Gels Containing Commercial Milk Protein Products. *International Dairy Journal*. **12**: 371–381.
- Janaswamy Srinivas & Chandrasekaran Rengaswami. 2005. Cation-Induced Polymorphism in Iota-Carrageenan. *Carbohydrate Polymers*. **60**: 499–505.
- Jimenez-Escrig, A. & Sanchez-Muniz, F. J. 2000. Dietary Fibre from Edible Seaweeds: Chemical Structure, Physicochemical Properties and Effects on Cholesterol Metabolism. *Nutrition Research*. **20**(4): 585–598.
- Kara, S., Tamerler, C., Bermek, H. & Pekcan, O. 2003. Cation Effects on Sol-/Gel and Gel-/Sol Phase Transitions of K-Carrageenan-Water System. *International Journal of Biological Macromolecules*. **31**: 177–185.
- Kilcast, D. 2004. Texture in Food Vol.2: Solid Foods. Woodhead Publishing Limited, United Kingdom. 508–514.
- Kleiss, T., Albrecht, J., Putallaz, T. & Cordier, J. L. 1995. Impedance Measurement of the Microbial Flora in Dairy-Based Desserts. *Journal of Microbiological Methods*. **22**: 131–137.
- Lahaye, M., & Thibault, J. F. 1990. Comparison Dietary Fiber Content In Edible Seaweed With Plant. Dlm Southgate, D.A.T., Waldron, K., Johson, I.T. & Fenwick, G.R. (eds), *Dietary Fiber: Chemical and Biological Aspects*. Britain, Royal Society of Chemistry, Cambridge. 68–72.
- Landingin, S. M. 2005. *Profile of the Seaweeds Industry Zamboanga City*. <http://zamboanga.net/InvestmentSeaweeds.htm>
- Langerndorff, V., Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B., Parker, A. & De kruif, C. G. 2000. Effects of Carrageenan Type on the Behaviour of Carrageenan/Milk Mixtures. *Food Hydrocolloids*. **14**: 273–280.



- Langerndorff, V., Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B., Parker, A. & De kruif, C. G. 1999. Casein Micelles-Iota Carrageenan Interactions in Milk: Influence of Temperature. *Food Hydrocolloids*. **13**: 211-218.
- Le Questel, J.Y., Cros, S., Mackie, W. & Perez, S. 1995. Computer Modelling of Sulfated Carbohydrates: Applications to Carrageenans. *International Journal of Biological Macromolecules*. **17**: 161-175.
- Lee, W.C., Yusof, S., Hamid, N.S.A. & Baharin, B.S. 2006. Optimizing Conditions for Enzymatic Clarification of Banana Juice Using Response Surface Methodology (RSM). *Journal of Food Engineering*. **73**: 55-63.
- Lim, H. S. & Narsimhan, G. 2005. Pasting and Rheological Behavior of Soy-Protein Based Puddings. *LWT* (dalam penerbitan)
- LKIM. 2005a.
<http://agrolink.moa.my/lkim/aqua/seaweed/index.html>
- LKIM. 2005b.
[www.epu.jpm.my/new%20folder/seminar/industri/\(5\)%20-%20LKIM.pdf](http://www.epu.jpm.my/new%20folder/seminar/industri/(5)%20-%20LKIM.pdf)
- Lucey, J. A., Vliet, T. V., Grolle, K., Geurts, T. & Walstra, P. 1997. Properties of Acid Casein Gels Made by Acidification with Glucono-Nactone. 2. Syneresis, Permeability and Microstructural Properties. *International Dairy Journal*. **7**: 389-397.
- Mammarella, E. J. & Rubiolo, A. C. 2003. Crosslinking Kinetics of Cation-Hydrocolloid Gels. *Chemical Engineering Journal*. **94**: 73-77.
- Mangione, M.R., Giacomazza, D., Bulone, D., Martorana, V., Cavallaro, G. & San Biagio P.L. 2005. K^+ and N^+ Effects on the Gelation Properties of κ -Carrageenan. *Biophysical Chemistry*. **113**: 129-135.
- Mao, R., Tang, J. & Swanson B.G. 2001. Water Holding Capacity and Microstructure of Gellan Gels. *Carbohydrate Polymers*. **46**: 365-371.
- Medina-Torres, L., Fuente, E.B-D.L., Torrestiana-Sanchez B. & Alonso S. 2003. Mechanical Properties of Gels Formed By Mixtures of Mucilage Gum (*Opuntia Ficus Indica*) and Carrageenans. *Carbohydrate Polymers*. **52**: 143-150.



- McClave, J.T. & Sinsich, T. 2006. *Statistics Tenth Edition*. USA: Pearson Education, Inc. 674-675
- Meilgaard, M., Civille, G. V. & Carr, B. T. 1999. *Sensory Evaluation Techniques 3rd Edition*. USA: CRC Press. 8-9.
- Michel, A-S., Mestdagh, M.M. & Axelos, M.A.V. 1997. Physico-Chemical Properties of Carrageenan Gels in the Presence of Various Cations. *International Journal of Biological Macromolecules*. **21**:195-200.
- Michon, C., Chapuis, C., Langendorff, V., Boulenguer, P. & Cuvelier, G. 2005. Structure Evolution of Carrageenan/Milk Gels: Effect of Shearing, Carrageenan Concentration and Nu Fraction on Rheological Behavior. *Food Hydrocolloids*. **19**: 541-547.
- Montero, P. & Perez-Mateos, M. 2002. Effects of Na⁺, K⁺ And Ca⁺ on Gels Formed from Fish Mince Containing A Carrageenan or Alginate. *Food Hydrocolloids*. **16**: 375 – 385.
- Nerurkar, J., Jun, H.W., Price, J.C. & Park, M.O. 2005. Controlled-Release Matrix Tablets of Ibuprofen Using Cellulose Ethers and Carrageenans: Effect of Formulation Factors on Dissolution Rates. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 1-13.
- Nijdam, J.J. & Langrish, T.A.G. 2005. The Effect of Surface Composition on the Functional Properties of Milk Powders. *Journal of Food Engineering*. (dalam penerbitan)
- Nitisewojo, P. 1995. *Prinsip Analisis Makanan*. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Normah, O. & Nazarifah, Z. 2003. Production of Semi-Refined Carrageenan from Locally Available Red Seaweed, *Eucheuma cottonii* on A Laboratory Scale. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*. **31**: 207-213.
- Normah, O. & Nazarifah, I. 2004. Physico-Chemical Characteristics of Flavoured Dessert Gels from Semi-Refined Carrageenan. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*. **32**: 23-29.
- Oceanlink. 2005. *Plants and Algae*.
<http://oceanlink.island.net/ask/algae.html>



- Pamplona-Roger, G. D. 2001. *Encyclopedia of Foods and Their Healing Power*. Vol.1. Madrid: Editorial Safeliz, S.L.
- Patricia Matanjun, Noorlilie Angkono & Mohd Azizani Bin Rosli. 2005. [http://www.ums.edu.my/pameran%20IPTA/nutritional value of seaweed fou\(SS Mp\).htm](http://www.ums.edu.my/pameran%20IPTA/nutritional%20value%20of%20seaweed%20for%20SS%20Mp).htm)
- Pereira, R., Matia-Merino, L., Jones, V. & Singh, H. 2006. Influence of Fat on the Perceived Texture of Set Acid Milk Gels: A Sensory Perspective. *Food Hydrocolloids*. **20**: 305–313.
- Perez-Mateos, M. & Montero, P. 2000. Contribution of Hydrocolloids to Gelling Properties of Blue Whiting Muscle. *Europe Food Research and Technology*. **210**: 383-390.
- Piggott, J. R. 1992. *Analisis Deria Untuk Makanan*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka. Diterjemahkan dari "Sensory Analysis Of Food". Nurina Anuar, Rogayah Hussin & Shamsinar Wales Nasaruddin. 1984.
- Relleve, L., Nagasawa, N., Luan, L.Q., Yagi, T., Aranilla, C., Abad, L., Kume, T., Yoshii, F. & Rosa, A. D. 2005. Degradation of Carrageenan by Radiation. *Polymer Degradation and Stability*. **87**: 403-410.
- Ridout, M.J., Garza, S., Brownsey, G.J. & Morris, V.J. 1996. Mixed Iota-Kappa Carrageenan Gels. *International Journal of Biological Macromolecules*. **18**: 5-8.
- Rodriguez-Hernandez, A. I. & Tecante, A. 1999. Dynamic Viscoelastic Behavior of Gellan- ι -Carrageenan and Gellan-Xanthan Gels. *Food Hydrocolloids*. **13**: 59-64.
- Rondeau-Mouro, C., Zykwinska, A., Durand, S., Doublier, J. L. & Buleon, A. 2004. NMR Investigation of the 4-Ethyl Guaicol Self-Diffusion in Iota (ι)-Carrageenan Gels. *Carbohydrate Polymers*. **57**: 459-468.
- Ruperez P. 2002. Mineral Content of Edible Marine Seaweeds. *Food Chemistry*. **79**: 23–26.
- Ruperez, P., & Saura-Calixto, F., 2001. Dietary Fiber and Physicochemical Properties of Edible Spanish Seaweeds. *Europe Food Research and Technology*. **212**: 349-354.

- Sanchez-Machado, D.I., Lopez-Cervantes, J., Lopez-Hernandez, J., Paseiro-Losada, P. 2004. Fatty Acids, Total Lipid, Protein and Ash Contents of Processed Edible Seaweeds. *Food Chemistry*. **85**: 439–444.
- Sandra, S. & Dalgleish, D.G. 2005. Effects of Ultra-High-Pressure Homogenization and Heating on Structural Properties of Casein Micelles in Reconstituted Skim Milk Powder. *International Dairy Journal*. **15**: 1095–1104.
- Sedlmeyer, F., Daimer, K., Rademacher, B. & Kulozik, U. 2003. Influence of the Composition of Milk-Protein κ /I Hybrid-Carrageenan Gels on Product Properties. *Colloids and Surfaces: B: Biointerfaces*. **31**: 13-20.
- Sin, H.N., Yusof, S., Sheikh Abdul Hamid, N. & Abd. Rahman, R. 2006. Optimization of Hot Water Extraction for Sapodilla Juice Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Engineering*. **74**: 352-358.
- Spagnuolo, P.A., Dalgleish, D.G., Goff, H.D. & Morris, E.R. Kappa-Carrageenan Interactions in Systems Containing Casein Micelles and Polysaccharide Stabilizers. *Food Hydrocolloids*. **19**: 371–377.
- Stanley, N.F. 1990. Carrageenans. In P. Harris (Ed.), *Food Gels*. London: Elsevier Applied Science.
- Syrbe, A., Bauer, W.J. & Klostermeyer, H. 1998. Polymer Science Concepts in Dairy Systems-An Overview of Milk Protein and Food Hydrocolloid Interaction. *Int. Dairy Journal*. **8**: 179-193.
- Tacara. 2005.
http://www.tacara.com.my/what_is_carrageenans.html
- Tang, J., Mao, R., Tung, M.A. & Swanson, B.G. 2001. Gelling Temperature, Gel Clarity and Texture of Gellan Gels Containing Fructose or Sucrose. *Carbohydrate Polymers*. **44**: 197-209.
- Tojo, E. & Prado, J. 2003. A Simple ^1H NMR Method for the Quantification of Carrageenans in Blends. *Carbohydrate Polymers*. **53**: 325–329.
- Trckova, J., Stetina, J. & Kinsky, J. 2004. Influence of Protein Concentration on Rheological Properties of Carrageenan Gels in Milk. *International Dairy Journal*. **14**: 337–343.



- Tziboula, A. & Horne, D.S. 1999. Influence of Milk Proteins on κ -Carrageenan Gelation. *International Dairy Journal*. **9**: 359-364.
- Unal, B., Metin, S. & Isikh, N.D. 2003. Use of Response Surface Methodology to Describe the Combined Effect of Storage Time, Locust Bean Gum and Dry Matter of Milk on the Physical Properties of Low-Fat Set Yoghurt. *International Dairy Journal*. **13**: 909-916.
- Velde, F. V. D., Antipova, A. S., Rollema, H. S., Burova, T. V., Grinberg, N. V., Pereira, L., Gilsenan, P. M., Tromp, R. H., Rudolph, B. & Ya, V. Grinberg. 2005. The Structure of κ/ι -Hybrid Carrageenans II. Coil-Helix Transition as a Function of Chain Composition. *Carbohydrate Research*. **340**: 1113-1129.
- Verbeken, D., Bael, K., Thas, O. & Dewettinck, K. 2006. Interactions between κ -Carrageenan, Milk Proteins and Modified Starch in Sterilized Dairy Desserts. *International Dairy Journal*. **16**: 482-488.
- Verbeken, D., Neirinck, N., Meeren, P. V. D. & Dewettinck, K. 2005. Influence of κ -Carrageenan on the Thermal Gelation of Salt-Soluble Meat Proteins. *Meat Science*. **70**: 161-166.
- Verbeken, D., Thas, O. & Dewettinck, K. 2004. Textural Properties of Gelled Dairy Desserts Containing κ -Carrageenan and Starch. *Food Hydrocolloids*. **18**: 817-823.
- Verseput, R. 2000. *Selecting the Right Central Composite Design for Response Surface Methodology Applications*. <http://www.qualitydigest.com/june01/html/doe.html>
- Viebbe, C., Borgstrom, J. & Piculell, L. 1995. Characterisation of Kappa- and Iota-Carrageenan Coils and Helices by MALLS/GPC. *Carbohydrate Polymers*. **27**: 145-154.
- Waikiki Aquarium Education Department. 1998. *Marine Life Profile: Seaweed or Limu, Hawaii*. <http://www.Waquarium.mic.hawaii.edu./mlp.html>
- Wang, Q., Rademacher, B., Sedlmeyer, F. & Kulozik, U. 2005. Gelation Behaviour of Aqueous Solutions of Different Types of Carrageenan Investigated by Low-Intensity-Ultrasound Measurements and Comparison to Rheological Measurements. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. **6**: 465-472.



- Wong, K.H. & Cheung, P.C.K. 2000. Nutritional Evaluation of Some Subtropical Red and Green Seaweeds Part I-Proximate Composition, Amino Acid Profiles and Some Physico-Chemical Properties. *Food Chemistry*. **71**: 475-482.
- Wszelaki, A.L., Delwiche, J.F., Walker, S.D., Liggett, R.E., Miller, S.A. & Kleinhenz, M.D. 2005. Consumer Liking and Descriptive Analysis of Six Varieties of Organically Grown Edamame-Type Soybean. *Food Quality and Preference*. **16**: 651-658.
- Yuan, H.M., Zhang, W.W., Li, X.G., Lu, X.X., Li, N., Gao, X.L. & Song, J.M. 2005. Preparation and In Vitro Antioxidant Activity of κ -Carrageenan Oligosaccharides and Their Oversulfated, Acetylated, and Phosphorylated Derivatives. *Carbohydrate Research*. **340**: 685-692.

