

**KESAN PENAMBAHAN TEPUNG PISANG KE ATAS SIFAT-SIFAT KUALITI
ROTI**

ZUWARIAH BINTI ISHAK

**TESIS DISERAHKAN UNTUK MEMENUHI KEPERLUAN BAGI IJAZAH
SARJANA SAINS**

JUN 2006

PENGHARGAAN

Alhamdulillah bersyukur saya ke hadrat Allah s.w.t kerana atas limpah dan kurnia serta keizinannya untuk menyiapkan projek penyelidikan tesis ini. Sesungguhnya memang diakui terdapat pelbagai cabaran dan dugaan dalam menyiapkan tesis ini.

Dalam proses penghasilan tesis ini telah melibatkan banyak pihak yang telah memberi komitmen dengan begitu baik sekali. Oleh itu jutaan terima kasih dan sekalung penghargaan diberikan kepada Prof Madya Dr Noor Aziah Abdul Aziz selaku penyelia saya yang telah banyak memberi nasihat, bimbingan, tunjuk ajar dan segala bantuan sepanjang saya menjalankan projek ini.

Jutaan terima kasih juga kepada En. Joseph, En. Azmaizan dan En. Zakaria di atas segala pertolongan yang diberikan di makmal. Tidak dilupakan juga kepada En. Zainoddin, Pn. Siti Aishah dan semua staf pentadbiran. Buat rakan-rakan seperjuangan yang dikasihi terutamanya Abang Mat, Kak Syidah, Kak Nani, Kak Zan, Md Nor, Liana, Noor, Nisah, Chah, Kak Fini, Jue, Mardiana, Yazri dan semua yang memberi bantuan dan sokongan. Jutaan terima kasih diucapkan, semoga Allah membalas budi baik anda semua, InsyaAllah.

Akhir sekali, istimewa buat keluarga tercinta terutamanya emak dan ayah yang banyak memberi peransang dalam menyiapkan projek ini.

ZUWARIAH ISHAK

Jun 2006

TAJUK

PENGHARGAAN

ii

SENARAI KANDUNGAN

iii

SENARAI JADUAL

vi

SENARAI RAJAH

viii

ABSTRAK

x

ABSTRACT

xii

1 PENGENALAN

1.1 Latar Belakang dan Objektif Penyelidikan

1

2 TINJAUAN LITERATUR

2.1 Pisang

5

2.2 Faedah-faedah Penggunaan Pisang dalam Produk Bakeri

8

2.2.1 Gentian Diet

8

2.2.2 Kanji Rintang

17

2.2.3 Antioksidan

23

2.3 Kesesuaian dan Penggunaan Pisang di Dalam Produk

32

2.4 Roti

35

2.4.1 Ramuan Dalam Penghasilan Produk dan
Kepentingannya

37

2.4.2 Pemprosesan

39

2.4.2.1 Percampuran

40

2.4.2.2 Fermentasi

41

2.4.2.3 Pengacuan, Pengeraman dan Pembekuan

42

2.5 Penilaian Kualiti Roti

42

2.5.1 Ciri-ciri Luaran

42

2.5.2 Ciri-ciri Dalaman

45

2.5.3 Tekstur / Kualiti Makanan dan Rasa

46

2.6 Enzim Dalam Produk Bakeri

47

2.7 Kanji

49

2.7.1 Granul kanji

50

2.7.2 Kanji pisang

51

2.7.3 Pengelatinan kanji dan *pasting*

52

2.7.4 Retrogradasi

53

2.8 Kaedah Permukaan Respon

53

2.8.1 Pengenalan

53

2.8.2 Kaedah Permukaan Respon (RSM)

54

2.8.3 Prinsip Kaedah Permukaan Respon (RSM)

56

2.8.4 Rekabentuk Komposit Pertengahan

58

3 BAHAN DAN KAEDAH

3.1 Penyediaan Sampel	61
3.1.1 Penyediaan Tepung	61
3.1.2 Penyediaan Roti	62
3.1.2.1 Formulasi Roti Kawalan dan Roti Berasaskan Tepung	62
3.1.2.2 Prosedur Pembuatan Roti	63
3.2 Ciri-ciri <i>Pasting</i> bagi Tepung	64
3.3 Pengoptimum Formulasi dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kualiti Roti	64
3.4 Analisis Kimia	68
3.4.1 Analisis Proksimat	68
3.4.1.1 Penentuan Lembapan	68
3.4.1.2 Penentuan Protein	69
3.4.1.3 Penentuan Lemak	70
3.4.1.4 Penentuan Gentian Kasar	70
3.4.1.5 Penentuan Abu	72
3.4.1.6 Penentuan Karbohidrat	72
3.4.2 Penentuan Kalori	73
3.4.3 Penentuan Gentian Diet Tak Larut, Larut dan Gentian Diet total	73
3.4.3.1 Gentian Tak Larut	74
3.4.3.2 Gentian Larut	75
3.4.5.3 Pengiraan	75
3.4.4 Analisis Kanji Rintang	76
3.4.5 Penghadaman Kanji / Karbohidrat	78
3.4.6 Analisis Fenol Total	79
3.4.6.1 Pengekstrakan	79
3.4.6.2 Penentuan Kandungan Fenol	80
3.4.7 Aktiviti Antioksidan	80
3.4.7.1 Penentuan kesan ke atas Radikal DPPH	80
3.4.8 Penentuan Sebatian Antioksidan	81
3.4.9 Penentuan Struktur Sampel Menggunakan Mikroskop Elektron Penskanan (SEM)	81
3.5 Analisis Fizikal	82
3.5.1 Pengukuran Isipadu Roti	82
3.5.2 Pengukuran Berat Lof	82
3.5.3 Pengukuran Oven Spring	82
3.5.4 Penentuan Profil Tekstur	83
3.5.5 Analisis Warna	84
3.6 Penilaian Deria	85
3.7 Analisis Statistik	86

4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.1 Ciri-ciri Pasting Bagi Tepung Pisang (BF) dan Tepung Pisang Terubahsuai (MBF) yang Ditambah Pada Tahap Peratusan yang Berbeza.	87
4.2 Pengoptimuman Formulasi dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kualiti Roti	92
4.2.1 Pemilihan Faktor yang Signifikan	92
4.2.2 Pengoptimuman Formulasi Roti Berasaskan Tepung Pisang Pada Tahap 30%.	93
4.3 Analisis Kimia	108
4.3.1 Penentuan Proksimat Bagi Tepung	108
4.3.2 Penentuan Proksimat Bagi Roti	109
4.4 Kandungan Gentian Diet Total (TDF), Tidak Larut (IDF) dan Larut (SDF) bagi Tepung dan Roti	113
4.5 Kanji Rintang (RS)	116
4.6 Penghadaman Kanji / karbohidrat	119
4.7 Polifenolik	123
4.8 Aktiviti Antioksidan	126
4.9 Penentuan Sebatian Antioksidan Menggunakan HPLC	129
4.10 Penentuan Struktur Sampel Menggunakan Mikroskop Elektron Pensakan (SEM)	132
4.11 Analisis Fizikal	141
4.11.1 Isipadu Lof, Isipadu Spesifik, Oven Spring dan Analisis Tekstur	144
4.11.2 Analisis Warna	146
4.13 Penilaian Sensori	149
5 KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1 Kesimpulan	152
5.2 Cadangan untuk Kajian Lanjut	153
6 RUJUKAN	154

LAMPIRAN

PENERBITAN DARI PENYELIDIKAN

SENARAI JADUAL

JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Komposisi pulpa dan tepung pisang ^{a,b,c} (Kayisu <i>et al.</i> , 1981)	15
2.2	Komposisi gentian pulpa dan tepung pisang (Kayisu <i>et al.</i> , 1981)	16
2.3	Kandungan (%) kanji rintang dan jenis-jenis makanan (Goni <i>et al.</i> , 1996)	19
2.4	Tahap antioksidatif fitokimia dalam pisang pada pelbagai peringkat keranuman (Kanazawa & Sakakibara, 2000).	30
2.5	Produk pisang diproses kepada makanan (Stover & Simmonds, 1987)	33
2.6	Ciri-ciri sesetengah granul kanji	51
2.7	Ciri-ciri kanji pisang daripada peringkat keranuman berbeza (Lii <i>et al.</i> , 1982)	52
3.1	Formulasi roti kawalan dan roti berasaskan pisang dengan paras peratusan tepung pisang (BF / MBF) yang berbeza (AACC, 2000).	62
3.2	Pembolehkan tak bersandar dan respon dalam ujian penyaringan.	66
3.3	Hubungan antara nilai terkod dan nilai sebenar bagi pembolehkan tak bersandar	67
3.4	Rekabentuk komposit petengahan	67
4.1	Ciri-ciri Pasting Campuran BF dan MBF dengan Tepung Gandum	88
4.2	Pembolehkan tak bersandar dan respon dalam ujian penyaringan	93
4.3	Rekabentuk komposit pertengahan dan respon	94

4.4	Ringkasan keputusan CCD bagi pengoptimum formulasi	97
4.5	Komposisi proksimat bagi sampel BF dan MBF	108
4.6	Komposisi proksimat bagi pelbagai formulasi roti	111
4.7	Kandungan gentian diet tidak larut (IDF), gentian diet larut (SDF) dan gentian diet total (TDF) bagi sampel tepung	113
4.8	Kandungan gentian diet tidak larut (IDF), gentian diet larut (SDF) dan gentian diet total (TDF) bagi sample roti berasaskan pisang dan roti komersial.	114
4.9	Kandungan kanji rintang (RS) dalam sampel tepung dan pisang muda	116
4.10	Kandungan kanji rintang (RS) dalam doh roti dan roti yang telah di masak	117
4.11	Penghadaman karbohidrat total sampel tepung dan Roti	120
4.12	Kandungan sebatian antioksidan dalam sampel tepung BF dan MBF serta sampel roti	129
4.13	Sifat-sifat fizikal dalam pelbagai formulasi roti	142
4.14	Warna tepung BF, MBF dan tepung roti	146
4.15	Pengukuran warna bagi sampel roti	148
4.16	Keputusan penilaian sensori bagi semua sampel roti	150

SENARAI RAJAH

RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Struktur kanji dan selulosa (Bauver & Maskell, 1994)	10
2.2	Jenis – jenis antioksidan (Pokorny <i>et al.</i> , 2001)	25
2.3	Sistem koordinat tiga dimensi untuk warna (sistem Hunter)(Minolta)	45
4.1	Plot 3-dimensi interaksi antara asid askorbik dan air bagi respon isipadu lof	98
4.2	Plot kontur interaksi antara asid askorbik dan air bagi respon isipadu lof	98
4.3	Plot 3-dimensi interaksi antara asid askorbik dan fungamyl bagi respon isipadu lof	100
4.4	Plot kontur interaksi antara asid askorbik dan fungamyl bagi respon isipadu lof	100
4.5	Plot 3-dimensi interaksi antara fungamyl dan air bagi respon isipadu lof	103
4.6	Plot kontur interaksi antara fungamyl dan air bagi respon isipadu lof	103
4.7	Plot 3-dimensi interaksi antara asid askorbik dan fungamyl bagi respon isipadu spesifik	105
4.8	Plot kontur interaksi antara asid askorbik dan fungamyl bagi respon isipadu spesifik	105
4.9	Plot 3-dimensi interaksi antara asid askorbik dan air bagi respon isipadu spesifik	106
4.10	Plot kontur interaksi antara asid askorbik dan air bagi respon isipadu spesifik	106
4.11	Plot 3-dimensi interaksi antara fungamyl dan air bagi respon isipadu spesifik	107
4.12	Plot kontur interaksi antara fungamyl dan air bagi respon isipadu spesifik	107

4.13	Kandungan polifenol bagi tepung (BF dan MBF) dan sampel roti.	124
4.14	Kesan <i>scavenging</i> daripada BF, MBF dan sampel roti BF dan MBF serta roti kawalan terhadap radikal DPPH	127
4.15	SEM tepung pisang (BF) dengan magnifikasi 2000x	133
4.16	SEM tepung pisang terubahsuai (MBF) dengan magnifikasi 2000x	134
4.17(a)	SEM doh roti kawalan dengan magnifikasi 2000x	135
4.17(b)	SEM roti kawalan dengan magnifikasi 2000x	135
4.18(a)	SEM doh roti 10 % BF dengan magnifikasi 2000x	137
4.18(b)	SEM roti 10 % BF dengan magnifikasi 2000x	137
4.19(a)	SEM doh roti 10 % MBF dengan magnifikasi 2000x	138
4.19(b)	SEM roti 10 % MBF dengan magnifikasi 2000x	138
4.20(a)	SEM doh roti 20 % BF dengan magnifikasi 2000x	139
4.20(b)	SEM roti 20 % BF dengan magnifikasi 2000x	139
4.21(a)	SEM doh roti 20 % MBF dengan magnifikasi 2000x	140
4.21(b)	SEM roti 20 % MBF dengan magnifikasi 2000x	140

KESAN PENAMBAHAN TEPUNG PISANG KE ATAS SIFAT-SIFAT KUALITI

ROTI

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan untuk menentukan kesan pelbagai takat tepung pisang kepada tepung gandum ke atas penilaian organoleptik dan nutrisi roti. Dua jenis tepung, iaitu tepung pisang (BF) dan tepung pisang terubahsuai (MBF) disediakan dan ditambah pada tahap 10 % dan 20 % berasaskan berat tepung. RSM digunakan sebagai model untuk mengkaji kesan 3 pembolehubah (air, asid askorbik dan fungamyl) ke atas sifat-sifat fizikal roti yang ditambah dengan tepung pisang kepada tepung gandum. Ciri-ciri *pasting* bagi kedua-dua tepung diselidik dengan Rapid Visco Analyzer (RVA). Keputusan menunjukkan darjah penguraian, kelikatan akhir, *setback* dan suhu *pasting* BF adalah lebih tinggi ($p < 0.05$) berbanding MBF. Suhu *pasting* BF dan MBF masing-masing adalah 81.50°C dan 57.23°C . MBF mempunyai lebih banyak gentian diet total (TDF) dan gentian diet tidak larut (IDF) (17.20 dan 14.15 %) dibandingkan dengan BF (10.81 dan 7.65 %). Kandungan kanji rintang dalam MBF lebih tinggi (38.10 %) daripada BF (16.79 %) tetapi kandungan fenol total (747 mg / 100 g dw) adalah rendah. Sebatian antioksidan, iaitu gallic catechin, epigallocatechin dan catechin telah dikenalpasti dalam kedua-dua tepung (BF dan MBF) dan sampel roti. Keputusan SEM menunjukkan BF secara relatif mempunyai granul kanji yang lebih besar berbanding MBF. Kandungan protein, lemak, lembapan, abu, karbohidrat dan gentian ditentukan untuk kesemua jenis roti yang ditambah dengan tahap berbeza (10 % dan 20 %) BF dan MBF. Kandungan lembapan bagi roti kawalan berbeza secara signifikan dengan 10 % MBF, 20 % BF dan 20

% MBF. Terdapat perbezaan yang signifikan di antara roti kawalan dan roti 20 % BF bagi kandungan protein. Roti kawalan juga secara signifikannya tinggi dalam kandungan lemak jika dibandingkan dengan kesemua tahap roti BF dan MBF. Penambahan 10 ke 20 % tepung BF dan MBF meningkatkan kandungan kanji rintang (daripada 3.51 ke 3.90% dan 5.27 ke 7.43 %) dan sebatian fenol total (daripada 508 ke 527 dan 405 ke 427 mg tannic acid / 100 g) secara signifikan ($p < 0.05$). Penggantian 20 % MBF kepada tepung gandum menghasilkan isipadu lof yang rendah tetapi skor yang tinggi dari segi penerimaan keseluruhan. Nilai L roti adalah daripada 51.58 – 63.22 dan berkurang dengan tahap peningkatan BF dan MBF. Pengurangan dalam kelembutan *crumb* (2.58 N) dan peningkatan dalam kepadatan telah ditunjukkan dalam roti 20 % MBF. Kesimpulannya roti yang ditambah dengan BF dan MBF lebih diterima dari segi organoleptik dan nutrisi jika dibandingkan dengan kawalan.

EFFECTS OF SUPPLEMENTED BANANA FLOUR ON THE QUALITY

ATTRIBUTES OF BREAD

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effects of substituting different percentage of banana flour to wheat flour on the organoleptic and nutritional attributes of bread. Two types of banana flour, namely banana flour (BF) and modified banana flour (MBF) were prepared. Two levels of BF and MBF (10 % and 20 %) were substituted for wheat flour based on flour weight. RSM was used as a model to study the effects of three variables in the formulation (water, ascorbic acid and fungamyl) on the physical attributes of bread substituted with banana flour to wheat flour. Pasting properties of both flour were investigated with Rapid Visco Analyzer (RVA). Result of this study indicated that breakdown, final viscosities, setback and pasting temperature of BF were significantly higher ($p < 0.05$) than those of MBF. Pasting temperature of BF and MBF were 81.50° C and 57.23° C respectively. MBF has more total dietary fiber (TDF) and insoluble dietary fiber (IDF) (17.20 and 14.15 %) as compared to BF (10.81 and 7.65 %). Resistant starch content in MBF was the highest (38.10 %) than BF (16.79 %) but lowest in total phenolic (747 mg / 100 g dw). The antioxidant compounds, such as gallic acid, epigallocatechin and catechin were identified in both of flour (BF and MBF) and bread samples. SEM result indicated BF had relatively more large starch granules than MBF. The protein, fat, moisture, ash, carbohydrate and fibre content were determined for all types of breads

incorporated with different levels (10 % and 20 %) BF and MBF. Moisture content of the control bread differs significantly with 10 % MBF, 20 % BF and 20 % MBF. There was significant different between the control bread and 20 % BF bread in terms of protein content. Control bread showed significantly high fat content as compared with all levels of BF and MBF incorporated breads. Increasing level of substitution from 10 % to 20 % of BF and MBF to wheat flour significantly ($p < 0.05$) increased resistant starch content (from 3.51 to 3.90 % and 5.27 to 7.43 %) and total phenolic (from 508 to 527 and 405 to 427 mg tannic acid / 100 g dw). Addition of 20 % MBF to wheat flour resulted in lowest loaf volume but highest in overall acceptability score. The lightness of crust varied in L^* values ranging from 51.58 – 63.22 and the value continued to decrease with increasing levels of BF and MBF. A reduction in crumb softness (2.58 N) and increased in compactness was observed in MBF bread. It can be concluded that breads supplemented with BF and MBF are organoleptically and nutritionally acceptable as compared with the control.

1 PENGENALAN

1.1 Latar Belakang dan Objektif Penyelidikan

Gandum (*Triticum aestivum*) merupakan tanaman bijirin terpenting dunia dari segi pengeluaran dan penggunaannya (Shewry & Tatham, 1994). Malaysia merupakan salah satu pengimport bijirin gandum. Gandum dikisar menjadi tepung dan diproses dengan pelbagai cara. Roti secara meluasnya dimakan di kalangan penduduk Malaysia dan dikeluarkan lebih daripada 1000 bakeri di seluruh Malaysia (Senic, 2002).

Gandum sesuai untuk penghasilan roti dan hanya boleh didapati di sesetengah negara iaitu zon bersuhu sederhana seperti Mexico, India Utara dan Afrika Timur. Bekalan gandum yang diimport kawasan bersuhu sederhana semakin meningkat. Bagi memenuhi permintaan gandum dalam menghasilkan pelbagai produk makanan beberapa langkah haruslah diambil seperti penghasilan tepung komposit bagi menggantikan tepung gandum atau penghasilan produk tanpa gandum.

Tepung komposit merujuk kepada campuran tepung gandum dan tepung lain dalam pengeluaran produk bakeri atau tepung yang diperbuat sepenuhnya tanpa percampuran gandum yang dihasilkan daripada sumber lain (Dendy & Dobraszczyk, 2001). Kajian terawal yang dilakukan terhadap penghasilan roti tepung komposit mula dilakukan ke atas tepung daripada jagung (Bushuk & Halse, 1974) dan ubi kayu (Almazan, 1990; Defloor & Delcour, 1993). Penghasilan roti daripada tepung ubi kayu dengan menggantikan sebahagian daripada tepung gandum telah dikaji dengan banyaknya oleh beberapa

penyelidik (Olatunji & Akinrele, 1984; Defloor *et al.*, 1991; Defloor & Delcour, 1993).

Dari segi faktor ekonomi tepung komposit mempunyai dua fungsi iaitu (i) dengan cara pengurangan penggunaan gandum sama ada penggantian separuh atau keseluruhan tepung gandum dalam penghasilan produk; (ii) mengubah komposisi nutrien produk contohnya peningkatan vitamin dan mineral. Penggantian tepung gandum daripada sumber yang murah, seperti tepung pisang, akan dapat membantu dari segi memperbaiki kualiti pemakanan produk gandum (Sharma *et al.*, 1999).

Roti boleh diperkaya dengan gentian diet termasuk bran gandum, gam dan β -glucan (Sindhu *et al.*, 1999). Menurut Spicer (1975), roti bergentian tinggi mengandungi lebih banyak gentian berbanding roti putih. Beliau melaporkan 6 keping roti bergentian boleh menyediakan lebih daripada 70 % keperluan purata gentian untuk orang dewasa manakala roti putih hanya memenuhi sebanyak 20 % keperluan diet. Ini menunjukkan roti bergentian tinggi mengandungi khasiat yang lebih tinggi berbanding roti putih (Amos & Kent-Jones, 1976).

Pemprosesan pisang awak (*Musa paradisiaca sapientum*) kepada tepung merupakan penggunaan baru bagi pisang sebagai ingredien untuk kegunaan bakeri. Pulpa pisang hijau matang, kaya dengan kanji (14 - 23% atas asas berat segar) dan boleh di anggap sebagai sumber kanji yang baik dalam industri makanan (Eggleston *et al.*, 1992). Suntharalingam dan Ravindran

(1993) melaporkan potensi mengubahsui buah pisang hijau yang rosak ketika penuaian kepada tepung dapat membantu mengatasi masalah pembuangan buah pisang yang rosak semasa penuaian.

Tepung pisang adalah berkanji dan mengandungi rantai amilopektin luar yang panjang, di mana akan membentuk sumber yang baik produk kanji rintang (RS) jenis III. Tepung pisang mengandungi fruktosa yang boleh diklasifikasikan sebagai prebiotik (Da Mota, 2000). Prebiotik juga menghalang penkolonian, pertumbuhan patogen dan memberi kesan sistemik iaitu kesan yang baik kepada kesihatan (Voragen, 1998). Pisang merupakan sumber baik gentian diet dimana pisang hijau mempunyai 3.5 % (asas kering) selulosa dan hemiselulosa. Pisang merupakan sumber baik bagi vitamin C, B₆ dan folat, gentian dan kanji rintang yang dapat mengelakkan sembelit (Simmonds, 1970). Pisang juga telah dilaporkan merupakan sumber antioksidan yang baik (Kanazawa & Sakakibara, 2000).

Objektif kajian ini adalah untuk:

1. Menentukan kaitan di antara faktor yang mempengaruhi kualiti roti tepung pisang seperti peratusan tepung pisang yang ditambah, amaun penggunaan enzim, dan amaun air yang digunakan dan respon yang relevan terhadap kualiti (isipadu lof dan isipadu spesifik) dengan penggunaan Kaedah Permukaan Respon (RSM).
2. Menghasilkan RS jenis III daripada tepung pisang awak hijau dan penggunaan tepung tersebut di dalam produk roti.
3. Mengkaji kesan penambahan tepung pisang awak hijau ke atas sifat organoleptik dan penerimaan keseluruhan dengan penggunaan peratusan tepung pisang (BF) dan tepung pisang terubahsuai (MBF) yang berbeza (10 dan 20%).
4. Mengkaji tahap perbezaan tepung pisang awak hijau ke atas kadar penghadaman kanji secara *in-vitro* dan tahap kanji rintang dalam roti.
5. Menentukan sebatian antioksidan dan aktiviti sebatian antioksidan dalam tepung pisang awak hijau dan roti berasaskan tepung pisang.

2 TINJAUAN LITERATUR

2.1 Pisang

Pengeluaran pisang di serata dunia dalam tahun 2001 adalah 66.5 juta tan. Di negara tropika pisang merupakan faktor ekonomi yang penting. Pisang adalah dari famili *Musaceae*, genus *Musa* (Stover & Simmonds, 1987).

Pisang awak (*Musa paradisiaca sapientum*) mudah tumbuh dan diguna dengan meluasnya untuk penghasilan pisang goreng atau membuat kerepek. Pemprosesan pisang kepada tepung merupakan penggunaan baru bagi pisang sebagai bahan untuk penggunaan produk bakeri.

Pisang adalah buah tidak bermusim dan amat mudah rosak. Pisang mempunyai kepekatan kanji yang tinggi (melebihi 70% berat kering). Pemprosesan pisang kepada tepung dan kanji merupakan sumber ingredien makanan dan boleh diaplikasi untuk industri yang lain seperti bakeri, dan lain-lain (Waliszewski *et al.*, 2003).

Tepung pisang mempunyai jangka hayat yang panjang dan ini dapat mengatasi masalah pembaziran pisang. Tepung pisang adalah berkanji dan mengandungi rantai amilopektin luar yang panjang, di mana dapat membentuk sumber yang baik untuk kanji rintang (RS) produk jenis III (Lehmann *et al.*, 2002).

Ciri-ciri berfungsi kanji komersial, biasanya ditentukan daripada tanaman bijirin yang telah terubahsuai secara kimia untuk memenuhi permintaan industri makanan. Pada masa sekarang fokus diberi kepada kanji 'semulajadi', yang

menunjukkan ciri-ciri yang sama dengan kanji terubahsuai dan dapat diproses tanpa rawatan kimia atau kebanyakannya dirawat secara fizikal atau berenzim.

Pisang secara komersialnya merupakan buah-buahan yang penting dalam perdagangan dunia. Bagi tujuan eksport pisang harus dituai dan diedarkan sebelum masak. Di Malaysia, lebih 250, 000 hektar kawasan pertumbuhan buah-buahan dan sebanyak 40,000 hektar ditanam dengan pisang. Pisang menyumbang kira-kira 9.3 % jumlah pendapatan eksport buah-buahan. Polisi Pertanian Kebangsaan Malaysia mengenalpasti pisang adalah satu daripada 15 jenis tanaman yang diutamakan untuk diperkembangkan (Saadan & Jamaludin, 1996). Simmonds (1970) melaporkan pulpa pisang masak mengandungi karbohidrat, vitamin A, B₁, B₂ dan C dan dapat membekalkan tenaga manakala pisang berwarna hijau dan tidak masak mengandungi kandungan kanji mentah yang tinggi, dan lebih sukar untuk dihadam.

Plantain termasuk dalam famili pisang iaitu berkanji dan kurang kandungan gula. Perbezaan utama di antara pisang dan plantain adalah: (1) peratusan lembapan yang rendah bagi pulpa plantain hijau berbanding dengan pisang hijau. (2) kepekatan gula yang rendah bagi pepejal plantain masak dibandingkan dengan pisang masak. (3) plantain kaya dengan sumber vitamin A berbanding pisang (Simmonds, 1970). Sebagai contoh, peratusan lembapan boleh meningkat dari 60 % dalam buah pisang pra-klimakterik hingga 70 % selepas keranuman dan 70-80 % pada peringkat senesan. Pada peringkat dunia, purata pengambilan pisang dan plantain dunia dalam tahun 1989 adalah kira-kira 13 kg setiap orang setahun. Walau bagaimanapun di Afrika dan

Amerika Latin, pengambilannya adalah 5-10 kali lebih tinggi daripada purata pengambilan peringkat dunia (Macrae *et al.*, 1993).

Pada masa ini pengguna hanya memikirkan gentian diet daripada sumber bran gandum. Gentian diet juga diperoleh daripada sumber yang lain seperti buah-buahan. Penambahan gentian diet dalam julat yang luas dalam produk akan menyumbang kepada perkembangan makanan bernilai tambah atau makanan berfungsi yang mempunyai permintaan yang tinggi pada masa kini. Penambahan sumber gentian dalam produk makanan boleh meningkatkan nilai gentian diet dalam makanan dan membantu perkembangan produk makanan dengan penerimaan pengguna yang tinggi (Guillon & Champ, 2000).

Peranan gentian diet dalam makanan manusia dan perhubungannya dengan penyakit tertentu telah menarik perhatian pengguna dalam beberapa tahun ini. Pelbagai kajian menyatakan hubungan diantara kekurangan pengambilan gentian diet dan peningkatan penyakit tertentu seperti penyakit kardiovaskular, *diverticulosis* dan kanser kolon (Guillon & Champ, 2000).

Pengambilan sumber gentian diet seperti bijirin, sayuran dan buah-buahan tertentu, adalah perlu dalam produk makanan untuk membekalkan jumlah gentian diet yang mencukupi setiap hari. Produk roti adalah sesuai untuk tujuan ini kerana roti merupakan makanan utama bagi manusia, tanpa memberi sebarang risiko apabila diambil secara berlebihan tanpa mengira jantina dan taraf sosial setiap individu (Isserliyska *et al.*, 2001).

2.2 Faedah-faedah Penggunaan Pisang Dalam Produk Bakeri.

Pemprosesan pisang kepada tepung memberikan banyak faedah dari segi kesihatan dan ekonomi. Dari segi kesihatan, penghasilan tepung pisang dapat menyediakan sumber gentian diet yang murah dalam penggunaan produk bakeri, sumber kanji rintang jenis III yang baik dan merupakan sumber antioksidan yang baik seperti *dopamine*, *catechin*, *galocatechin* dan *epigallocatechin* (Kanazawa & Sakakibara, 2000). Dari segi ekonomi pula, tepung pisang yang dihasilkan daripada pisang awak (*Musa paradisiaca sapientum*) adalah murah, mudah didapati kerana tanaman ini tidak bermusim dan pisang awak mudah ditanam serta rintang terhadap penyakit (Simmonds, 1970).

2.2.1 Gentian Diet

Pengambilan gentian makanan bukan hanya penting dari segi amaun tetapi juga dari jenis gentian yang diambil (Cumming, 1978). Contohnya, sebahagian daripada bentuk gentian makanan terdapat di dalam bijirin mengandungi asid faitik yang boleh mengurangkan penyerapan garam mineral yang penting seperti besi dan zink ke dalam badan. Kandungan gentian kasarnya seperti selulosa dan lignin melalui usus besar tanpa mengalami perubahan. Ini dapat membantu dalam pencegahan pelbagai penyakit penghadaman (Chaitow, 1987). Sumber gentian yang didapati pada buah-buahan dan sayur-sayuran terdiri daripada pektin, gam dan musilaj yang mana ia mempunyai fungsi unik dalam memperbaiki pemprosesan dan sifat-sifat makanan sesuatu produk (Chamberlain, 1975). Oleh itu pengambilan diet yang bergentian tinggi mestilah

mengandung pemilihan makanan yang terdiri daripada sayur-sayuran, buah-buahan dan juga bijirin (Chaitow, 1987).

a) Definisi Gentian Makanan

Menurut Hipsley (1953) definisi utama gentian makanan ialah melibatkan selulosa, hemiselulosa dan lignin. Bagi Trowell (1974), gentian makanan terdiri daripada sel-sel tumbuhan yang rintang terhadap hidrolisis enzim penghadaman manusia iaitu yang terdiri daripada selulosa, hemiselulosa, lignin, oligosakarida, pektin, gam dan lilin (wax).

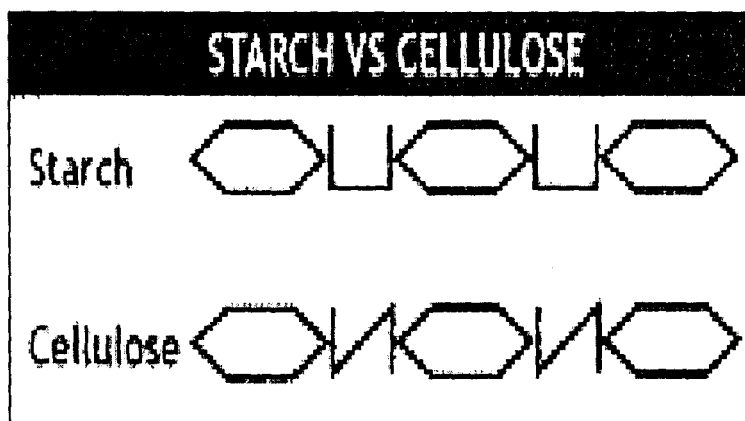
Sumber-sumber utama gentian makanan terdiri daripada gentian buah-buahan dan sayur-sayuran, gentian kekacang, bijirin seperti bran gandum, barli, oat dan sebagainya lagi. Pada asasnya gentian makanan atau gentian diet boleh dibahagikan kepada dua kategori utama iaitu gentian boleh larut dan gentian tidak boleh larut (gentian kasar) (Prosky & Devries, 1992). Gentian boleh larut didapati di dalam bijirin seperti oat, barli, buah-buahan dan sayur-sayuran dan juga kekacang. Manakala gentian yang tidak boleh larut selalu dijumpai dalam produk bijirin seperti bijirin sarapan pagi berasaskan bijirin gandum, roti, nasi, hasilan pasta dan juga buah-buahan dan sayur-sayuran.

Gentian yang tidak boleh larut merupakan bahan tumbuhan yang tidak dapat dihadamkan oleh enzim terpilih dan tidak boleh larut dalam air panas iaitu yang terdiri daripada selulosa, hemiselulosa, lignin dan lilin tumbuhan (Prosky & Devries, 1992). Bagi gentian yang boleh larut iaitu bahan makanan yang tidak dapat dihadamkan oleh enzim terpilih tetapi boleh larut dalam air panas, ialah

terdiri daripada gam-gam bagi sumber tumbuhan, di mana ia mempunyai fungsi yang unik dalam memperbaiki pemprosesan dan sifat-sifat makanan sesuatu produk. Contohnya gam arabik, pektin, alginat, dan *xanthan gam*.

b) Struktur Kimia

Kompleks karbohidrat boleh dibahagikan kepada kanji dan gentian diet, kesemuanya berdasarkan struktur unit umum (biasanya glukosa). Ciri-ciri spesifik setiap kelas ditentukan oleh kuantiti unit terlibat dan cara di mana mereka dihubungkan. Contohnya, kanji dan selulosa mempunyai rantai polimer yang panjang yang dihasilkan dari unit-unit glukosa, perbezaan di antara kedua-duanya adalah struktur kimia yang menghubungkan di antara setiap unit glukosa (**Rajah 2.1**).



Rajah 2.1 : Struktur kanji dan selulosa (Bauver & Maskell, 1994)

Mamalia boleh menghadam kanji kerana mereka boleh menghasilkan enzim yang sesuai (amylase) untuk menghidrolisis ikatan α -1,4. Namun begitu mamalia tidak dapat menghasilkan enzim 'cellulases' untuk memecahkan

ikatan β -1,4 selulosa. Oleh itu, selulosa yang secara umumnya terdapat dalam kebanyakan tumbuhan tidak dapat dihadam dalam usus kecil mamalia.

c) Kesan Gentian Secara Mekanikal di Dalam Tubuh Manusia

Pengambilan gentian yang mencukupi dapat mengurangkan masa pemindahan makanan melalui trek penghadaman. Masa pemindahan pantas bermaksud kurang masa persentuhan untuk toksin mengurangkan risiko masalah kolon (British Nutrition Foundation, 1990; Fahey *et al.*, 1990). Pada masa yang sama gentian larut dapat menanggukkan kekosongan perut (Jenkins *et al.*, 1979). Ini dapat menangguk dan mengeluarkan gula, yang mengakibatkan proses pengeluaran insulin lebih normal termasuklah pengawalan yang baik gula dalam darah. Gentian juga dapat mengikat kolesterol dan membantu penghadaman dan dapat mengelakkan penyerapan semula dan kitaran semula. Jika kurang kolesterol diserap, tahap kolesterol dalam darah berkurangan.

Gentian juga dapat mengikat dan mengurangkan penyerapan lemak makanan, di mana dapat membantu dalam mengawal berat badan. Pengurangan penyerapan lemak juga bermaksud pengurangan penyerapan toksin larut lemak dan keadaan ini mungkin dapat menerangkan pengurangan kanser payudara dan prostat (British Nutrition Foundation, 1990). Gentian dapat mengeluarkan hormon *cholecystokinin* di mana dapat membantu kepekaan otot. Makanan yang kaya dengan gentian mengandungi sedikit kalori.

Diet yang tinggi dalam gentian akan mempromosikan pengeluaran asid lemak rantai pendek di mana ia mengakibatkan kolon berasid dan pertumbuhan populasi sihat bakteria . Dengan itu dapat menyahtoksik terhadap parasit dan fungi yang merbahaya. Selain gentian dapat memberi kesan terhadap berat badan, kolesterol dan metabolisma glukosa, pengambilan gentian yang tinggi dapat membantu mengurangkan risiko penyakit kardiovaskular.

Makanan yang telah dimakan akan bercampur dan dihancurkan semasa dalam mulut. Makanan ini kemudiannya akan melalui esofagus untuk sampai ke perut. Di sini ia akan bercampur dengan jus penghadaman sebelum direnyuk oleh otot-otot dalam dinding perut di dalam usus kecil. Makanan tadi dicampur dengan jus penghadaman yang akan memecah kepada bahan kimia ringkas yang boleh diserap ke dalam kapilari darah yang membawa nutrien dan tenaga kepada hepar. Di hati ia akan disediakan untuk pelbagai kegunaan dalam badan.

Sesetengah makanan yang tidak diserap dalam usus kecil akan difermentasi oleh bakteria dalam usus besar. Gentian dalam makanan tidak mempunyai nilai kalori. Makanan yang rendah gentian meninggalkan perut lebih cepat untuk masuk ke dalam usus (Burkitt, 1984). Gentian dapat mengikat dan mengurangkan penyerapan lemak makanan di mana dapat membantu dalam mengawal berat badan, mengurangkan penyerapan toksin larut lemak dan mengurangkan kanser payudara dan prostat (British Nutrition Foundation, 1990).

d) Kepentingan Gention Makanan ke Atas Kesihatan

Secara umumnya gention tidak dihadam atau diserap akan rintang penghadaman oleh enzim usus. Gention diet mempunyai bahagian gention larut dan tidak larut. Dianggarkan 65-75% gention diet dalam diet kita adalah tidak larut. Gention larut didapati dalam makanan seperti kacang, jagung, oat, barli, pea, lentil, pisang dan lain-lain.

Gention tidak larut mungkin didapati dalam bran (kulit luar yang menutupi jagung, oat, beras dan gandum), bijirin penuh (jagung, barli, beras, gandum dan oat), bijirin, kulit buah-buahan dan sayur-sayuran yang boleh dimakan dan beras perang. Kebanyakan penyakit akibat daripada kekurangan gention melibatkan trek penghadaman seperti kanser kolon (Charalambous & Inglett, 1981). Selain itu gention merupakan satu-satunya dalam diet harian yang tiada kalori. Jika diet tinggi dalam kandungan gention, ia akan mengurangkan tenaga yang diserap 1-2%. Ini menunjukkan makanan yang kaya gention membantu seseorang mengurangkan berat badan (Walker & Cannon, 1984). Pomeranz *et al.* (1977) pula menyatakan beberapa penyakit "orang mewah" seperti penyakit jantung koronari, kencing manis dan penyakit kolon di negara-negara barat adalah disebabkan oleh kekurangan gention dalam diet mereka. Gention boleh merawat penyakit buasir tetapi ia juga memberi kesan ke atas metabolisma lipid dan karbohidrat yang penting dalam pencegahan penyakit *atherosclerosis*, kencing manis dan kanser kolon (Frolich & Asp, 1981). Behall dan Howe (1995) membuktikan pektin dapat mengurangkan paras kolestrol LDL (Low Density Lipoprotein) dalam darah tanpa mempengaruhi kolestrol HDL (High Density Lipoprotein). Kajian dengan

pesakit kencing manis pula menunjukkan polisakarida larut yang berviskositi tinggi berkesan untuk mengelakkan *post-prandial glycaemia* (Macrae *et al.*, 1993).

Pengambilan gentian diet daripada pelbagai jenis makanan dapat mengelakkan kanser kolon dan juga mengimbangkan lipid darah serta mengurangkan risiko penyakit kardiovaskular. Sesetengah jenis gentian boleh melambatkan penyerapan glukosa dan mengurangkan proses pengeluaran insulin di mana sangat penting untuk penghidap diabetes dan juga yang tidak menghidapi penyakit ini. Gentian dapat mengelakkan sembelit dan penyakit *diverticular* (Leeds & Avenell, 1985; Muir *et al.*, 1993).

Kandungan kanji bagi tepung pisang adalah tinggi iaitu 78 % (**Jadual 2.1**). Kandungan kanji dan gula bagi pulpa pisang masak adalah 4.0 % dan 14.1 %. Komposisi kanji dan gula bergantung kepada tahap kematangan dan variasi buah tersebut. Daripada **Jadual 2.2**, kandungan hemiselulosa dalam tepung pisang adalah 6.08 % dan ini didapati lebih tinggi daripada kebanyakan buah-buahan dan sayur-sayuran (VanSoest & Robertson, 1977). Dari segi kepentingan nutrisi, hemiselulosa dapat diuraikan kepada selulosa dengan lebih banyak oleh mikroflora usus (Southgate & Durnin, 1970). Ini dapat meningkatkan pengeluaran asid lemak meruap yang dapat memberi kesan ke atas najis pukal dan masa pemindahan (Cumming, 1978).

Jadual 2.1: Komposisi pulpa dan tepung pisang (Kayisu *et al.*, 1981)

	Lembapan (%)	Protein (%)	Abu (%)	Kanji (%)	Gula			Total ^d (%)
					Glukosa (%)	Fruktosa (%)	Sukrosa (%)	
Tepung pisang masak	7.0 ± 0.1	4.0±0.0	3.1± 0.1	16.1±0.5	10.0±0.2	8.1±0.0	38.3±0.6	56.4±0.08 (55.0)
Tepung pisang hijau	4.5 ± 0.1	3.8±0.0	3.4±0.0	78.0±0.4	0.7±0.0	0.2±0.0	2.1±0.1	3.1±0.1 (2.7)
Pulpa pisang masak	75.0±0.5	1.0	0.8	4.0	2.5	2.0	9.6	14.1 (13.8)
Pulpa pisang hijau	73.5±0.1	1.0	0.9	20.7	0.2	0.05	0.6	0.8 (0.7)

^p
purata ± SD, n ≥2

Jadual 2.2: Komposisi gentian pulpa dan tepung pisang (Kayisu *et al.*, 1981).

Sampel	NDF ^d (%)	ADF ^e	Lignin	Selulosa	Hemiselulosa
Tepung pisang masak	5.07±0.03 (0.55±0.00)	1.23±0.04 (1.87±0.02)	0.12±0.02	1.10±0.03	3.84
Tepung pisang hijau	7.73±0.40 (1.00±0.00)	1.65±0.10 (2.92±0.03)	0.14±0.02	1.42±0.10	6.08
Pulpa pisang masak	1.27	0.31	0.03	0.28	0.96
Pulpa pisang hijau	2.05	0.44	0.04	0.38	1.61

^a Purata ± SD, n = 3

^b nilai untuk tepung berdasarkan asas berat kering

^c nilai untuk pulpa dikira daripada keputusan ditentukan ke atas tepung

^d nilai dalam () mewakili sisa protein (N x 6.25) dalam NDF, berdasarkan peratus berat kering tepung

^e nilai dalam () mewakili ADF ditentukan apabila rawatan dengan larutan detergen neutral diabaikan

^f nilai adalah perbezaan di antara NDF dan ADF

NDF – *Neutral Detergen Fiber*

ADF – *Acid Detergen Fiber*

Nilai Rujukan Harian (DRV) bagi gentian diet telah ditetapkan pada 25 g per 2000 kcal untuk memberikan kesihatan optimum (Vahouny & Kritchevsky, 1986). Gentian diet larut (SDF) dan gentian diet tidak larut (IDF) merupakan dua kategori asas gentian diet. IDF merupakan selulosa, hemiselulosa dan lignin iaitu tidak larut dalam air. Makanan yang mengandungi gentian tidak larut adalah bran gandum, produk bijirin penuh, dan sayuran. IDF bertanggungjawab untuk meningkatkan najis pukal dan membantu mengawal pergerakan usus (Thebaudin *et al.*, 1997).

Gentian larut terdiri daripada gam, pektin dan musilaj yang menjadi bergam apabila di dalam air. Apabila dimakan, sumber gentian ini sebenarnya melambatkan pergerakan makanan melalui sistem penghadaman. Sesetengah penyelidik percaya tindakan ini dapat membantu mengawal paras kolesterol dan glukosa dalam darah dengan mempengaruhi kadar penyerapan. Sumber makanan bagi gentian larut adalah kacang kering, oat, barli dan sesetengah buah-buahan dan sayuran (Nelson, 2001).

2.2.2 Kanji Rintang

a) Definasi

Telah diketahui bahawa sebahagian daripada kanji yang dimakan tidak boleh dihadam dalam usus kecil manusia yang sihat. Bahagian kanji yang tidak boleh dihadam ini dikenali sebagai kanji rintang (RS) (Englyst *et al.*, 1982). Kanji rintang didefinisikan sebagai pecahan kanji yang tidak dihadam dalam usus kecil dan mungkin dihadam dalam usus besar (Englyst *et al.*, 1992). Kanji rintang merupakan komponen gentian diet tumbuhan yang boleh dimakan atau *anologous* karbohidrat yang rintang semasa proses penghadaman dan penyerapan di dalam usus kecil serta mengalami separa fermentasi atau fermentasi lengkap di bahagian dalam usus besar (AACC, 2001).

Birkett *et al.* (1996) melaporkan kepentingan fisiologi RS telah diselidiki dengan merujuk kepada indeks glisemik, keupayaan mengurangkan kolesterol dan kanser kolon. Kesan yang paling penting adalah berdasarkan kepada kadar fermentasi

yang tinggi bagi RS III teretrogradasi kepada asid lemak rantai pendek (SCFA) dengan bahagian tinggi butirat akibat tindakan mikroflora usus, contohnya *Eubacteria* (Sharp & Macfarlane, 2000). Butirat dapat mempengaruhi proses metabolik yang berbeza. Sebagai substrat untuk *colonocytes*, butirat menentukan kadar pengeluaran ATP, dan sebagai penunjuk metabolik, ia mengaktifkan *proliferation* dan pembezaan (Velázquez *et al.*, 1996).

RS terdapat dalam empat bentuk seperti berikut:

1. RS jenis I didefinisikan sebagai kanji yang tidak dapat ditembusi secara fizikal dan merupakan kanji semulajadi dalam tumbuhan yang wujud dalam makanan yang tidak rosak. Contohnya bijirin dan kacang.
2. RS jenis II adalah kanji-kanji dengan struktur berhablur jenis B yang hadir dalam makanan yang tidak dipanaskan. Contohnya kentang, pisang mentah, jagung beramilosa tinggi, beras dan ubi.
3. RS jenis III adalah kanji teretrogradasi, yang meningkat selepas rawatan hidrotermal dilakukan ke atas kanji.
4. RS jenis IV adalah kanji terubahsuai secara kimia dan kanji terubahsuai secara terma hasil daripada tindakan haba kering (Englyst *et al.*, 1992).

Kandungan kanji rintang dalam makanan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kandungan air, pH, suhu pemanasan dan masa, jumlah kitaran pemanasan dan penyejukan, sejukbeku, pengeringan *retorting* dan pembakaran oven (Yue & Wang, 1998). Sumber tumbuhan yang tinggi amilosa seperti bijirin dan kacang juga adalah sumber utama RS (Voragen, 1998). **Jadual 2.3** menunjukkan

kandungan kanji rintang mengikut jenis-jenis makanan. Sesetengah makanan boleh dimasukkan dalam kumpulan yang berbeza bergantung kepada variasi tumbuhan, bahan dan pemprosesan (pasta, bijirin sarapan pagi).

Jadual 2.3: Kandungan (%) kanji rintang dan jenis-jenis makanan (Goni *et al.*, 1996).

Peratusan RS (%)	Jenis makanan
< 1% (boleh diabaikan)	Kentang rebus (panas), nasi (panas), pasta, bijirin (kandungan bran tinggi), tepung gandum
1 – 2.5 % (rendah)	Bijirin sarapan, biskut, roti, pasta, kentang rebus (sejuk), nasi (sejuk)
2.5 – 5.0 % (sederhana)	Bijirin sarapan (emping jagung, beras rangup), kentang goreng, kacang terekstrud
5.0 – 15 % (tinggi)	Kecacang dimasak (kacang kuda, lentil), kacang pis, beras, kanji diautoklaf dan sejuk (gandum, kentang, jagung), makanan berkanji dimasak dan sejukbeku
> 15 % (sangat tinggi)	Kentang mentah, kacang mentah, pisang muda, amilosa terretrogradasi

b) Pembentukan Kanji Rintang

Kanji didapati dalam kebanyakan tisu tumbuhan sebagai granul. Granul kanji biasanya bergaris pusat diantara 1 hingga 100 μm , bergantung kepada sumber tumbuhan. Kanji mengandungi dua jenis molekul iaitu amilosa merupakan poliglukan berantai lurus dan amilopektin adalah glukan bercabang (Zobel, 1988). Di dalam granul, kanji dibungkus rapat dalam bentuk radial, dan secara relatifnya dehidrat. Struktur molekul yang padat menghadkan penembusan enzim penghadaman, dimana amilase adalah rintang secara semulajadi terhadap granul

kanji mentah, RS II. Dalam makanan, kanji mentah diambil dalam makanan seperti pisang.

Granul kanji dipecahkan dengan pemanasan dengan air berlebihan dalam proses yang secara umumnya dikenali sebagai pengelatinan. Proses ini membolehkan molekul ditembusi oleh enzim penghadaman. Seseengah operasi memasak dalam penyediaan makanan berkanji boleh menyebabkan penghadaman berlaku secara cepat. Secara tipikal, kanji terhidrat pada suhu di antara 40° C hingga 120° C, bergantung kepada sumber kanji dan kandungan amilosa. Semasa penyejukan, kanji akan melalui penyatuan semula dengan perlahan melalui proses retrogradasi.

Semasa retrogradasi (Colonna *et al.*, 1992; Morris, 1990), molekul kanji disatukan semula, dan boleh membentuk struktur bungkusan padat distabilkan oleh ikatan hidrogen. Proses penyatuan diteruskan dengan penghidratan. Struktur ini secara termal sangat stabil, dan hanya boleh dihidratkan semula pada suhu 80° C - 150° C, bergantung kepada keadaan semulajadi retrogradasi (Jane & Robyt, 1984). Ia terdapat dalam makanan seperti produk bijirin dan roti dan boleh dikeluarkan sebagai bahan makanan.

c) Kesan Fisiologi

Kajian fisiologi menunjukkan RS mempunyai sifat fisiologi seperti gentian. RS menunjukkan tahap penghadaman yang lambat, dan boleh digunakan sebagai pembawa untuk pembebasan lambat glukosa. Kajian yang dilakukan ke atas tikus (Gordon *et al.*, 1997) menunjukkan RS tidak dihadam dalam usus kecil dan perlahan-lahan difermentasi dalam usus besar. Sifat umum RS secara fisiologi adalah sama seperti gentian larut. RS juga dapat meningkatkan najis pukal dan mengurangkan pH kolon. RS mempunyai kesan positif ke atas kesihatan kolon dengan meningkatkan kadar pengeluaran sel *crypt* atau mengurangkan *epithelial atrophy* kolon jika dibandingkan dengan diet tanpa gentian. Keadaan ini menunjukkan kanji rintang mempengaruhi *tumorigenesis*, mengurangkan kolesterol serum dan trigliserida (Guillon & Champ, 2000).

Dalam usus kecil, RS mungkin diserap perlahan-lahan, tetapi yang lebih penting adalah pengurangan penyerapan kanji. Akibatnya, mengurangkan *postprandial* glukosa dan tindakbalas insulin. Kesan signifikan penggunaan RS dalam formulasi makanan amat berguna bagi penghidap diabetes. Dalam kolon, RS meningkatkan najis pukal, merendahkan pH kolon dan bahagian yang difermentasi oleh mikroflora usus mengeluarkan julat yang besar asid lemak rantai pendek (SCFA) yang penting iaitu asitat, propionat dan butirat (Kritchevsky, 1995; Muir *et al.*, 1994; Silvester *et al.*, 1995).

Asid lemak rantai pendek memberikan kesan positif ke atas kesihatan usus, termasuk penyerapan kalsium dan magnesium, mengimbangkan spesies bakteria, dan metabolisme bakteria garam hempedu. Samada melalui tindakbalas garam hempedu atau melalui kesan pencairan. RS boleh menyediakan darjah perlindungan terhadap kanser usus. Disebabkan RS masih tidak dihadam sehingga ia separuh difermentasi dalam kolon, metabolisme RS terjadi 5 – 7 jam selepas pengambilannya (Muir *et al.*, 1995), tetapi secara normal makanan berkanji dihadam dengan segera. RS juga dicadangkan untuk digunakan sebagai komposisi probiotik untuk pertumbuhan mikroorganisma berfaedah seperti *bifidobacterium* (Brown *et al.*, 1996). Disebabkan hampir keseluruhan RS dapat melalui usus kecil, ia boleh bertindak sebagai substrat untuk pertumbuhan mikroorganisma probiotik.

d) Faktor-faktor yang menyebabkan kanji tidak dapat dihadam

Struktur fizikal bijirin yang melindungi kanji daripada penghadaman contohnya pengisaran sebahagian bijirin. Semakin besar saiz partikel, semakin tinggi amaun kanji rintang. Komposisi kimia semulajadi dalam makanan mempengaruhi jumlah kanji rintang. Semakin tinggi kandungan amilosa semakin rintang untuk penghadaman kanji. Kentang mentah, pisang hijau, kekacang dan kanji jagung mempunyai kandungan amilosa yang tinggi (Goni *et al.*, 1996).

Apabila kanji dipanaskan, granul kanji membengkak dan dipecahkan. Proses ini dikenali sebagai pengelatinan. Ini menjadikan kanji lebih mudah ditembusi enzim

penghadaman. Kanji dengan kandungan amilosa yang tinggi adalah sukar ditembusi oleh enzim dan kurang mengalami pengelatinan dan seterusnya menyebabkannya rintang untuk dihadam (Åkerberg *et al.*, 1998).

Apabila kanji dipanaskan dan kemudian disejukkan, proses retrogradasi yang wujud akan mengubah kanji kepada bentuk hablur yang sukar dihadam. Makanan seperti roti, emping jagung, kentang masak, beras dan pasta mengandungi kanji teretrogradasi yang rintang penghadaman.

Sesetengah kanji rintang diukur apabila gentian diet total diukur. Namun, tiada kaedah analitikal yang rasmi untuk mengukur kanji rintang dalam makanan. Daripada kajian yang dilakukan oleh penyelidik, pengambilan kanji rintang di Australia kira-kira 5 – 7 gram / orang / hari. Hampir 20 g sehari dicadangkan untuk menentukan faedah kesihatan kanji rintang (Guillon & Champ, 2000).

2.2.3 Antioksidan

Antioksidan dalam makanan didefinisikan sebagai sebarang bahan yang boleh menangguhkan, merencat atau mengelak perkembangan ketengikan makanan atau penguraian perisa disebabkan oleh pengoksidaan. Antioksidan boleh menghalang atau merencatkan pengoksidaan dalam dua cara iaitu 1) penyingkiran radikal bebas, dikenali sebagai antioksidan primer (2) mekanisma melibatkan penyingkiran lansung radikal bebas, dikenali sebagai antioksidan

sekunder. Antioksidan primer termasuk sebatian phenolik seperti vitamin E (α -tokoferol). Komponen ini diguna semasa masa induksi (Saha *et al.*, 2004).

Antioksidan sekunder bertindak dengan pelbagai mekanisma termasuk mengikat ion logam, penyingkiran oksigen, menukar hidroperoksida kepada jenis bukan radikal, penyerapan radiasi UV atau menyahaktifkan *singlet* oksigen. Biasanya, antioksidan sekunder hanya menunjukkan aktiviti antioksidan bila komponen minor kedua hadir. Keadaan ini boleh dilihat apabila *sequestering agent* seperti asid sitrik di mana hanya efektif dalam kehadiran ion logam dan agen penurun seperti asid askorbik di mana efektif dalam kehadiran tokoferol atau antioksidan primer (Pokorny *et al.*, 2001).

Sesetengah antioksidan sintetik yang sering digunakan dalam produk makanan seperti biskut adalah sebatian fenolik seperti *butylated hydroxyanisole* (BHA), *butylated hydroxytoluene* (BHT), *propyl gallate* (PG), *tertiary butyl hydroquinone* (TBHQ). Antioksidan semulajadi terdapat dalam kebanyakan tumbuhan, mikroorganisma, fungi dan tisu haiwan. Kebanyakan antioksidan semulajadi adalah sebatian fenolik, tokoferol, flavonoid, asid fenolik dan gossypol (**Rajah 2.2**).