

CIRI FIZIKO-KIMIA BUAH KARANDA (*Carissa carandas*) DAN SIFAT BERFUNGSI PASTILNYA

KHUZMA BINTI DIN

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
2008

CIRI FIZIKO-KIMIA BUAH KARANDA (*Carissa carandas*) DAN SIFAT BERFUNGSI PASTILNYA

KHUZMA BINTI DIN

TESIS DISERAHKAN UNTUK MEMENUHI KEPERLUAN
IJAZAH SARJANA SAINS

APRIL 2008

PENGHARGAAN

Pembuka kata, kesyukuran kehadiran Ilahi kerana memberi kekuatan dan keyakinan kepada saya dalam menyelesaikan penyelidikan dan melengkapkan tesis ini. Sekalung penghargaan yang tidak terhingga kepada penyelia utama saya Prof. Madya Dr Noryati Ismail yang tidak pernah jemu memberi tunjuk ajar dan nasihat. Terima kasih juga saya ucapkan kepada penyelia bersama Prof. Madya Dr Shaida Fariza Sulaiman. Ucapan penghargaan juga ditujukan kepada semua pensyarah Pusat Pengajian Teknologi Industri.

Kepada En. Azmaizan, Mr. Joseph dan semua pembantu makmal yang terlibat dalam membantu saya melancarkan penyelidikan yang dijalankan. Bantuan yang dihulur amat bermakna dalam penyelidikan ini.

Buat sahabat tersayang yang sentiasa disisi memberi galakan dan dorongan, Mardiana, K.Yanti, Tust, K.Nor, Fiza, Ani, Ina dan rakan-rakan yang lain. Jasa kalian sentiasa dikenang. Teristimewa keluarga tercinta, Mie, Abah, Jie, Nie, Deqly dan Dekmi, doa sentiasa mengiringi. Tidak dilupa insane istimewa Syah, kau pendorong kejayaanku setiap masa. Akhir kata, kepada semua yang terlibat, terima kasih segalanya.

Tiada kejayaan tanpa usaha.....

Doa dan tawakkal penawar paling mujarab.....

KHUZMA BINTI DIN
08.08.08

SENARAI KANDUNGAN

	HALAMAN
PENGHARGAAN	i
SENARAI KANDUNGAN	ii
SENARAI JADUAL	vi
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI GAMBARFOTO	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiv
BAB	
1.0 Pengenalan	
1.1 Latarbelakang kajian	1
1.2 Objektif kajian	4
2.0 Tinjauan literatur	
2.1 Huraian am dan morfologi buah karanda (<i>Carissa carandas</i>)	5
2.1.1 Kegunaan buah karanda	6
2.1.2 Komposisi umum buah karanda	8
2.1.3 Kandungan fenolik	10
2.1.4 Kandungan flavonoid	12
2.1.4.1 Antosianin	16
2.1.4.2 Karotenoid	18
2.1.5 Mineral	20
2.1.6 Pektin	22
2.1.7 Kandungan gula dalam buah	25
2.1.8 Asid organik	27
2.1.9 Sebatian meruap	28
2.1.10 Kumpulan berfungsi	30
2.1.11 Aktiviti antioksidan	31
2.1.12 Gentian dietari	33
2.2 Pengenalan pastil	34
2.3 Bahan-bahan yang digunakan dalam pastil	

2.3.1	Pemanis	35
	2.3.1.1 Sirap glukosa	35
	2.3.1.2 Gula (Sukrosa)	37
2.3.2	Agen penjelan	
	2.3.2.1 Gelatin	38
	2.3.2.2 Pektin	40
	2.3.2.3 Bahan penjelan yang lain	41
2.3.3	Asidulan	43
2.4	Warna	45
2.5	Jangka hayat	46
3.0	Bahan dan Kaedah	
3.1	Persampelan	50
3.2	Pencirian fizikal buah karanda	50
3.3	Penentuan pH, kandungan pepejal terlarut dan asiditi total	51
3.4	Penentuan warna	51
3.5	Pencirian kimia buah/jus karanda	52
	3.5.1 Analisis Proksimat	
	3.5.1.1 Lembapan	52
	3.5.1.2 Abu	52
	3.5.1.3 Protein	53
	3.5.1.4 Lemak	53
	3.5.1.5 Gentian Kasar	54
	3.5.2 Kandungan total fenolik	55
	3.5.3 Kandungan total flavonoid	56
	3.5.4 Penentuan kandungan antosianin	56
	3.5.5 Penentuan kandungan karotenoid	57
	3.5.6 Gentian dietari total	58
	3.5.7 Penentuan kandungan mineral	60
	3.5.8 Penentuan pektin	61
	3.5.9 Penentuan gula	63
	3.5.10 Penentuan asid organik dan vitamin C	64
	3.5.11 Aktiviti antioksidan	64
	3.5.12 Penentuan kewujudan kumpulan berfungsi	65

3.5.13	Penentuan sebatian meruap	65
3.6	Kajian kualiti terhadap pastil	66
3.6.1	Tekstur	67
3.6.2	Ujian sensori	68
3.7	Kajian penyimpanan	68
3.7.1	Aktiviti air (A_w)	69
3.8	Analisis statistik	69
4.0	Keputusan dan Perbincangan	
4.1	Sifat-sifat buah karanda	70
4.1.1	Pencirian fizikal dan morfologi	70
4.1.2	Nilai pH, pepejal terlarut dan asiditi total	72
4.1.3	Analisis Proksimat	74
4.1.4	Kandungan total fenolik	78
4.1.5	Flavonoid	80
4.1.6	Antosianin	82
4.1.7	Karotenoid	84
4.1.8	Warna buah karanda	86
4.1.9	Gentian dietari	88
4.1.10	Mineral	89
4.1.11	Pektin	94
4.1.12	Gula	95
4.1.13	Asid organik	102
4.1.14	Asid askorbik (Vitamin C)	107
4.1.15	Aktiviti antioksidan	110
4.1.16	Kumpulan berfungsi	112
4.1.17	Sebatian meruap	117
4.2	Ciri-ciri fizikal pastil daripada buah karanda	123
4.2.1	Kandungan lembapan, pH dan pepejal larut total	123
4.2.2	Warna	125
4.2.3	Ciri-ciri tekstur pastil buah karanda	128
4.2.4	Ciri-ciri fitokimia pastil buah karanda	134
4.2.5	Sensori	137
4.3	Kajian perbandingan pastil karanda dan pastil komersil	139

4.4	Kajian penyimpanan	145
4.3.1	Perubahan kandungan lembapan	146
4.3.2	Aktiviti air (A_w)	148
4.3.3	Warna	152
4.3.4	Sensori	162
5.0	KESIMPULAN	165
6.0	CADANGAN KAJIAN LANJUTAN	167
	RUJUKAN	168
	LAMPIRAN	

SENARAI JADUAL

Jadual		Halaman
2.1	Komposisi kimia buah karanda	9
2.2	Kandungan gula yang terdapat dalam buah karanda	9
2.3	Komposisi gentian dietari bagi buah karanda ranum	10
2.4	Komponen-komponen kimia yang hadir dalam beberapa bahagian pokok karanda	11
2.5	Sumber-sumber bagi pigmen antosianin yang utama	17
2.6	Pengkelasan makromineral dan mikromineral	21
2.7	Kandungan nutrisi pastil yang terdapat di pasaran	35
2.8	Ciri-ciri kimia dan fizikal sirap glukosa	36
2.9	Analisis tipikal gula tebu dan beet	37
3.1	Tiga formulasi berbeza pastil buah karanda	67
3.2	Parameter yang digunakan untuk mengukur tekstur	67
3.3	Bahan-bahan bagi setiap formulasi yang dihasilkan	68
4.1	Sifat-sifat fizikal buah karanda yang ranum	70
4.2	Nilai pH, pepejal larut total dan asiditi total buah karanda	72
4.3	Kandungan total fenolik dalam buah strawberi, plum dan malberi	78
4.4	Kandungan total flavonoid bagi buah-buahan tertentu	81
4.5	Kandungan antosianin dalam beberapa jenis buah-buahan	83
4.6	Nilai L, a*, b*, C dan H bagi buah karanda	87
4.7	Kandungan mineral dalam beberapa jenis buah-buahan tropika dan bukan tropika	92
4.8	Asid organik yang hadir dalam buah karanda	102
4.9	Kandungan asid organik bagi pelbagai jenis buah-buahan	104
4.10	Kandungan vitamin C dalam beberapa jenis buah-buahan	108

4.11	Ciri-ciri puncak pada spektra FTIR buah karanda	113
4.12	Kumpulan sebatian meruap yang hadir dalam buah karanda	117
4.13	Sebatian meruap yang hadir dalam buah karanda	120
4.14	Kandungan lembapan, TSS dan pH pada 3 formulasi pastil yang berbeza	123
4.15	Ciri-ciri fitokimia dalam pastil karanda bagi 3 formulasi yang berbeza	134
4.16	Kadar kemusnahan ciri-ciri fitokimia dalam karanda sebelum dan selepas pemprosesan pastil	136
4.17	Analisis statistik bagi penilaian sensori	138
4.18	Perbandingan Kandungan nutritif pada label pastil komersil	139
4.19	Perbandingan bahan-bahan yang digunakan dalam pastil komersil	139
4.20	Aktiviti air (a_w), kandungan lembapan dan kandungan total fenolik bagi pastil komersil dan pastil karanda	140
4.21	Nilai L, a^* dan b^* pastil karanda dan pastil komersil	142
4.22	Analisis profil tekstur pastil karanda dan pastil komersil	143
4.24	Penilaian sensori bagi lima formulasi yang berbeza	162

SENARAI RAJAH

Rajah		Halaman
2.1	Struktur molekul flavonoid. Struktur asas terdiri daripada gelang A dan C dengan gelang fenil B yang bersambung	14
2.2	Skema bagi langkah-langkah tertentu dalam laluan flavonoid yang menunjukkan pengkelasan dan penghidroksilan pada gelang B (dalam kotak yang digelapkan menunjukkan sebatian yang dihidroksilkan daripada sebatian dalam kotak di sebelah kiri). [ANS: anthocyanidin synthase, CHI: chalcone isomerase, CHKR: chalcone ketide reductase, CHS: chalcone synthase, DFR: dihydroxyflavonol 4-reductase, FGT: flavonoid 3,O-glucosyltransferase, FHT: flavonone 3-hydroxylase, FLS: flavonol synthase, FNR: flavanone 4-reductase, FNS: flavone synthase, IFS: isoflavone synthase, LAR: leucoanthocyanidin reductase]	15
2.3	(a) Struktur beberapa pigmen karotenoid (b) Penambahan radikal peroksil kepada molekul karotenoid, pembentukan resonan untuk menstabilkan karbon yang bergabung dengan radikal	20
2.4	Struktur rantaian pektin	24
2.5	Kumpulan berfungsi dalam struktur flavonoid yang mempunyai kapasiti antioksidan yang tinggi	33
2.6	Hubungan di antara Aw, kestabilan makanan dan isoterma erapan (A) pertumbuhan mikrob (B) hidrolisis berenzim (C) pengoksidaan (tanpa enzim) (D) pemerangan Maillard (E) pelbagai tindak balas (F) kandungan air	49
4.1	Carta pai menunjukkan kandungan komposisi proksimat bagi buah karanda (asas kering)	75
4.2	Kandungan mineral (asas basah) dalam buah karanda	93
4.3	Kandungan gula (asas basah) dalam buah karanda	100
4.4	Kromatogram HPLC bagi sampel jus karanda	101
4.5	Kromatogram HPLC asid organik buah karanda	106
4.6	Pengoksidaan L-asid askorbik	109
4.7	Ilustrasi menunjukkan flavonoid menyerang radikal dengan kehilangan atom hidrogen daripada kumpulan hidroksil yang berada pada karbon dengan cas positif	111

4.8	Spektrum FTIR bagi jus karanda yang ranum (jarak gelombang 4000-1000cm ⁻¹)	115
4.9	Spektrum FTIR bagi jus karanda yang ranum (jarak gelombang 1000-400cm ⁻¹)	116
4.10	Pembentukan aldehid yang dimungkinkan oleh lipoksigenase daripada asid linoleik	119
4.11	Pembentukan bahan aroma yang utama menerusi pengoksidaan- β asid linoleik dan diikuti pengesteran	119
4.12	Kromatogram GC bagi buah karanda	122
4.13	Warna pastil karanda pada bahagian dalam bagi 3 formulasi yang berbeza	126
4.14	Warna pastil karanda pada bahagian luar untuk 3 formulasi yang berbeza	128
4.15	Ciri-ciri kekerasan pastil buah karanda bagi 3 formulasi yang berbeza	129
4.16	Ciri-ciri kemelekatan pastil buah karanda bagi 3 formulasi yang berbeza	130
4.17	Ciri-ciri keanjalan pastil buah karanda bagi 3 formulasi yang berbeza	131
4.18	Mikrograf pengesanan elektron pada yogurt susu-jagung dengan tahap penambahan gelatin yang berbeza (a) 0% (b) 0.4% (c) 0.6%. Dalam bulatan menunjukkan sel udara dan anak panah menunjukkan ketumpatan dan struktur yang paling bercabang.	133
4.19	Penilaian sensori untuk pastil komersil dan pastil karanda	144
4.20	Perubahan kehilangan kandungan lembapan semasa penstoran pada 20°C	146
4.21	Perubahan kehilangan kandungan lembapan semasa penstoran pada 25°C	147
4.22	Perubahan kehilangan kandungan lembapan semasa penstoran pada 30°C	147
4.23	Aktiviti air pada suhu 20°C	149
4.24	Aktiviti air pada suhu 25°C	149
4.25	Aktiviti air pada suhu 30°C	150
4.26	Nilai a* bagi formulasi S, T dan U pada 20°C	152
4.27	Nilai a* bagi formulasi S, T dan U pada 25°C	153
4.28	Nilai a* bagi formulasi S, T dan U pada 30°C	153
4.29	Nilai a* bagi formulasi S, U dan W pada 20°C	157
4.30	Nilai a* bagi formulasi S, U dan W pada 25°C	157

4.31	Nilai a^* bagi formulasi S, U dan W pada 30°C	158
4.32	Nilai a^* bagi formulasi S, T dan V pada 20°C	158
4.33	Nilai a^* bagi formulasi S, T dan V pada 25°C	159
4.34	Nilai a^* bagi formulasi S, T dan V pada 30°C	159
4.35	Nilai a^* bagi formulasi S, V dan W pada 20°C	161
4.36	Nilai a^* bagi formulasi S, V dan W pada 25°C	161
4.37	Nilai a^* bagi formulasi S, V dan W pada 30°C	162

SENARAI GAMBARFOTO

Gambarfoto	Halaman
2.1 Buah karanda (a) dan pokok karanda (b) yang terdapat di ladang Tropical Fruit	6
4.1 Keratan rentas melintang buah karanda (A) Muda (B) Separa matang (C) Ranum	71
4.2 Keratan rentas melnegak buah karanda (A) Muda (B) Separa matang (C) Ranum	71
4.3 Pastil komersil yang digunakan dalam kajian perbandingan (A) Komersil 1 (B) Komersil 2 (C) Pastil komersil	140

**CIRI FIZIKO-KIMIA BUAH KARANDA (*Carissa carandas*) DAN
SIFAT BERFUNGSI PASTILNYA**

ABSTRAK

Analisis sifat-sifat fizikal dan kimia ke atas buah karanda (*Carissa carandas* L.) yang ranum telah dijalankan. Panjang dan diameter bagi sebiji buah karanda adalah 2.40 ± 0.30 cm dan 1.80 ± 0.23 cm manakala ketumpatan buah karanda ialah 0.82 ± 0.07 g/cm³. Yil jus buah karanda yang diperolehi adalah 2.08 ± 0.28 g/ml. Buah karanda mempunyai pH 2.56 ± 0.03 dengan asiditi total $0.67 \pm 0.43\%$ dan kandungan pepejal terlarut 9.30 ± 0.01 °Brix. Bagi analisis proksimat, kandungan lembapan buah karanda adalah sebanyak 82.40%, protein 1.09%, abu 1.1%, lemak 1.67% dan karbohidrat 13.74%. Kandungan total fenolik karanda ialah 109.64 ± 0.04 mg/100g manakala total flavonoid adalah 56.31 ± 0.36 mg/100g. Kandungan antosianin iaitu 122 mg/100g dan karotenoid 18.10 ± 3.52 mg/100g menyumbang kepada warna ungu gelap. Mineral yang hadir termasuklah kalium (185.72 mg/100g) diikuti fosforus (80.22 mg/100g), kalsium (67.28 mg/100g), magnesium (11.22 mg/100g), natrium (1.59 mg/100g), ferum (1.24 mg/100g), zink (1.11 mg/100g) dan kuprum (0.25 mg/100g). Kandungan gentian dietari total dalam buah karanda tinggi adalah iaitu sebanyak $38.55 \pm 4.19\%$ dan pektin $24.59 \pm 0.98\%$. Glukosa-6-fosfat (569.06 mg/100g) merupakan komponen gula yang paling tinggi yang hadir dalam buah karanda diikuti dengan fruktosa (282.17 mg/100g), glukosa (170.77 mg/100g), sukrosa (12.81 mg/100g) dan stakhiosa (3.35 mg/100g). Manakala di antara asid organik, asid oksalik (43.45 ± 0.78 mg/ml) adalah yang paling tinggi seterusnya asid malik (41.16 ± 0.68 mg/ml), asid sitrik (13.16 ± 0.43 mg/ml), asid quinik (11.95 ± 0.23) dan asid tartarik (9.24 ± 0.08). Asid askorbik atau vitamin C dalam buah karanda agak tinggi iaitu 78 mg/100 dengan aktiviti antioksidan $62.23 \pm 1.52\%$. Melalui spektrum FTIR, didapati terdapat 5 kumpulan berfungsi yang hadir dalam karanda. Terdapat sebanyak 40 sebatian meruap yang dikenalpasti dalam karanda dengan kumpulan utama

terpena, asid lemak, ester, keton dan alkohol. Jus karanda yang mempunyai banyak khasiat dan sifat-sifat berfungsi yang tertentu dijadikan pastil dengan 3 formulasi yang berbeza dengan perbezaan dari segi kandungan gelatin iaitu formulasi A yang paling banyak gelatin, diikuti dengan formulasi B dan formulasi C. Formulasi C menunjukkan kandungan lembapan menunjukkan yang paling tinggi (15.89%) berbanding formulasi A dan B tetapi bagi kandungan pejal terlarut total dan pH adalah sama bagi ketiga-tiga formulasi iaitu 85°Brix dan pH 4.5. Warna pastil pada bahagian luar lebih gelap berbanding pada bahagian dalam dan menunjukkan formulasi A memberikan warna yang paling cerah. Bagi analisis tekstur, formulasi A adalah paling keras dan mempunyai kemelekatan yang paling tinggi. Manakala formulasi B lebih anjal daripada formulasi yang lain. Total fenolik bagi formulasi C adalah paling tinggi (1.48 ± 0.51 mg/100g) diikuti formulasi B (1.32 ± 0.34 mg/100g) dan formulasi A (1.29 ± 0.20 mg/100g). Corak yang sama ditunjukkan dengan kandungan antosianin formulasi C yang paling tinggi iaitu 64.32 ± 5.67 mg/100g diikuti dengan formulasi B 60.86 ± 2.45 mg/100g dan formulasi C 52.44 ± 0.04 mg/100g. Kandungan karotenoid adalah paling rendah (0.19 ± 0.04 mg/100g) dalam formulasi A diikuti formulasi B (0.29 ± 0.05 mg/100g) dan formulasi C (0.43 ± 0.06 mg/100g). Oleh yang demikian, melalui ujian sensori formulasi B telah dipilih sebagai formulasi yang paling baik. Formulasi B dipilih untuk dibandingkan dengan dua pastil komersil dan didapati formulasi B atau pastil karanda adalah yang terbaik dengan kandungan total fenolik yang tinggi (50.52 mg katekol/100g) berbanding komersil 1 (40.27 mg katekol/100g) dan 2 (7.85 mg katekol/100g). Berdasarkan formulasi B, lima formulasi lain telah dihasilkan iaitu formulasi S, T, U, V dan W yang berbeza dari segi kepekatan jus dan penambahan kopigmen rutin. Kajian penyimpanan dilakukan selama 8 minggu untuk mengenalpasti perubahan yang berlaku dari segi fizikal dan didapati formulasi U dan W adalah terbaik dengan perubahan warna paling sedikit hasil daripada penambahan kopigmen rutin dan paling digemari melalui ujian sensori.

**PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF KARANDA FRUIT (*Carissa carandas*)
AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF ITS PASTILLES**

ABSTRACT

The physical and chemical characteristics of the fruits (*Carissa carandas*) at full ripen stage were studied. The oval shape fruits were 2.40 ± 0.30 cm in length and 1.80 ± 0.23 cm in diameter while the density of fruit was 0.82 ± 0.07 g/cm³. The yield of the juice was 2.08 ± 0.28 g/ml. The pH of fruits was 2.56 ± 0.03 with total acidity of $0.67 \pm 0.43\%$ and total soluble solid of $9.30 \pm 0.01^\circ$ Brix. In proximate analysis showed the moisture content of karanda fruits was 82.4%, carbohydrates (13.74%), fat (1.67%), ash (1.10%) and protein (1.09%). Total phenolics content was 109.64 ± 0.04 mg catechol/100g whereas total flavonoid was 56.31 ± 0.36 mg/100g. The fruits were found to contain colour pigments which were anthocyanins (122 mg/100g) and carotenoid (18.10 ± 3.52 mg/100g) giving the fruits purple dark colour. The minerals found including potassium (185.72 ± 8.65 mg/100g), phosphorus (80.22 mg/100g), calcium (67.28 mg/100g), magnesium (11.22 mg/100g), sodium (1.59 mg/100g), ferum (1.24 mg/100g), zinc (1.11 mg/100g) and copper (0.25 mg/100g). The total dietary fiber content in karanda was $38.55 \pm 4.19\%$ while pectin content was $24.59 \pm 0.98\%$. Glucose-6-phosphate (569.06 mg/100g) was the highest sugar component in the fruit followed by fructose (282.17 ± 4.33 mg/100g), glucose (170.77 mg/100g), sucrose, (12.81 mg/100g) and stachyose (3.35 mg/100g). Oxalic acid (43.45 ± 0.78 mg/ml) was the highest organic acids compared to others, malic acid (41.16 ± 0.68 mg/ml), citric acid (13.16 ± 0.43 mg/ml), quinnic acid (11.95 ± 0.23) and tartaric acid (9.24 ± 0.08). Ascorbic acid or vitamin C content of the fruit was 78 mg/100 ml with antioxidant activity of $62.23 \pm 1.52\%$. FTIR spectrums were showed five functional groups existed in karanda fruit and 40 components of volatile compounds identified with terpene, fatty acids, ester, ketone and alcohol found to be the major components. The juice of karanda fruit exhibited high nutritive value and a numbers of functional properties which were then made into pastilles with 3 different formulations namely formulation A, formulation B and

formulation C which are difference in amount of gelatin added. Formulation C showed the highest (15.89%) moisture content compared to others but have similar amount of total soluble solid and pH which were 85°Brix and pH 4.5 respectively. The outer colour of the pastilles was darker than the inner colour with formulation A showed the lightest colour compared to formulation B and formulation C. For texture analysis, formulation A demonstrated the hardest texture with higher cohesiveness than the other two formulations. While formulation B was the most elastic. Formulation C showed the highest (1.48 ± 0.51 mg/100g) total phenolics content followed by formulation B (1.32 ± 0.34 mg/100g) and formulation A (1.29 ± 0.20 mg/100g). Similar trend was observed in total anthocyanins content with formulation C (64.32 ± 5.67 mg/100g) was the highest followed by formulation B (60.86 ± 2.45 mg/100g) and formulation A (52.44 ± 0.04 mg/100g). Carotenoid content was the lowest in formulation A (0.19 ± 0.04 mg/100g) followed by formulation B (0.29 ± 0.05 mg/100g) and formulation C (0.43 ± 0.06 mg/100g). Given sensory test, formulation B was choosed as the best pastilles by most panelist rather than the two formulations. Formulation B was then compared with two commercial pastilles available in market and eventually formulation B of karanda pastille was considering its high total phenolics content (50.52 mg catechol/100g) compared to commercial 1 (40.27 mg catechol/100g) and commercial 2 (97.85 mg catechol/100g). Given formulation B, five other formulations were produced with modification of karanda juice concentration and amount of rutin copigment added referred as formulation S, T, U, V and W. Storage study was conducted for 8 weeks to determine the physical changes which formulation U and V were found to be the best formulation with only slight changes in colour within storage period due to rutin copigment added and were the most organoleptically acceptable formulation in sensory test.

1.0 PENGENALAN

1.1 Latarbelakang

Buah karanda (*Carissa carandas*) yang tergolong dalam famili Apocynaceae merupakan sejenis buah tropika yang berasal dari India (Iyer & Dubash, 1993). Di Malaysia, ia boleh didapati di bahagian utara Semenanjung. Ia belum diketahui umum kerana tidak dihasilkan secara komersil dan tiada terdapat produk komersil yang dihasilkan daripadanya. Selain itu, tiada kajian tertentu berkaitan nutrisi atau kegunaan khusus berkenaan buah karanda.

Buah karanda boleh dimakan segar dan dijadikan jus atau diolah untuk dijadikan sirap. Buah yang belum ranum boleh dijadikan jeruk. Di India, buah karanda yang cukup matang dan berwarna ungu gelap diproses untuk dijadikan puding, tart, cutni dan ditambah di dalam masakan kari (Morton, 1987).

Karanda boleh dikelaskan dalam kategori beri kerana ia mempunyai struktur buah-buahan yang kecil dan mudah rosak. Manakala buah yang dikelaskan sebagai melon adalah buah yang besar dan mempunyai kulit luar yang kuat dan tebal contohnya seperti tembikai dan limau bali (Nickerson & Ronsivalli, 1989).

Karanda yang mempunyai warna ungu gelap dan dilihat sebagai sumber flavonoid termasuk antosianin yang bagus berpotensi untuk diberi perhatian bagi mengkaji kandungan nutriennya dan sifat-sifat berfungsinya. Antosianin hadir dalam buah-buahan dan sayur-sayuran yang berwarna merah, merah kebiruan, biru atau ungu seperti dalam beri biru, ceri, rasberi dan plum. Ia difahamkan mempunyai sifat-sifat antioksidan yang tertentu (Vaclavik & Christian, 2003).

Sebagai contoh beri biru yang tumbuh secara meluasnya di bahagian utara Mediterranean, Eropah dan beberapa negara Asia merupakan salah satu sumber vitamin C, ferum, fosforus, magnesium dan kalsium yang baik. Selain itu, ia juga memainkan peranan sebagai anti-penuaan, anti-alzheimer dan sumber antioksidan. Begitu juga dengan anggur yang mempunyai warna ungu yang kaya dengan Vitamin A dan C selain mengandungi unsur-unsur surih seperti germanium dan selenium (Gill, 2006) yang akan memberi nilai tambah kepada sesuatu produk.

Gula-gula lembut adalah termasuk dalam pelbagai produk konfeksioneri seperti jeli, pastil atau jeli kandi dan *wine gums*. Perbezaan gula-gula lembut didapati disumbangkan oleh penggunaan agen penjelan seperti gelatin, kanji, pektin dan sebagainya (Lubbers & Guichard, 2003).

Pastil dihasilkan daripada campuran gula, air, sirap glukosa dan agen penjelan. Penggunaan gelatin sebagai agen penjelan akan menghasilkan pastil yang lebih kenyal dan struktur yang lebih teguh jika dibandingkan dengan pektin dan kanji. Perisa dan pewarna ditambah bagi menghasilkan pastil yang lebih sedap dan menarik (Minifie, 1999).

Perisa dan pewarna tambahan boleh terdiri daripada sumber asli atau daripada bahan tiruan. Penambahan perisa dan pewarna asli daripada sumber buah-buahan yang kaya dengan antioksidan dan mineral dalam pastil akan memberikan nilai nutritif yang lebih tinggi. Ini menjadikan pastil sebagai makanan yang berkhasiat dan bukan sahaja sebagai pemanis atau makanan ringan yang biasa.

Karanda yang mempunyai warna dan perisa tersendiri boleh digunakan sebagai perwarna dan perisa semulajadi untuk menghasilkan pastil. Di samping itu, khasiat-khasiat lain

yang terkandung didalamnya merupakan satu nilai tambah kepada pastil. Antioksidan dapat memusnahkan radikal bebas yang hadir dalam badan (Halliwell, 1995) yang mengakibatkan pelbagai penyakit manakala mineral merupakan sumber nutrien yang diperlukan oleh sistem badan seperti kalsium, magnesium, ferum dan sebagainya. Radikal bebas adalah spesies yang hadir secara bebas yang mempunyai satu atau dua elektron yang tidak berpasangan yang bertindak balas dengan molekul lain dengan menderma atau menerima elektron (Madhavi & Salunkhe, 1995).

Oleh yang demikian, kajian terperinci dalam menentukan komponen-komponen yang berpotensi dalam buah karanda merupakan satu langkah yang bijak dan boleh memberikan pengetahuan yang penting dalam perkembangan teknologi makanan pada waktu kini dan mungkin pada masa akan datang.

Di samping itu juga, dalam penyelidikan ini komposisi tertentu dalam buah karanda yang memberikan manfaat dan faedah diaplikasikan dalam penghasilan pastil berkhasiat.

1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini meliputi beberapa objektif iaitu:

1. Mengkaji komposisi kimia, nutrisi dan ciri-ciri fitokimia jus dan buah karanda.
2. Membangun dan menghasilkan pastil yang berkhasiat dan berfungsi yang berasaskan buah karanda serta membandingkannya dengan pastil komersil
3. Mengkaji kesan suhu penyimpanan terhadap kualiti pastil

2.0 TINJAUAN LITERATUR

2.1 Huraian am dan morfologi buah karanda (*Carissa carandas*)

Buah karanda tergolong dalam famili Apocynaceae (Subhadrabandu, 2001). Di India, buah karanda dikenali sebagai 'Christ's thorn'. Ia merupakan tanaman sampingan yang penting di kawasan tropikal dan subtropikal. Di samping itu, buah karanda boleh didapati di kawasan kontang di India dan kawasan berbukit dan berpasir (Ratna Rai & Misra, 2003). Ia juga tumbuh secara liar di kawasan Punjab dan Sri Lanka (Sharma *et al.*, 2005). Terdapat beberapa nama panggilan bagi buah karanda seperti di India, karanda dikenali sebagai karaunda, nam phrom atau namdaeng di Thailand, caramba atau caranda atau caraunda atau perunkila di Filipina atau bahasa Inggeris dipanggil sebagai natal plum (Subhadrabandu, 2001).

Pokok karanda agak besar tetapi renek yang mempunyai ketinggian antara 3 hingga 4 meter. Dahan yang banyak dan mempunyai cabang antara 2 hingga 3 pada setiap dahan pokok. Selain itu, terdapat duri yang tajam dan kuat pada setiap dahan dan cabang pokok tersebut. Manakala daun berkedudukan bertentangan antara satu sama lain pada dahan pokok. Daun karanda berwarna hijau pekat, berbentuk bujur dan bercakah pada hujungnya dan bersaiz antara 2.5 hingga 7.5 cm. Bunga yang terdapat pada pokok karanda adalah berwarna putih, mempunyai 5 kelopak (Sharma *et al.*, 2005).

Buah karanda yang dikelaskan sebagai beri berbentuk sfera bujur atau elips, apabila masak buah mempunyai diameter 1 – 1.5cm dan mempunyai biji di dalamnya antara 4 hingga 8 (Sharma *et al.*, 2005). Selain itu, buah karanda adalah kecil, berwarna ungu gelap atau ungu kemerahan yang boleh didapati dengan banyaknya di seluruh India (Pino *et al.*, 2004).



(a)



(b)

Gambarfoto 2.1: Buah karanda (a) dan pokok karanda (b) yang terdapat di ladang Tropical Fruit

2.1.1 Kegunaan buah karanda

Di Thailand, buah karanda digunakan dengan meluas. Ia digunakan dalam penghasilan jus, puding, jem dan digunakan untuk membuat jeruk (Subhadrabandu, 2001). Penggunaan buah karanda adalah bergantung kepada tahap kematangan dan warna buah tersebut. Buah karanda yang muda yang berwarna putih sedikit kemerah-merahan dijadikan jeruk. Manakala jem dan

jeli dihasilkan daripada buah yang hampir ranum, yang berwarna merah jambu. Pudding dan jus dibuat daripada buah karanda yang ranum dan berwarna ungu gelap. Buah karanda yang ranum juga boleh dimakan segar (Subhadrabandu, 2001; Morton, 1987).

Buah karanda kaya dengan lateks. Dalam penghasilan jus, semasa proses pemanasan, lateks akan meresap keluar dan jus akan menjadi semakin jernih. Jus buah karanda banyak digunakan dalam minuman sejuk semasa cuaca panas. Selain itu, buah karanda yang telah dibuang biji boleh dijadikan sebagai penambah perasa dan boleh menggantikan epal dalam pembuatan tart. Rasa buah karanda dipercayai hampir menyamai buah *gooseberry* di India oleh residen British (Joyner, 2006).

Dari segi kesihatan, akar karanda bersifat antelmintik, stomakik, antiskorbutik dan berguna untuk merawat masalah perut. Ia juga karanda boleh digunakan untuk menangani masalah cacing dalam usus, kudis buta, ulser perut dan pruritus (Sharma *et al.*, 2005). Selain itu, akar pokok boleh dijadikan sebagai bahan dalam menghasilkan ubat gatal dan mengurangkan tekanan darah. Akar pokok karanda mengandungi asid salisilik dan glukosida *cardiac* yang dapat membantu mengurangkan tekanan darah dalam badan manusia (Sharma *et al.*, 2005).

Buah karanda muda mempunyai rasa pahit, masam, bersifat astringen berguna untuk masalah hiperdipsia, anoreksia, diareha dan demam. Berlainan pula dengan buah karanda yang cukup masak adalah manis, menyejukkan yang dapat digunakan untuk mengurangkan rasa panas pada kulit, kudis dan masalah kulit yang lain (Sharma *et al.*, 2005).

Buah karanda juga mempunyai pelbagai kegunaan yang lain. Antaranya adalah seperti anti-skurvi dan sebagai bahan astringen. Daun pokok karanda pula berguna dalam menangani masalah cirit-birit, sakit telinga, demam dan masalah mulut. Manakala bahagian akar pokok

boleh dijadikan sebagai bahan dalam menghasilkan ubat gatal dan mengurangkan tekanan darah (Subhadrabandu, 2001). Selain itu, buah karanda juga digunakan sebagai agen pewarna atau *dye* dalam industri bukan makanan. Kayu karanda yang keras, licin dapat dijadikan perabot dan perkakas alatan rumah yang lain. Di samping itu, air rebusan daun daripada pokok karanda digunakan sebagai bahan penyejuk badan semasa demam (Sharma *et al.*, 2005).

Daripada kajian yang dijalankan oleh Sekar & Francis (1998) pada daun dan batang pokok karanda, menunjukkan kandungan minyak dan asid organik yang paling tinggi berbanding tumbuhan lain seperti spesis *Asclepiadaceae*, *Convolvulaceae* dan *Euphorbiaceae*. Di India, sampel pokok karanda iaitu kulit pokok, daun, buah dan biji diuji dan mendapati terdapat sebanyak 1.7% sebatian hidrokarbon. Hidrokarbon bermolekul rendah boleh digunakan sebagai sumber tenaga alternatif untuk bahan mentah yang berguna dalam industri pengeluaran dalam skala besar (Agustus *et al.*, 2002).

2.1.2 Komposisi buah karanda

Rujukan mengenai komposisi buah karanda amat terhad dan tiada kajian yang dilakukan tentang komposisi proksimat, gula dan gential total selain daripada Morton (1987) dan Rahman *et al.* (1991). Di India dan Filipina, Morton (1987) telah mengkaji dan menganalisis komposisi komponen kimia buah karanda yang ranum. Jadual 2.1 berikut adalah komposisi kimia buah karanda.

Jadual 2.1: Komposisi kimia buah karanda ranum (Sumber: Morton, 1987).

Komposisi kimia	Jumlah kandungan (asas basah)
Kalori (kal/kg)	745 – 753
Lembapan (%)	83.17 – 83.24
Lemak (%)	2.57 – 4.63
Gentian (%)	0.62 – 1.81
Protein (%)	0.39 – 0.66
Abu (%)	0.66 – 0.78
Karbohidrat (%)	0.51 – 0.94
Gula (%)	7.35 – 11.58
Asid askorbik (mg/100g)	9 – 11

Analisis kandungan gula bebas dan gentian dietari telah dijalankan oleh Rahman *et al.* (1991) pada buah karanda yang ditanam di Bangladesh. Kandungan gula bebas dalam buah karanda adalah seperti dalam Jadual 2.2.

Jadual 2.2 : Kandungan gula yang terdapat dalam buah karanda (Sumber: Rahman *et al.*, 1991)

Jenis gula	Kandungan (mg/100g, asas basah)
Sukrosa	<10
Glukosa	590
Fruktosa	130

Gentian dietari total yang terdapat dalam buah karanda ialah 2.45% pada asas basah (Rahman *et al.*, 1991). Komposisi gentian dietari yang hadir dalam buah karanda adalah seperti yang tertera dalam Jadual 2.3.

Jadual 2.3: Komposisi gentian dietari bagi buah karanda yang ranum
(Sumber: Rahman *et al.*, 1991)

Komposisi gentian dietari	Kandungan (% , asas basah)
Gula semulajadi	1.29
Asid uronik	0.60
Lignin	0.56

Sharma *et al.*, (2005) melaporkan terdapat komponen kimia yang lain hadir dalam akar, batang, buah, biji, daun dan bunga karanda. Komponen-komponen yang terdapat adalah seperti Jadual 2.4. Selain itu, akar pokok karanda juga mengandungi minyak, sebatian meruap dan resin yang berwarna kuning pekat (Pino *et al.*, 2004).

Jadual 2.4: Komponen-komponen kimia yang hadir dalam beberapa bahagian pokok karanda
(Sharma *et al.*, 2005)

Bahagian pokok	Komponen yang hadir
Akar	Carrisone, carindone, carinol, glukosa, digitoksigenin
Kulit pokok & batang	Alkaloid
Buah	Lupeol, oksalik, tartarik, sitrik, malik, malonik, glysin, glukosa, galaktosa
Biji	Asid lemak, palmitik, stearik, oleik, asid linoleik
Daun	Triterpena, alkohol, asid ursolik
Bunga	Limonena, careen, campena, dipentena, linalol, citronellal

2.1.3 Kandungan fenolik

Fenolik merupakan metabolit sekunder yang hadir secara semulajadi dalam jumlah yang besar dalam tumbuh-tumbuhan. Ia penting dalam menyumbang kepada warna, sifat-sifat sensori, nutrisi dan kandungan antioksidan dalam makanan (Awad *et al.*, 2001). Terma fenolik

digunakan untuk menyatakan sebatian yang mempunyai satu atau lebih kumpulan hidroksil (OH) yang terikat pada gelang aromatik. Sebatian yang mengandungi beberapa atau banyak kumpulan hidroksil fenolik dirujuk sebagai polifenol (Javanmardi *et al.*, 2003).

Fenolik mempunyai pelbagai fungsi dalam tumbuh-tumbuhan termasuk menghalang daripada serangan patogen, menyerap cahaya, menarik perhatian agen pendebungaan, mengurangkan pertumbuhan tumbuhan pesaing dan menggalakkan hubungan simbiotik antara nitrogen dan bakteria. Flavonoid adalah kumpulan terbesar fenolik dalam tumbuhan (Wildman, 2001).

Terdapat lebih 4000 flavonoid telah dikenalpasti dalam tumbuh-tumbuhan (Heim *et al.*, 2002). Ia merupakan kumpulan fenolik yang paling penting dan menyumbangkan potensi antioksidan dalam diet. Teh, bawang dan epal adalah antara sumber yang kaya dengan flavonoid (Awad *et al.*, 2001). Kehadiran flavonoid semulajadi dalam kumpulan fenolik akan menyediakan aktiviti anti-mikrobial dan sebagai pemangkin bagi fenolik untuk meningkatkan aktiviti tersebut (Harborne & Williams, 2000).

Selain itu, fenolik juga mempunyai pelbagai kesan secara biologi termasuk aktiviti antioksidan, anti-tumor, anti-mutagenik dan anti-bakteria (Shui & Leong, 2002) dengan kemampuan sebagai pengkelat logam, menghalang lipoksigenase dan menyingkirkan radikal bebas. Kirakosyan *et al.* (2003) menyatakan bahawa sebatian fenolik dalam tumbuh-tumbuhan mempunyai aktiviti antioksidan yang berupaya melindungi daripada kerosakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas.

Aktiviti antioksidan dalam sebatian fenolik adalah hasil daripada tindakbalas redoks yang memainkan peranan yang penting untuk menyerap dan meneutralkan radikal bebas,

memerangkap oksigen tunggal dan oksigen tripel atau menghapuskan peroksida (Akowuah *et al.*, 2004). Sebatian fenolik utama adalah asid klorogenik diikuti oleh flavonoid kuersetin rutinosida, kaempferol rutinosida, kuersetin dan kaempferol glikosida (Fugel *et al.*, 2005). Selain itu, sebatian fenolik yang lain adalah seperti asid ferulik, asid galik, asid vanilik dan asid sinapsik yang hadir dalam brokoli dan tumbuh-tumbuhan yang lain yang mempunyai sifat-sifat pelindung terhadap penyakit degeneratif seperti penuaan dan kanser (Vallejo *et al.*, 2002).

2.1.4 Kandungan Flavonoid

Flavonoid hanya disintesis oleh tumbuhan sahaja dan boleh didapati dalam vakuol. Perkataan flavonoid berasal daripada Latin ‘flavus’ yang bermaksud kuning iaitu kumpulan sebatian molekul rendah yang berwarna kuning dengan nukleus flavon (Heim *et al.*, 2002). Kini, konteks maksudnya diperluas dan ini termasuk sebatian tidak berwarna (flavan-3-ol) kepada yang kurang berwarna (flavanon). Ia juga sering dirujuk sebagai vitamin P berdasarkan kebolehnya untuk mengurangkan keteguhan kapilari dan meningkatkan kadar resapan cecair dalam badan (Skrede & Wrolstad, 1998).

Warna yang hadir dalam bunga dan organ tumbuhan yang lain adalah daripada flavonoid, contohnya warna biru dan ungu yang terhasil daripada pigmen antosianin dan klorofil yang menghasilkan warna hijau (Forkmann & Martens, 2001). Pengelasan flavonoid dilakukan melalui tahap oksidasi pada gelang karbon (C) pada struktur asas benzo-y-pyrone (Seyoum *et al.*, 2006). Flavonoid merupakan komponen penting dalam diet manusia. Pengambilannya adalah antara 50-800 mg sehari bergantung kepada pengambilan sayur-sayuran dan buah-buahan (Yang *et al.*, 2001). Sifat-sifat kimia dan biokimia flavonoid bergantung kepada struktur kimianya. Kelas flavonoid predominan yang hadir dalam buah-buahan dan beri adalah antosianidin (Rajah 2.1), flavonol dan flavanol, flavan-3-ol (katekin) dan flavan-3,4-diol (prosyaniidin).

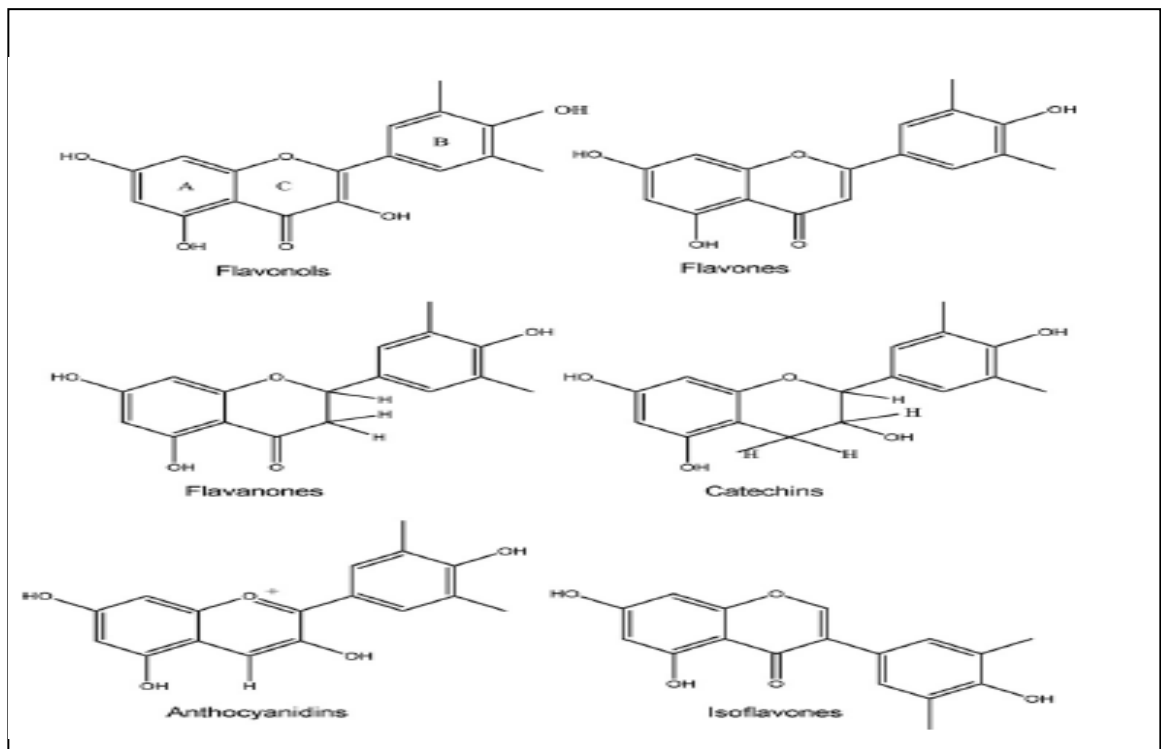
Kebanyakan antosianidin dan flavonol hadir sebagai glikosida dalam tumbuh-tumbuhan. Glikosida tersebut terdiri daripada unit-unit flavonoid (aglikon) dan satu atau lebih monosakarida (Skrede & Wrolstad, 1998). Flavonoid juga membentuk kumpulan semulajadi yang hadir sebagai fenolik dalam tumbuh-tumbuhan yang boleh dimakan. Fungsi penting flavonoid adalah memberikan warna kepada tumbuh-tumbuhan. Ia memberikan warna yang lebih pekat kepada merah atau biru pada antosianin. Selain itu, ia juga menghasilkan warna putih dan kuning kepada tumbuh-tumbuhan (Jovanovic *et al.*, 1998).

Flavonoid dan polifenol yang berkaitan juga berfungsi untuk melindungi tumbuh-tumbuhan daripada serangan mikrobial. Tindakbalas ini melibatkan agen-agen bersekutu seperti isoflavonoid, flavan, flavanon dan flavan-glikosida dalam tumbuh-tumbuhan dan pengumpulan fitoaleksin (phytoalexins) yang bertindak terhadap mikrobial tersebut (Harborne & Williams, 2000).

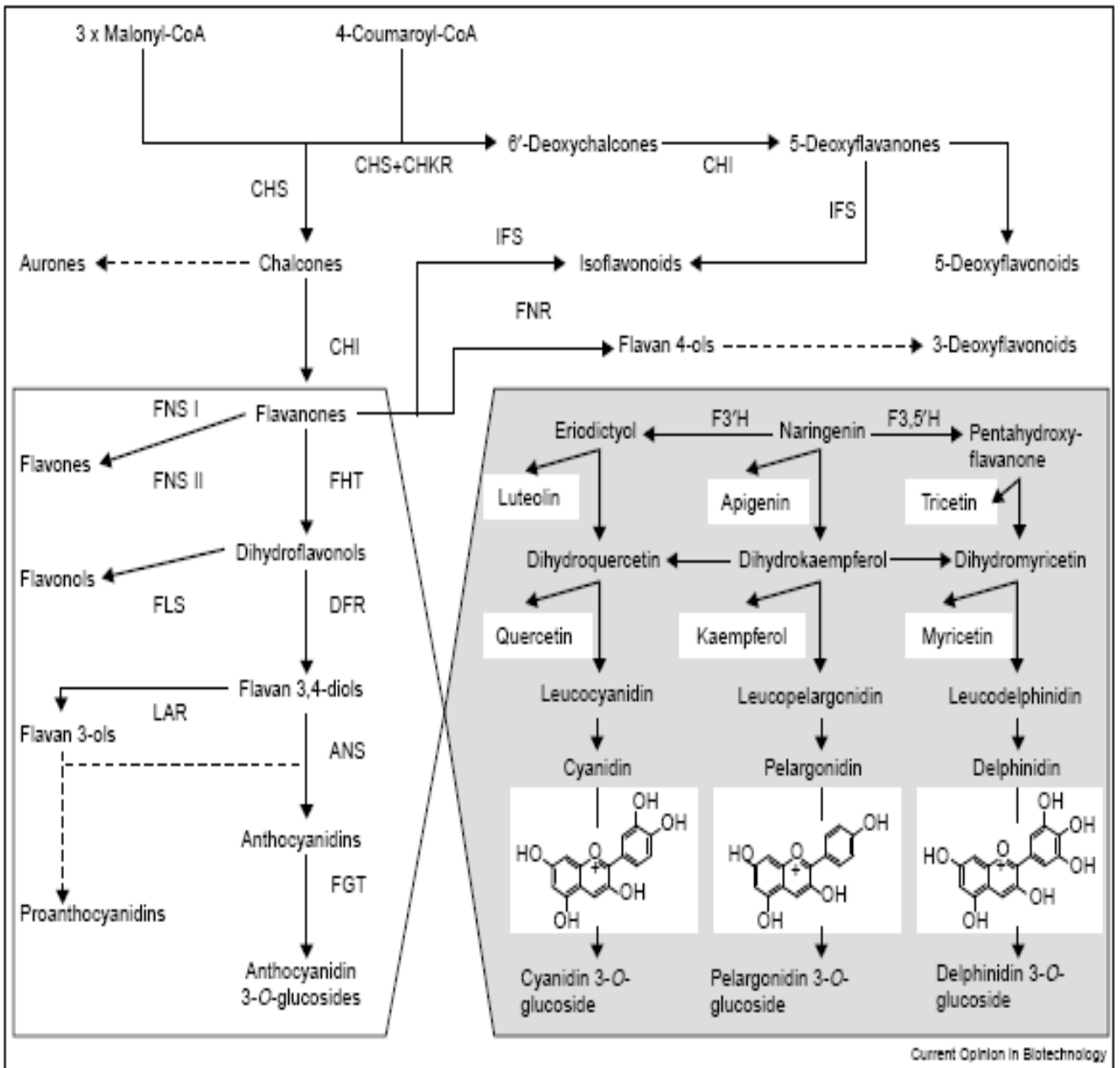
Flavonoid yang tersebar secara meluas dalam sebatian fenolik yang dipanggil bahan nutraseutikal dengan sifat-sifat anti-alergik, antikulat, antiviral, anti-radang, hepaprotektif, antioksidan, antitrombik dan aktiviti anti-karsinogenik (Seyoum *et al.*, 2006; Tripoli *et al.*, 2007). Seperti polifenol yang lain, flavonoid merupakan penyingkir radikal bebas yang baik kerana ia adalah hidrogen atau penderma elektron yang reaktif (Cotelle, 2001). Sebagai antikulat, flavonoid major yang terlibat dalam tumbuh-tumbuhan ialah isoflavonoid, flavan dan flavanon (Jensen *et al.*, 1998) manakala flavon dan flavanon bertindak sebagai antimikrobial (Harborne & Williams, 2000).

Flavonoid menunjukkan kesan penyingkir terhadap pelbagai spesies oksida iaitu anion superoksida ($-O_2$), radikal hidroksil ($-OH$) dan radikal peroksil. Ia juga berkesan sebagai pemerangkap terhadap oksigen tunggal (Harborne & Williams, 2000).

Selain itu, flavonoid boleh bertindak untuk melindungi DNA dengan menyerap cahaya ultraungu (UV). Ia meneutralkan radikal bebas yang menyebabkan mutasi pada DNA. Sifat penyingkir radikal ini penting untuk melindungi sistem badan. Ia juga melindungi DNA daripada berinteraksi secara terus dengan agen-agen penyebab tumor seperti ornitin dekarboksilase yang merangsang tumor pada kulit. Agen-agen ini akan memberi kesan songsangan kepada kromosom oleh bleomisin (Tripoli *et al.*, 2007).



Rajah 2.1: Struktur molekul flavonoid. Struktur asas terdiri daripada gelang A dan C dengan gelang fenil (phenyl) B yang bersambung (Sumber: Tripoli *et al.*, 2007).



Rajah 2.1: Skema bagi langkah-langkah tertentu dalam laluan flavonoid yang menunjukkan pengkelasan dan penghidroksilan pada gelang B (dalam kotak yang digelapkan menunjukkan sebatian yang dihidroksilkan daripada sebatian dalam kotak di sebelah kiri). [ANS: anthocyanidin synthase, CHI: chalcone isomerase, CHKR: chalcone ketide reductase, CHS: chalcone synthase, DFR: dihydroxyhydroflavonol 4-reductase, FGT: flavonoid 3,O-glucosyltransferase, FHT: flavonone 3-hydroxylase, FLS: flavonol synthase, FNR: flavanone 4-reductase, FNS: flavone synthase, IFS: isoflavone synthase, LAR: leucoanthocyanidin reductase] (Sumber: Forkmann & Martens, 2001).

2.1.4.1 Antosianin

Antosianin adalah pigmen flavonoid yang hadir secara meluas dalam tumbuh-tumbuhan bertanggungjawab untuk memberikan hampir kepada semua warna merah, biru dan ungu yang dihasilkan dalam bunga, buah dan tisu tumbuhan yang lain dan menyumbang kepada implikasi yang baik kepada kesihatan. Ia tidak toksik dan mempunyai aktiviti antioksidan yang bagus (Pascual-Teresa, 2002). Pigmen antosianin yang larut air tergolong dalam flavonoid iaitu kumpulan kimia bagi tumbuh-tumbuhan. Ia kurang stabil dalam buah-buahan dan produk berasaskan buah-buahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan antosianin adalah termasuk pH dan suhu. Kehadiran antosianin dalam tumbuh-tumbuhan dipengaruhi oleh kepelbagaian tumbuhan tersebut dan darjah peranakan (Cordunensi *et al.*, 2005). Terdapat beberapa komponen antosianin dalam tumbuh-tumbuhan seperti sianidin-3-glukosida, pelargonidin, peonidin dan delphinidin (Pascual-Teresa, 2002).

Warna antosianin dipengaruhi oleh pH. Ini menjadikan antosianin sebagai penunjuk pH semulajadi. Dalam media berasid, ia berwarna merah, apabila pH ditingkatkan ia berubah kepada warna biru manakala dalam media beralkali antosianin yang berwarna indigo atau biru dan berubah ke warna merah apabila asid ditambah. Pada pH 3.5, antosianin akan mempamerkan warna yang paling pekat (Potter & Hotchkiss, 1995; Newsome, 1990). Antosianin mudah mengalami penyahwarnaan dengan kehadiran asid amino dan terbitan gula fenolik hasil daripada tindakbalas kondensasi (Sankaranarayanan, 1981). Suhu yang terlalu rendah iaitu di bawah 0°C dan suhu yang tinggi akan menepengaruhi kandungan antosianin. Atmosfera dengan kepekatan karbon dioksida (CO₂) yang tinggi memberikan kesan negatif kepada kepekatan antosianin dan enzim untuk mensintesis antosianin iaitu fenilalanin ammonia lyase dan UDP-glukosa: flavonoid glukosiltransferase (Cordunensi *et al.*, 2005).

Antosianin merupakan kumpulan pigmen larut air yang terbesar dalam tumbuh-tumbuhan. Ia hadir dalam hampir kesemua tumbuhan kelas tinggi dan dapat diperhatikan kehadirannya dalam bunga dan juga buah. Warna antosianin adalah daripada merah jambu kepada biru dan indigo (Esti *et al.*, 2002). Jadual 2.5 menunjukkan sumber-sumber utama bagi antosianin.

Jadual 2.5: Sumber-sumber bagi pigmen antosianin yang utama
(Sumber: Rayner, 1991)

Sumber	Nama saintifik	Antosianin yang hadir
Kulit anggur	<i>Vitis vinifera</i>	Cy, Dp, Pt, Mv
Pati anggur	<i>Vitis labrusca</i>	Cy, Dp, Pt Mv
Kranberi	<i>Vaccinium macrocarpon</i>	Cy, Pn
Roselle	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Cy, Dp
Kobis merah	<i>Brassica oleracea</i>	Cy
Elderberi	<i>Sambucus nigra</i>	Cy
Anggur hitam	<i>Ribes nigrum</i>	Cy, Dp
Jagung ungu	<i>Maize morado</i>	Pg, Cy, Pn

Cy=sianidin, Dp=delphinidin, Mv=malvidin, Pg=pelargonidin, Pn=peonidin, Pt=petunidin

Dalam buah ceri, komponen antosianin iaitu sianidin, sianidin-3-glukosida, 3-rutinisida dan 3-(2^G-rutinosida) merupakan bahagian antioksidan utama yang memberi kesan yang sama seperti 'butylated hydroxytoluene' (BHT), 'tert-butylhydroquinone' (TBHQ) dan vitamin E pada kepekatan 2- μ M. Di Amerika, ceri digunakan dalam pemprosesan produk daging untuk mengurangkan ketengikan (Wang *et al.*, 1999).

2.1.4.2 Karotenoid

Pada umumnya, karotenoid boleh diperolehi daripada makanan yang berasal daripada tumbuhan-tumbuhan dan haiwan seperti susu, telur, keju, hati, lemak dan makanan yang diproses. Ia boleh didapati dalam kloroplas dan kromoplas semua organisma fotosintetik bertanggungjawab terhadap warna kuning, jingga dan merah dalam buah dan bunga (Dragovic-Uzelac *et al.*, 2007).

Terdapat beberapa komponen dalam karotenoid iaitu seperti β -karoten, α -karoten, lutein, β -kriptoxantin, zeaxantin dan likopen. Biasanya setiap buah dan sayur mungkin mengandungi amaun tertentu bagi karotenoid yang spesifik. Contohnya, likopen terdapat dalam tembikai dan tomato, β -karoten merupakan karotenoid yang paling banyak ditemui dalam makanan boleh didapati dalam lobak, aprikot, mangga dan betik (Faulks & Southon, 2001).

Karotenoid adalah pigmen yang larut lemak dan mempunyai warna daripada kuning, jingga hingga merah. Sesetengah karotenoid adalah prekursor kepada vitamin A. Satu molekul β -karoten yang berwarna jingga dalam badan ditukarkan kepada dua molekul vitamin A yang tidak berwarna. Vitamin A adalah mikronutrien yang diperlukan untuk penglihatan yang baik dan penting dalam pelbagai fungsi metabolik badan (Bhaskarachary *et al.*, 1995).

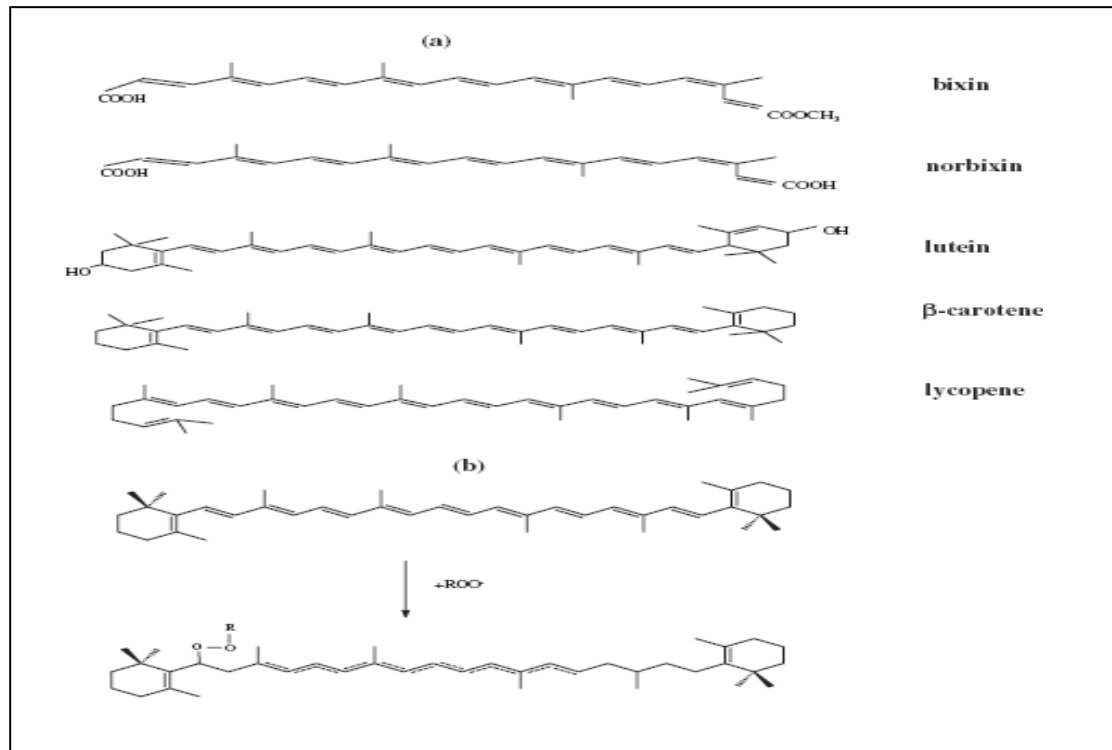
Komponen karotenoid yang lain seperti α -karoten, γ -karoten dan kriptoxantin juga merupakan prekursor vitamin A tetapi hanya menghasilkan satu molekul vitamin A daripada satu molekul komponen karotenoid tersebut. Ini adalah disebabkan terdapat perbezaan struktur kimia antara β -karoten dan komponen karotenoid yang lain. Dalam pemprosesan makanan, karotenoid tahan perubahan pH tetapi ia sangat sensitif kepada pengoksidaan yang mengakibatkan kemusnahan warna dan aktiviti vitamin A (Potter & Hotchkiss, 1995).

Dalam buah acerola (*Malpighia emarginata*), kandungan karotenoid lebih tinggi dalam buah yang telah cukup masak (Lima *et al.*, 2005). Terdapat perubahan signifikan dalam karotenoid semasa proses kematangan (Dragovic-Uzelac *et al.*, 2007).

β -karoten menyumbangkan kesan perlindungan sama seperti vitamin C dan komponen fenolik dalam sistem badan. Pengambilan buah-buahan dan sayur-sayuran boleh mengurangkan risiko kanser dan penyakit kardiovaskular (Heim *et al.*, 2002). Selain prekursor vitamin A, karotenoid adalah antioksidan yang menggalakkan aktiviti kesihatan dalam sistem badan termasuk merendahkan tekanan darah dan melindungi badan daripada penyakit jantung (Lewinsohn *et al.*, 2005).

Di samping itu, karotenoid juga boleh digunakan sebagai pewarna semulajadi dalam industri makanan dan minuman. Ia juga bertindak sebagai penyingkir radikal disebabkan oleh ikatan dubel berkonjugat pada molekul yang menjadikannya sensitif terhadap kehadiran radikal (Kiokias & Oreopoulou, 2006) dan memberikan kesan perlindungan maksimum melebihi sebatian yang mempunyai sembilan ikatan dubel (Niizu & Amaya, 2005).

Karotenoid dapat mengurangkan risiko terhadap penyakit yang melibatkan kemerosotan sel seperti kanser, penyakit kardiovaskular, katarak dan kemerosotan makular (macular). β -karoten menunjukkan potensi provitamin A dua kali ganda berbanding α -karoten manakala likopen lebih efisien sebagai antioksidan berbanding β -karoten (Niizu & Amaya, 2005).



Rajah 2.3: (a) Struktur beberapa pigmen karotenoid (b) Penambahan radikal peroksil kepada molekul karotenoid, pembentukan resonan untuk menstabilkan karbon yang bergabung dengan radikal (Sumber : Kiokias & Oreopoulu, 2006).

2.1.5 Mineral

Dalam bentuk semulajadi mineral terdiri daripada bahagian logam dan bukan logam. Bagi beberapa keadaan untuk nilai nutrisi mineral yang separa logam tidak dapat diserap ke dalam sistem badan. Walau bagaimanapun, terdapat sesetengah elemen mineral bukan logam seperti sulfur, fosforus, klorin dan iodin apabila hadir bersama logam dalam makanan, sistem badan dapat memanfaatkan kedua-duanya, mineral dan logam tersebut. Tetapi mineral juga boleh diaplikasikan terhadap komponen tunggal seperti ferum, kalsium, zink, iodin dan fosforus. Komponen mineral berubah-ubah bergantung kepada beberapa faktor seperti keadaan persekitaran dan komposisi tanah bagi tumbuhan (Fennema, 1996).

Ang (2005) mendefinisikan mineral adalah bahan tak organik yang terhasil bukan daripada haiwan dan tumbuhan yang diperlukan oleh manusia. Ia boleh dibahagikan kepada makromineral dan mikromineral atau unsur-unsur surih. Makromineral adalah mineral yang diperlukan oleh badan dalam kuantiti yang besar iaitu lebih daripada 100mg sehari. Mineral yang diperlukan dalam kuantiti sedikit iaitu kurang daripada 10mg sehari dikategorikan sebagai mikromineral atau unsur-unsur surih.

Jadual 2.6: Pengelasan Makromineral dan Mikromineral
(Sumber: Marakoglu *et al.*, 2005)

Makromineral	Mikromineral
Kalsium	Kromium
Klorin	Kobalt
Magnesium	Kuprum
Fosforus	Flourin
Kalium	Iodin
Natrium	Ferum
Sulfur	Mangan
Aluminium	Molibdenum
Boron	Selenium
	Zink

Mineral merupakan komponen yang penting dalam makanan kerana ia diperlukan untuk memastikan kesihatan berada dalam keadaan yang baik (Marakoglu *et al.*, 2005). Kalsium diperlukan dalam pembekuan darah, kebolehfungsian bagi sesetengah enzim dan untuk mengawal bendalir melalui membran sel selain untuk membina tulang dan gigi yang kuat..

Manakala fosforus amat penting untuk semua benda hidup. Ia juga terlibat dalam pembentukan ATP (adenosina trifosfat) atau tenaga dalam respirasi sel (Ang 2005).

Magnesium membantu penyerapan mineral lain seperti kalsium, fosforus, natrium dan kalium diserap dengan efisien untuk metabolisme badan. Ia juga terlibat dalam sintesis asid amino, metabolisme lipid, penggunaan tiamina (thiamine/vitamin B1), transmisi saraf-saraf otot dan tindakbalas enzim.

Sebagai kation (ion bercas positif) utama dalam cecair luar sel, natrium yang dibantu kalium yang merupakan kation dalam cecair dalam sel, mengawal atur dan mengekalkan keseimbangan cecair badan. Selain itu, natrium juga membantu mengawal penyerapan sel untuk memudahkan pertukaran bahan-bahan melintasi dinding sel. Manakala kalium adalah mineral yang membantu natrium untuk mengekalkan keseimbangan cecair dan pH iaitu asid dan bes dalam badan. Ia juga mempengaruhi aktiviti otot khususnya otot-otot jantung selain menstabilkan transmisi impuls saraf (Redmon, 1999).

Zink berperanan dalam mengaktifkan enzim yang diperlukan dalam metabolisme karbohidrat dan protein. Ia juga merupakan sebahagian daripada karbonik anhidrase iaitu enzim penting dalam pemindahan karbon dioksida dan terlibat dalam sintesis asid nukleik. Kekurangannya menyebabkan gangguan terhadap tumbesaran, hilang selera makan dan penyakit kulit (Potter & Hotchkiss, 1995).

2.1.6 Pektin

Pektin adalah campuran polisakarida yang mengandungi asid-asid pektinik dan membentuk 1/3 daripada dinding sel bagi tumbuh-tumbuhan dikotiledon dan sesetengah tumbuhan

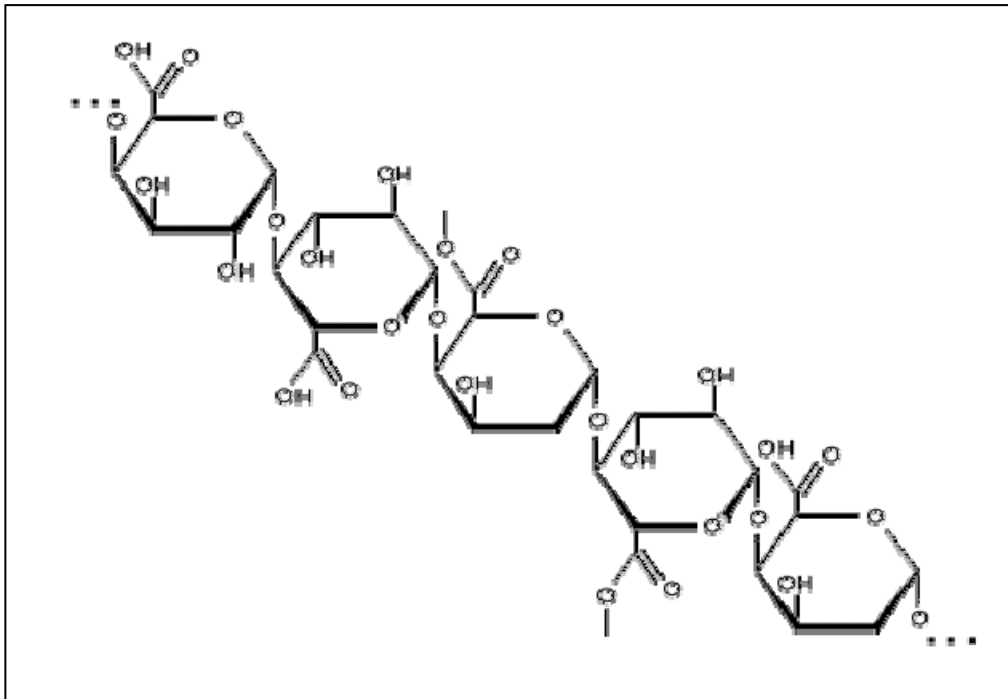
monokotiledon (Koubala *et al.*, 2008). Secara strukturnya, pektin boleh dibahagikan kepada bahagian linear (dihasilkan daripada homogalakturonan, HGs) dan bahagian berantai (dihasilkan daripada jenis I rhamnogalakturonan, RGs-I) (Ralet *et al.*, 2005). Ia memberi fungsi kepada dinding sel seperti penyambungan atau pelekatan antara sel dan memberikan kekuatan bagi dinding sel dalam menstabilkan gel. Ia juga merupakan komponen utama dinding sel dengan pelbagai fungsi biologi bagi tumbuh-tumbuhan. Oleh yang demikian, pektin berperanan dalam pertumbuhan sel, membentuk pertahanan daripada serangan mikroorganisma dan mengekalkan sifat-sifat fizikal seperti kesegaran tumbuhan dan ciri-ciri pemprosesan (Mollea, 2008).

Pektin boleh dibahagikan kepada 2 kategori berdasarkan kepada darjah pengesteran (degree of esterification, DE) iaitu peratus kumpulan karboksil yang diesterkan dengan metanol. Pektin dengan DE melebihi 50% adalah pektin metoksil tinggi manakala pektin metoksil rendah adalah DE kurang daripada 50%. Dinding sel tumbuh-tumbuhan terdiri daripada beberapa lapisan iaitu lapisan luaran dan dalaman. Lapisan ini mempunyai lamela tengah, dinding sel dan membran plasma. Dinding sel mengandungi kira-kira 60% air dan 40% polimer dengan 20-35% adalah pektin (Koubala *et al.*, 2008).

Pektin memberikan kesan yang penting kepada nutrisi dan kesihatan manusia. Oleh kerana ia senang didapati dalam buah-buahan dan sayur-sayuran, ini adalah sumber gentian dietari (DF) yang bernilai. Sebagai gentian dietari yang tidak dapat dihadam oleh sistem gastrointestinal, pektin boleh difermentkan oleh mikroflora dalam kolon kepada CO₂, CH₄, H₂ dan asid lemak rantai pendek (short chain fatty acid, SCFA) seperti asetat, propinat dan butirat. Asid lemak ini merupakan sumber tenaga yang berpotensi bagi sel-sel mukosal dalam usus besar. Selain itu, ia juga diserap dalam kolon yang memberikan tenaga dan meningkatkan metabolisme (Wang *et al.*, 1998). Wang *et al.* (2008) mendapati bahawa pektin dapat memberikan pelbagai manfaat kepada aktiviti biologi dalam badan seperti merendahkan tahap

kolestrol darah dan kolestrol dalam lipoprotein berketumpatan rendah (LDL) tanpa mengubah atau mengganggu tahap kolestrol lipoprotein berketumpatan tinggi (HDL) atau trigliserida. Ia juga berkesan dalam menurunkan peningkatan paras glukosa dalam darah selepas makan bagi individu normal, obes dan diabetik.

Dari aspek komersil, pektin digunakan sebagai agen penjelan dalam penghasilan jem, jeli, marmalade, produk konfeksioneri dan sebagai penstabil dalam minuman (May, 2000) disebabkan kebolehan pektin untuk membentuk jel dan ia merupakan material berkoloid (Assis *et al.*, 2001). Pektin juga digunakan dalam persediaan produk-produk farmaseutikal seperti produk anti-diarhea dan dalam formulasi detoksifikasi. Selain itu, ia juga mempengaruhi metabolisme glukosa dengan merendahkan tindakbalas glukosa (Assis *et al.*, 2001). Pektin komersil kebanyakan diperolehi daripada buah-buah sitrus seperti oren, lemon dan buah epal (Liu *et al.*, 2001).



Rajah 2.4: Struktur rantaian pektin
(Sumber: <http://sci-toys.com/ingredients/pectin.html>)