

**KESAN PENGGANTIAN SEPARA TEPUNG
GANDUM DENGAN TEPUNG SUKUN
(*Artocarpus communis*) KE ATAS SIFAT
FIZIKOKIMIA ROTI**

NURAZLINA BINTI AZIMI

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2011

**KESAN PENGGANTIAN SEPARA TEPUNG GANDUM DENGAN
TEPUNG SUKUN (*Artocarpus communis*) KE ATAS SIFAT
FIZIKOKIMIA ROTI**

OLEH

NURAZLINA BINTI AZIMI

Tesis yang diserahkan untuk memenuhi
keperluan bagi Ijazah Sarjana Sains

Februari 2011

PENGHARGAAN

Saya ingin mengambil peluang ini untuk mengucapkan terima kasih kepada setiap orang yang telah membantu saya dalam menyiapkan projek ini. Terima kasih saya tujukan khusus buat penyelia utama saya iaitu Prof. Madya Dr. Noor Aziah Abdul Aziz melalui tunjuk ajar dan nasihat yang telah diberikan. Saya ingin juga mengucapkan penghargaan saya kepada pensyarah-pensyarah di USM kerana nasihat dan pertolongan yang diberikan.

Ucapan penghargaan turut ditujukan kepada semua staf Teknologi Makanan yang telah membantu. En. Zamhari, En. Azmaizan, Mr. Joseph, En. Zakaria, Pn. Najmah, Pn. Maizura dan ahli-ahli staf yang lain. Terima kasih kepada Universiti Sains Malaysia di atas bantuan kewangan melalui pembantu pengajar (GA). Tidak lupa juga persahabatan rakan-rakan seperjuangan yang telah memberi sokongan dan bantuan.

Paling teristimewa buat suami tersayang Zuhaimi, puteri Nurul Qistina Safiah, putera Irfan Hasif yang sentiasa berada di sisi, ibu bapa Azimi, Zaliha, adik-beradik Aziyan, Azri dan Azwan yang mencurahkan kasih sayang tanpa berbelah bagi, sokongan dan dorongan yang padu. Kesabaran, masa dan usaha yang telah dicurahkan serta galakan telah membantu saya dalam persediaan dan melengkapkan tesis ini. Sesungguhnya tanpa anda di sisi saya, agak sukar untuk melengkapkan projek penyelidikan ini.

Akhir kata TERIMA KASIH SEGALANYA....

ISI KANDUNGAN

| | |
|-------------------------------------|------|
| PENGHARGAAN | ii |
| ISI KANDUNGAN | iii |
| SENARAI JADUAL | ix |
| SENARAI RAJAH | xi |
| ABSTRAK | xiii |
| ABSTRACT | xv |
| | |
| BAB SATU : PENGENALAN | 1 |
| | |
| BAB DUA : TINJAUAN LITERATUR | |
| | |
| 2.1 SUKUN | 6 |
| 2.1.1 Kegunaan Sukun | 10 |
| 2.2 NILAI NUTRISI | 13 |
| 2.2.1 Karbohidrat | 15 |
| 2.2.2 Oligosakarida | 17 |
| 2.2.3 Protein | 20 |
| 2.2.4 Lemak dan Minyak | 22 |
| 2.2.5 Vitamin | 22 |
| 2.2.6 Mineral | 24 |

| | |
|--|----|
| 2.3 GENTIAN DIETARI | 25 |
| 2.3.1 Kesan Penambahan Gentian Dietari Dalam Roti | 28 |
| 2.4 KANJI RINTANG | 31 |
| 2.5 PASARAN ROTI | 34 |
| 2.6 ROTI | 36 |
| 2.6.1 Tepung Gandum | 37 |
| 2.6.2 Tepung Komposit | 39 |
| 2.6.3 Yis | 40 |
| 2.6.4 Air | 42 |
| 2.6.5 Garam | 43 |
| 2.6.6 Gula | 44 |
| 2.6.7 Susu | 46 |
| 2.6.8 Lemak dan Minyak | 47 |
| 2.6.9 Improver | 48 |
| 2.7 PROSES PEMBUATAN ROTI | 49 |
| 2.7.1 Kaedah Span dan Doh | 50 |
| 2.7.2 Pencampuran | 50 |
| 2.7.3 Fermentasi | 51 |
| 2.7.4 Pembahagian dan Pembentukan | 52 |
| 2.7.5 Fasa Rehat (Proofing) | 53 |
| 2.7.6 Pembekuan | 53 |
| 2.7.7 Penyejukan | 54 |
| 2.8 PENGHAPAKAN ROTI | 55 |

| | |
|--|-----------|
| 2.9 KEROSAKAN OLEH MIKROORGANISMA | 57 |
| 2.10 KUALITI ROTI | |
| 2.10.1 Ciri-ciri luaran | 58 |
| 2.10.2 Tekstur/Kualiti Memakan | 61 |
| 2.11 SIFAT-SIFAT FIZIKAL TEPUNG | |
| 2.11.1 Nilai pH dan Ketumpatan Pukal | 62 |
| 2.11.2 Kapasiti Penyerapan Air dan Minyak | 63 |
| 2.12 KESAN PENGUBAHSUAIAN TEPUNG TERHADAP TEPUNG DAN PRODUK | 65 |
| 2.13 PENGGUNAAN SUKUN DALAM MAKANAN | 67 |

BAB TIGA : BAHAN DAN KAEDAH

| | |
|--|-----------|
| 3.1 PENYEDIAAN TEPUNG SUKUN | 70 |
| 3.2 INGREDIEN ROTI | 73 |
| 3.3 PROSES PEMBUATAN ROTI | 73 |
| 3.4 FORMULASI ROTI | 74 |
| 3.5 ANALISIS SIFAT FIZIKAL TEPUNG | |
| 3.5.1 Penentuan Hasil Tepung | 75 |
| 3.5.2 Penentuan Nilai pH | 75 |
| 3.5.3 Penentuan Ketumpatan Secara Pukal | 75 |
| 3.5.4 Penentuan Kapasiti Penyerapan Air dan Minyak | 76 |
| 3.6 ANALISIS PROKSIMAT | |
| 3.6.1 Penentuan Lembapan | 76 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.6.2 | Penentuan Lemak | 77 |
| 3.6.3 | Penentuan Protein | 78 |
| 3.6.4 | Penentuan Gentian Kasar | 79 |
| 3.6.5 | Penentuan Abu | 80 |
| 3.6.6 | Penentuan Karbohidrat | 80 |
| 3.6.7 | Penentuan Nilai Kalori | 81 |
| 3.7 | PENENTUAN GENTIAN DIETARI TAK LARUT (IDF), LARUT (SDF) DAN TOTAL (TDF) | 81 |
| 3.8 | PENENTUAN KANJI TOTAL | 83 |
| 3.9 | PENENTUAN KANJI RINTANG | 84 |
| 3.10 | PENENTUAN AMILOSA | |
| 3.10.1 | Pemelarutan Amilosa | 85 |
| 3.11 | PENENTUAN KANDUNGAN MINERAL | 86 |
| 3.12 | PENENTUAN KANDUNGAN GULA | |
| 3.12.1 | Pengekstrakan Gula | 87 |
| 3.12.2 | Penentuan Gula Menggunakan Kromatografi Cecair Prestasi Tinggi (HPLC) | 88 |
| 3.13 | ANALISIS SIFAT FIZIKAL ROTI | |
| 3.13.1 | Pengukuran Berat Roti | 88 |
| 3.13.2 | Pengukuran Isipadu dan Isipadu Spesifik Roti | 89 |
| 3.13.3 | Pengukuran Tinggi Roti | 89 |
| 3.13.4 | Analisis Profil Tekstur | 89 |
| 3.13.5 | Analisis Warna | 91 |
| 3.14 | MIKROSKOP ELEKTRON PENSKANAN (SEM) | 92 |

| | | |
|---|---|-----|
| 3.15 | PENILAIAN DERIA | 93 |
| 3.16 | ANALISIS PENENTUAN MIKROBIOLOGI | 93 |
| 3.17 | ANALISIS STATISTIK | 95 |
| BAB EMPAT : KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN | | |
| 4.1 | SIFAT FIZIKAL TEPUNG SUKUN | 96 |
| 4.2 | KOMPOSISI PROKSIMAT | 100 |
| 4.3 | KANDUNGAN IDF, SDF DAN TDF | 105 |
| 4.4 | KANDUNGAN TS, DS, RS DAN AMILOSA | 109 |
| 4.5 | KANDUNGAN MINERAL | 115 |
| 4.6 | KANDUNGAN GULA | 121 |
| 4.7 | KUALITI ROTI | |
| 4.7.1 | Sifat Fizikal Roti | 126 |
| 4.7.2 | Analisis Profil Tekstur | 129 |
| 4.7.3 | Analisis Warna | 133 |
| 4.8 | MIKROGRAF ELEKTRON PENSKANAN (SEM) | 141 |
| 4.9 | PENILAIAN DERIA ROTI | 154 |
| 4.10 | ANALISIS MIKROBIOLOGI | 157 |
| BAB LIMA : KESIMPULAN | | 161 |
| BAB ENAM : CADANGAN LANJUTAN | | 164 |

| | |
|----------------|-----|
| RUJUKAN | 165 |
|----------------|-----|

LAMPIRAN

| | |
|--|-----|
| Appendiks A: Borang Penilaian Deria | 191 |
| Appendiks B: Rajah Pemprosesan Tepung Daripada Sukun | 195 |
| Appendiks C: Rajah Roti Daripada Tepung Sukun | 196 |

SENARAI JADUAL

| | Muka surat | |
|------|---|-----|
| 2.1 | Keluasan tanaman buah sukun di Semenanjung Malaysia | 8 |
| 2.2 | Manfaat kegunaan sukun | 11 |
| 2.3 | Komposisi proksimat buah sukun | 14 |
| 2.4 | Kandungan asid amino buah sukun dan biji sukun | 21 |
| 2.5 | Komposisi vitamin dalam buah sukun | 23 |
| 2.6 | Kandungan mineral buah sukun | 25 |
| 2.7 | Jenis-jenis kanji mengikut pengelasan makanan | 33 |
| 3.1 | Formulasi roti daripada tepung sukun | 74 |
| 4.1 | Hasilan tepung daripada sukun | 96 |
| 4.2 | Komposisi proksimat sukun segar dan tepung sukun | 101 |
| 4.3 | Komposisi proksimat roti tepung gandum yang digantikan separa dengan tepung sukun pada paras 10%, 15% dan 20% | 103 |
| 4.4 | Kandungan mineral sukun segar dan tepung sukun | 116 |
| 4.5 | Kandungan mineral roti tepung gandum yang digantikan separa dengan tepung sukun pada paras 10%, 15% dan 20% | 119 |
| 4.6 | Kandungan gula sukun segar dan tepung sukun | 122 |
| 4.7 | Kandungan gula roti tepung gandum yang digantikan separa dengan tepung sukun pada paras 10%, 15% dan 20% | 125 |
| 4.8 | Kesan penggantian separa tepung gandum dengan tepung sukun ke atas sifat fizikal roti | 127 |
| 4.9 | Kesan penggantian separa tepung gandum dengan tepung sukun ke atas sifat tekstur roti | 131 |
| 4.10 | Parameter warna sukun segar dan tepung sukun | 134 |

| | | |
|------|---|-----|
| 4.11 | Kesan penggantian separa tepung gandum dengan tepung sukun ke atas warna krus roti | 137 |
| 4.12 | Kesan penggantian separa tepung gandum dengan tepung sukun ke atas warna krum roti | 139 |
| 4.13 | Keputusan penilaian deria roti tepung gandum yang digantikan separa dengan tepung sukun pada paras 10%, 15% dan 20% | 155 |

SENARAI RAJAH

| | Muka surat |
|--|------------|
| 2.1 Rupa bentuk luar dan potongan panjang buah sukun | 10 |
| 2.2 Mekanisme hidrolisis oligosakarida | 19 |
| 2.3 Struktur tiga jenis oligosakarida | 19 |
| 2.4 Eksport dan import produk bakeri di Malaysia pada tahun 2005 dan 2006 | 36 |
| 2.5 Tindakbalas fermentasi yis | 41 |
| 2.6 Tiga dimensi warna | 59 |
| 3.1 Buah sukun digunakan untuk menghasilkan sebuku roti | 71 |
| 3.2 Pemprosesan tepung sukun | 72 |
| 3.3 Kurva tipikal teksturometer | 91 |
| 4.1 Sifat berfungsi tepung sukun | 98 |
| 4.2 Kandungan IDF, SDF dan TDF sukun segar dan tepung sukun | 106 |
| 4.3 Kandungan IDF, SDF dan TDF roti tepung gandum yang digantikan separa dengan tepung sukun pada paras 10%, 15% dan 20% | 108 |
| 4.4 Kandungan TS, DS, RS dan amilosa sukun segar dan tepung sukun | 110 |
| 4.5 Kandungan TS, DS, RS dan amilosa roti tepung gandum yang digantikan separa dengan tepung sukun pada paras 10%, 15% dan 20% | 113 |
| 4.6 A) Mikrograf elektron penskanan sukun segar (mentah) | 142 |
| B) Mikrograf elektron penskanan tepung sukun A | 143 |
| C) Mikrograf elektron penskanan tepung sukun B | 143 |
| 4.7 D, E) Mikrograf elektron penskanan roti kawalan | 145 |

| | | |
|------|--|-----|
| 4.8 | F, G) Mikrograf elektron penskanan roti 10% TSA | 148 |
| 4.9 | H, I) Mikrograf elektron penskanan roti 15% TSA | 149 |
| 4.10 | J, K) Mikrograf elektron penskanan roti 20% TSA | 150 |
| 4.11 | L, M) Mikrograf elektron penskanan roti 10% TSB | 151 |
| 4.12 | N, O) Mikrograf elektron penskanan roti 15% TSB | 152 |
| 4.13 | P, Q) Mikrograf elektron penskanan roti 20% TSB | 153 |
| 4.14 | Kandungan bilangan kulat dan yis roti tepung gandum yang digantikan separa dengan tepung sukun pada paras 10%, 15% dan 20% yang disimpan pada suhu bilik | 159 |

KESAN PENGGANTIAN SEPARA TEPUNG GANDUM DENGAN TEPUNG SUKUN (*Artocarpus communis*) KE ATAS SIFAT FIZIKOKIMIA ROTI

ABSTRAK

Dalam kajian ini, sukun diproses menjadi tepung melalui dua kaedah iaitu A (penceluran selama 30 minit - TSA) dan B (pengubahsuaian iaitu penceluran selama 5 minit dan stim tekanan tinggi selama 30 minit - TSB). Tepung gandum digantikan separa dengan TSA dan TSB pada paras 10, 15 dan 20% untuk menghasilkan roti. Roti terhasil dianalisis dari segi sifat fizikokimia, penilaian deria dan penstoran. Keputusan menunjukkan TSA mempunyai hasil tepung, nilai pH, kapasiti penyerapan air dan minyak yang tinggi ($p \leq 0.05$) dan ketumpatan pukal yang rendah ($p \leq 0.05$) daripada TSB. Peningkatan penggantian separa TSA dan TSB (0-20%) dalam roti menyebabkan peningkatan kandungan gentian kasar dan abu tetapi pengurangan kandungan lemak, karbohidrat dan nilai kalori. Peningkatan TSA dan TSB (0-20%) dalam roti menunjukkan peningkatan ($p \leq 0.05$) kandungan gentian dietari tak larut (IDF) dan gentian dietari larut (SDF), kanji rintang (RS) dan amilosa tetapi penurunan ($p \leq 0.05$) kandungan kanji total (TS) antara 58.42% hingga 53.28%. Keputusan mineral menunjukkan kandungan kalium, kalsium dan fosforus yang tinggi dalam sukun segar. Peningkatan paras TSA dan TSB dalam roti menunjukkan tren peningkatan kandungan mineral seperti natrium, kalium, kalsium, fosforus dan magnesium. Kandungan gula total dalam roti meningkat antara 3.69%-5.37% dengan peningkatan paras TSA dan TSB dalam roti. Sukrosa merupakan komponen utama gula dalam sukun, TSA, TSB dan roti. Kandungan oligosakarida menurun secara signifikan ($p \leq 0.05$) dengan peningkatan paras

penggantian TSA dan TSB dalam roti. Peningkatan paras penggantian TSA dan TSB meningkat dengan signifikan ($p \leq 0.05$) pada berat roti tetapi menurun ($p \leq 0.05$) dari segi isipadu, ketinggian dan isipadu spesifik jika dibandingkan dengan kawalan. Nilai kekerasan, kekenyalan, kegaman dan kekunyahan meningkat dengan peningkatan paras penggantian TSA dan TSB tetapi sebaliknya pada nilai kejelekitan roti. Warna krus dan krum berubah menjadi gelap dengan peningkatan penggantian TSA dan TSB dan menunjukkan perbezaan yang signifikan ($p \leq 0.05$) pada nilai L^* (*Lightness*) dan *Hue*. Perubahan granul kanji disebabkan oleh tindakan haba ditunjukkan pada SEM sukun, TSA dan TSB. Pelbagai jenis saiz granul kanji dan pembentukan sel udara diperhatikan dalam SEM roti. Penilaian deria menunjukkan roti yang mengandungi 10% TSA adalah yang kedua lebih diterima selepas roti kawalan oleh panel berbanding sampel roti komposit yang lain. Keputusan ujian mikrobiologi semasa penstoran menunjukkan semua jenis roti mengandungi bilangan yis dan kulat dalam julat $\leq 10^5$ log CFU/g. Keseluruhan hasil kajian menunjukkan tepung sukun iaitu TSA dan TSB memberikan sifat-sifat fizikokimia yang boleh diperluaskan penggunaannya sebagai tepung komposit yang baru terutama dalam hasilan bakeri iaitu roti.

**EFFECT PARTIAL SUBSTITUTION OF WHEAT FLOUR WITH THE
BREADFRUIT FLOUR (*Artocarpus communis*) ON PHYSICOCHEMICAL
ATTRIBUTES OF BREAD**

ABSTRACT

In this study, breadfruit was processed into flour by two different methods, A (blanching 30 min - TSA) and B (modification, blanching 5 min and autoclaving 30 min - TSB). Wheat flour was partially substituted with TSA and TSB at 10, 15 and 20% levels to be made into bread. The bread was analyzed for physicochemical, sensory evaluation and storage. Results indicated that TSA had significantly ($p \leq 0.05$) higher flour yield, pH value, water and oil absorption capacity but significantly ($p \leq 0.05$) lower bulk density than TSB. There was a considerable increased in crude fibre and ash content but decreased in fat, protein, carbohydrate and caloric value in bread substituted with different levels of TSA and TSB as compared to control. Results showed that increasing levels of TSA and TSB significantly ($p \leq 0.05$) increased insoluble dietary fibre (IDF) and soluble dietary fibre (SDF), resistant starch (RS) and amylose content but decreased significantly ($p \leq 0.05$) total starch (TS) content in the range of 58.42% to 53.28% in bread. Potassium, calcium and phosphorus were found to be high in breadfruit. In bread, increasing levels of TSA and TSB showed increased levels of sodium, potassium, calcium, magnesium and phosphorus. Results indicated that increasing levels of TSA and TSB increased significantly ($p \leq 0.05$) the total sugar value in the range of 3.69% to 5.37%. Sucrose was the major sugar found in breadfruit, TSA, TSB and bread. Oligosaccharides content decreased significantly ($p \leq 0.05$) in bread with increasing substitution levels of TSA and TSB. Increasing levels of substitution of TSA

and TSB significantly ($p \leq 0.05$) increased in loaf weight but significantly ($p \leq 0.05$) decreased in volume, height and specific volume to control. Hardness, elasticity, gumminess and chewiness values of bread increased with increasing levels of TSA and TSB but cohesiveness value decreased. The crust and crumb colour changed to darkened with increasing levels of TSA and TSB in bread as indicated by significantly ($p \leq 0.05$) difference in L^* (*Lightness*) and *Hue* values. Starch granules showed differences in SEM micrographs of breadfruit, TSA and TSB because of the heat treatment. Various sizes of granules and formation of air cells were observed in SEM of the fresh bread. Sensory evaluation showed that bread substituted with 10% TSA had the second higher acceptability score after control as compared to other composite bread samples. Microbiological evaluation during storage indicated that all types of bread substituted with breadfruit flour have yeast and moulds count in the range of $\leq 10^5$ log CFU/g. Overall, this research showed that breadfruit flour (TSA and TSB) had physicochemical properties which enable them to be utilised as a new composite flour in the production of bread and other bakery product.

BAB SATU

1.0 PENGENALAN

Sukun terdiri daripada genus *Artocarpus* dan tergolong dalam keluarga **Moraceae** (Prosenoe, 1948). Sukun hidup di kawasan tropika dan didapati di Malaysia dan Indonesia yang telah dikembangkan dari kepulauan Pasifik, New Guinea, Timur-Selatan Asia dan tersebar ke seluruh Hawaii dan Caribbean (Ragone, 1997; Tate, 1999; Adebayo *et al.*, 2008). Di Malaysia terdapat 20 spesies genus *Artocarpus* yang berbeza iaitu cempedak (*A. integer Thumberg Merrill*), nangka (*A. heterophyllus Lamarck*), terap (*A. odoratissimus*) dan sukun (Manaf, 1997). Pengeluaran dan penanaman sukun di Semenanjung Malaysia adalah terhad dengan keluasan tanah kira-kira 254 hektar dan kebanyakannya di negeri seperti Johor, Selangor dan Negeri Sembilan (Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia, 1999).

Sukun boleh diambil sebagai buah-buahan atau sayur-sayuran yang segar (FAO, 1989). Sukun boleh dimasak (Tate, 1999) melalui pelbagai kaedah seperti stim, perebusan, pemanggangan dan pengorengan (Robert dan Badrie, 2004). Sukun juga boleh dieksport dalam keadaan segar, separa panggang atau nipis dan ditinkan dalam keadaan masin (Thompson *et al.*, 1974) selain kaedah penyimpanan secara sejukbeku (Narasimhan dan John, 1995).

Sukun dilaporkan sebagai tanaman yang sangat berkhasiat (Salunkhe dan Kadam, 1995) dan berpotensi dalam perkembangan produk makanan. Walaupun begitu, penghasilan buah sukun menghadapi beberapa masalah seperti jangka hayat yang pendek dan kemerosotan hasil buah (Cook, 1975). Maka, pemprosesan sukun melalui kaedah yang sesuai mampu menghasilkannya sebagai bahan tambah nilai yang baru selain mengoptimumkan penggunaan sukun secara meluas dalam produk makanan. Kaedah pemprosesan seperti pengubahsuaian fizikal iaitu memasak mampu menghasilkan tepung yang ditambahbaik dari segi sifat berfungsi seperti penyerapan air dan minyak, keupayaan mengemulsi, keterlarutan dan lain-lain (Ramesh *et al.*, 2007). Tepung sukun melalui pemeringkatan fungsinya dapat digunakan sebagai tepung komposit mampu diperkembangkan melalui pelbagai jenis produk seperti mee, puding, sos (Sajilata dan Singhal, 2005), produk bakeri, snek, makanan bayi dan sup (Olatunji dan Akinrele, 1978; Nochera dan Caldwell, 1992; Olaoye *et al.*, 2007). Penggunaan tepung komposit ini mampu menyediakan keperluan pasaran dalam penghasilan makanan yang berserat tinggi dan mempunyai manfaat terapeutik seperti kawalan glukosa darah pada diabetes atau membantu pengawalan berat badan. Dalam kajian ini, tepung sukun iaitu tepung komposit digunakan dalam penghasilan roti tetapi mengalami kekurangan protein (gliadins dan glutenin) yang membentuk gluten. Kekurangan protein menyebabkan masalah dalam penahanan dan pengekalan gas karbon dioksida yang terhasil semasa fermentasi dan proses pembekuan semasa pembentukan struktur roti (Georgopoulos dan Larsson dan Eliasson, 2004). Ini menyebabkan keperluan pengubahsuaian yang sesuai melalui penggunaan kanji tergelatinisasi diharap mampu mengatasinya sekaligus meningkatkan kualiti hasil roti.

Roti merupakan salah satu sumber utama tenaga dan pembekal nutrien yang penting dalam diet manusia (Dewettinck *et al.*, 2008). Produk makanan roti mempunyai kelebihan nutrisi iaitu kandungan kanji, gentian dietari dan protein yang tinggi serta kandungan lemak yang rendah. Roti juga kaya dengan vitamin B dan mineral terutamanya magnesium, kalsium dan ferum. Oleh sebab roti mempunyai nilai pemakanan yang bergentian tinggi dan kalori yang rendah ia merupakan produk yang memenuhi citarasa pengguna atau memberikan sifat kekenyangan kepada pengguna (Stauffer, 1990). Penghasilan roti ini didorong oleh kaedah pembuatan roti yang mudah, tekstur yang berkualiti, mudah didapati dan kos penghasilan yang murah (Ronsivalli dan Vieira, 1992). Pemilihan roti yang digemari dipengaruhi oleh perkembangan ekonomi, perubahan sosiodemografi, pengembaraan antarabangsa (Cauvain, 1998) dan perubahan gaya hidup masyarakat seperti pertambahan bilangan penduduk, citarasa masyarakat yang pelbagai dan peningkatan golongan wanita yang berkerja. Ini menyebabkan permintaan terhadap produk roti adalah tinggi dan diterima oleh semua golongan dan taraf sosial individu tanpa mengira jantina serta pengambilannya secara berlebihan tidak memberi sebarang risiko kesihatan (Isserliyska *et al.*, 2001).

Peningkatan taraf hidup yang tinggi, permintaan terhadap produk roti yang berkualiti dan nilai kesihatan yang tinggi semakin meningkat di kalangan masyarakat sedunia. Kandungan protein, gentian dietari dan kanji rintang yang tinggi menghasilkan produk roti yang mempunyai karbohidrat, nilai kalori dan indeks glisemik yang rendah. Ini membantu meningkatkan kesedaran terhadap kesihatan tubuh badan sekaligus

mengurangkan gejala penyakit kronik seperti kanser kolon, diabetes (Pick *et al.*, 1996), penyakit jantung (Jenkins *et al.*, 2002), darah tinggi dan memperbaiki keseluruhan fungsi usus (Drzikova *et al.*, 2005; Hoon, 2005).

Peningkatan kualiti produk roti ini boleh dilakukan melalui penggunaan sumber alternatif baru seperti kekacang, biji-bijian, bijirin, buah-buahan dan sayur-sayuran kerana sumber ini kaya gentian dietari, protein dan karbohidrat. Sumber ini ditukargantikan sebahagiannya dalam campuran tepung gandum dari kekacang (D'Appolonia, 1977); kacang soya dan barli (Dhingra dan Jood, 2001; 2004); keladi (Hsu *et al.*, 2004); jerami padi (Sangnark dan Noomhorm, 2004); jagung (Miyazaki dan Morita, 2004); tepung biji sukun (Oshodi *et al.*, 1999); ubi keledak (Hathorn *et al.*, 2008); bran gandum (Sanz Penella *et al.*, 2008); asparagus (Fuentes-Alventosa *et al.*, 2009) dan ubi kayu (Khalil *et al.*, 2000) dan ianya mampu meningkatkan kualiti produk yang sedia ada. Sumber alternatif dapat menyumbangkan gentian dietari dan vitamin yang tinggi dan kalori yang rendah dalam pengambilan diet harian makanan. Namun, penggunaan sumber ini memberi kesan terhadap sifat fizikal roti seperti dimensi produk, isipadu, berat, pembentukan krus dan krum serta tekstur lof (Sangnark dan Noomhorm, 2004) yang akan memberi kesan terhadap tahap penerimaan pengguna. Selain itu, sumber alternatif dapat membantu dalam mengurangkan permintaan import gandum dan kos penghasilan produk serta memanfaatkan sumber pertanian tempatan (Rao, 1993; Hugo *et al.*, 2003).

Kajian penyelidikan ini bertujuan:

1. Mengenalpasti kaedah penghasilan tepung sukun yang sesuai
2. Mengkaji sifat fizikal tepung dan komposisi proksimat sukun segar dan tepung sukun
3. Menilai roti gandum yang disepara ganti dengan pelbagai peratusan tepung sukun dari segi sifat fizikokimia dan organoleptik
4. Menentukan bilangan yis dan kulat dalam roti semasa penstoran

BAB DUA

2.0 TINJAUAN LITERATUR

2.1 SUKUN

Sukun tergolong dalam keluarga **Moraceae** seperti Mulberry (Prosenoe, 1948). Sukun terbahagi kepada dua jenis iaitu sukun yang tiada biji dan yang berbiji (Ragone, 1997). Sukun yang tiada berbiji dikenali sebagai *Artocarpus communis*, *Artocarpus altilis* atau *Artocarpus incisa* manakala sukun yang berbiji dikenali sebagai `breadnut` dengan nama *Artocarpus camansi*, *Artocarpus mariannensis* atau *Treculia Africana* (Ragone, 1991; Mbuya *et al.*, 1994). Sukun merupakan salah satu daripada 50 spesies pokok (Barrau, 1976) yang tumbuh dalam cuaca panas bersuhu 21-32°C dan berkelembapan relatif antara 60-80% sepanjang tahun (Purseglove, 1969).

Penamaan sukun berasaskan pada penjelasan buah sukun yang tiada biji dijumpai di Tahiti semasa pengembaraan 'Captain Cook' dalam tahun 1768 hingga 1771 (Ragone, 1997). Sukun adalah buah-buahan jenis majmuk iaitu buah yang tumbuh lebih daripada satu atau dua di bahagian hujung tangkai pokok (Worrell *et al.*, 1998) dan terbahagi kepada dua jenis iaitu buah yang tiada berbiji dan buah berbiji. Sukun yang tiada biji dipanggil dengan pelbagai nama misalnya *breadfruit* (English); *arbol de pan* (Sepanyol); *arbre a pain* (Perancis); *poa de massa* (Portugis); *brooduvucht* (Belanda); *Brotfruchtbaum* (Jerman); *topana/tupan* (Venezuela); *sukun* (Indonesia dan Malaysia); *sa-ke* (Thailand); *rimas* (Filipina); *kapiak* (New Guinea); *uto/kulu* (Fiji); *bia/nimbalu*

(Kepulauan Solomon); *kuru* (Kepulauan Cook) dan *ulu* (Hawaii). Buah sukun yang berbiji pula dikenali sebagai *breadnut* (English); *castana* (Guatemala) dan *kelur* (Indonesia dan Malaysia). Selain itu, negara seperti Jamaica dan St. Lucia dikenali kerana merupakan penghasil utama sukun tidak berbiji manakala Haiti dan New Guinea pula penghasil utama sukun yang berbiji (Ragone, 1997).

Sukun adalah suatu tanaman yang bermusim dan berbuah dua kali setahun iaitu antara bulan Februari hingga Mac dan Julai hingga Ogos adalah musim pembungaan dan antara bulan April hingga Jun dan Oktober hingga November adalah musim pemetikan buah (Omobuwajo dan Wilcox, 1989; Karim, 1995). Pokok sukun boleh ditanam daripada biji, dahan dan akar pokok serta mengeluarkan hasil buah yang pertama antara 4 hingga 6 tahun selepas pendebungaan (Wootton dan Tumaalii, 1984; Amusa *et al.*, 2002). Tanaman sukun memberikan pulangan hasil yang tinggi kerana penghasilan buah dijangkakan lebih kurang 700 biji setiap pokok setiap tahun dan mempunyai berat antara 1-4 kilogram (kg) sebiji (Purseglove, 1969). Menurut Salunkhe dan Kadam (1995), sebatang pokok yang matang boleh menghasilkan 150 hingga 200 buah setahun dengan buah seberat 1 kg sebiji. Hasil pengeluaran buah adalah tinggi bergantung kepada jenis kultivar yang digunakan (Ragone, 1997).

Di Malaysia, pengeluaran dan penanaman sukun adalah terhad dan tidak dilakukan secara komersial. Keluasan tanaman sukun di Semenanjung Malaysia misalnya adalah kira-kira 254 hektar dan ditunjukkan dalam Jadual 2.1. Buah sukun banyak ditanam di negeri seperti Johor iaitu 104.3 hektar (ha), Selangor (46.7 ha) dan

Negeri Sembilan (34.9 ha). Tambahan lagi, sektor pertanian negara telah mengambil inisiatif untuk mempertingkatkan tanaman sukun ini terutamanya di kawasan pulau seperti di Pulau Aman dan Pulau Gedong, Pulau Pinang (JPS, 2006).

Jadual 2.1: Keluasan tanaman buah sukun di Semenanjung Malaysia

| Negeri | Keluasan hektar (ha) |
|-----------------|----------------------|
| Johor | 104.3 |
| Negeri Sembilan | 34.9 |
| Melaka | 13.5 |
| Selangor | 46.7 |
| Perak | 10.0 |
| Kedah | 12.8 |
| Pulau Pinang | 4.9 |
| Perlis | 1.0 |
| Kelantan | 8.6 |
| Terengganu | 1.3 |
| Pahang | 16.0 |

Sumber: Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia (1999)

Penggunaan sukun adalah terhad kerana sukun mempunyai jangka hayat buah yang pendek kerana kemerosotan hasil disebabkan oleh penyakit (Cook, 1975) dan buah ini mempunyai kadar respirasi yang tinggi (Worrell *et al.*, 1998; Amusa *et al.*, 2002). Dalam sesetengah kes, kehilangan hasil penuaian buah boleh mencapai sehingga 50% (Coursey *et al.*, 1976). Purselove (1969) melaporkan bahawa di India, kerosakan buah sukun disebabkan oleh *Rhizopus artocarp*. Kerosakan buah juga disebabkan oleh mikroorganisma seperti *Phytophthora palmivora* dan *Botryobasidium salmonicola* yang

menyebabkan penyakit `pink` (Salunkhe dan Desai, 1984). Omobuwajo dan Wilcox (1989) melaporkan bahawa patogen tumbuhan seperti *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus* dan bakteria genus *Staphylococcus* menyebabkan jangkitan pada buah sukun.

Buah sukun yang digunakan dalam penyelidikan adalah buah sukun yang tiada biji dan pada peringkat yang matang. Buah sukun adalah berbentuk hampir bulat atau bulat panjang dan lonjong seperti tembikai (Wootton dan Tumaalii, 1984). Buah yang matang misalnya boleh mencapai ukuran 30 cm panjang dan berdiameter 20 cm dan beratnya mencapai 4 kg (Salunkhe dan Kadam, 1995; Nakasone dan Paull, 1998). Bahagian empulur buah dikelilingi oleh isi yang putih kekuningan dan dilitupi oleh kulit yang berbentuk heksana poligonal pada permukaannya (Ragone, 1991). Buah sukun mempunyai permukaan kulit yang licin tetapi kasar disebabkan kehadiran tompok bulatan yang berwarna coklat kehitaman. Bahagian empulurnya berbentuk bujur yang diliputi oleh rerambut halus berwarna coklat dan setiap biji berukuran kira-kira 3 mm panjang (Surjani, 2000).

Permukaan kulit sukun menjadi halus dan berwarna hijau kekuningan atau kecoklatan dan warna isi buah adalah putih kekuningan merupakan petunjuk bahawa buah sudah mencapai tahap yang matang (Graham dan De Bravo, 1981; Morton dan Miami, 1987). Buah sukun yang muda mempunyai permukaan kulit yang kasar berwarna hijau dan keras serta warna isi adalah putih, berkanji dan padat. Selain itu, buah yang muda berasa kurang manis dan setelah matang, buah mempunyai rasa yang manis dan aroma yang spesifik. Panjang tangkai buah adalah antara 2.5 hingga 12.5 cm

bergantung kepada jenisnya dan ketebalan kulit antara 1 hingga 2 mm (Worrell *et al.*, 1998). Rajah 2.1 menunjukkan rupa bentuk luaran buah sukun iaitu bentuk keseluruhan, dan potongan memanjang.



Rajah 2.1: Rupa bentuk luar dan potongan panjang

2.2 KEGUNAAN

Sukun merupakan tumbuh-tumbuhan yang mempunyai pelbagai fungsi dan memberi faedah kepada masyarakat seperti ramuan dalam penyediaan makanan, perubatan, pakaian, bahan pembinaan dan makanan haiwan (Jadual 2.2). Pokok sukun juga ditanam sebagai tumbuhan perhiasan dan lindungan terutama di kawasan perumahan dan kampung (Purseglove, 1969). Pokok sukun ini juga dijadikan sebagai bahan tanaman dalam sistem pertanian campuran secara tradisional bersama tanaman seperti keladi, pisang, kopi dan lada hitam (Ragone, 1997).

Jadual 2.2: Manfaat kegunaan sukun

| Bahagian | Kegunaan |
|--------------------|--|
| Pokok | Permandangan, perhutanan |
| Batang pokok | Bahan pembinaan bangunan, kanu, perabot, bahan bakar |
| Getah | Bahan pelekat, ubat |
| Kulit kayu | Bahan ubatan |
| Kulit kayu (dalam) | Tali, barangan kraftangan |
| Daun | Bahan penyediaan makanan, makanan haiwan, ubat |
| Bunga jantan | Bahan makanan, ubat dan penghalang nyamuk |
| Buah dan biji | Makanan bagi manusia dan haiwan |

Sumber: Ragone (1997)

Buah sukun merupakan makanan yang boleh dimasak atau dimakan pada semua tahap kematangan walaupun penggunaannya adalah semasa matang dan tegar sebagai makanan yang berkanji (Ragone, 1997). Buah yang kurang matang boleh direbus dan mempunyai rasa seperti ulaman atau boleh dipanggang dan dijeruk sebagai sayur-sayuran (Darley, 1993). Kepingan sukun boleh ditinkan dalam keadaan masin untuk pasaran tempatan dan luar negara (Thompson *et al.*, 1974). Di daerah Fiji, Tahiti, Hawaii dan Samoa, buah sukun dimanfaatkan sebagai makanan tradisional dan makanan ringan (Ragone, 1997). Sukun juga boleh disediakan dengan kaedah perebusan, pengorengan, dibakar atau dimasak seperti ubi kentang (Tate, 1999). Buah sukun dipotong kepada bentuk kepingan untuk digoreng seperti pisang goreng, keledak atau keladi selain dijadikan bubur, pengat dan kerepek (Bates *et al.*, 1991; Tridjaja, 2003).

Sukun boleh diproses menjadi tepung dengan menggunakan kaedah pengeringan. Kaedah pengeringan boleh memanjangkan jangka hayat, memerlukan kawasan

penyimpanan yang kecil dan kemudahan pengangkutan yang selesa (Ertekin dan Yaldiz, 2004). Menurut Doymaz (2004), kaedah pengeringan udara panas memberikan produk kering yang lebih sekata, bersih dan warna yang menarik dan boleh dihasilkan dalam waktu yang singkat. Ini membantu dalam penyediaan sukun terproses dalam pelbagai bentuk produk makanan dan memenuhi permintaan pengguna setempat setiap tahun.

Widowati (2003) melaporkan tepung sukun boleh digunakan sebagai bahan tambahan dalam makanan seperti dalam snek ringan dan makanan siap sedia dimakan. Makanan yang dikategorikan makanan ringan ialah pelbagai variasi kuih seperti donat, kerepek, dodol dan kek sukun. Makanan ringan sedia dimakan ialah seperti sukun goreng, rebus, kukus, apam, bubur dan puding.

Biji buah sukun boleh diproses secara tradisional dengan mempelbagaikan kaedah termasuklah merebus dan dimasak sebagai sayur-sayuran atau mengkombinasi dengan bijirin seperti jagung, beras, keladi dan lain-lain (Tridjaja, 2003). Biji yang segar juga boleh digaram, dipanggang, digoreng dan dimakan sebagai snek atau dikisar menjadi halus untuk digunakan sebagai bahan pemekat dalam sup tradisional (Akubor *et al.*, 2000; Fasasi *et al.*, 2007).

Buah sukun merupakan sumber makanan yang bernutrisi kepada haiwan. Lebih kurang 25% kandungan berat buah adalah sisa (Ragone, 1997). Bahagian yang tidak boleh dimakan oleh manusia seperti tangkai, empulur dan kulit mengandungi kandungan karbohidrat dan protein yang lebih tinggi berbanding bahagian isi buah. Kandungan

protein yang tinggi disebabkan kehadiran beberapa biji yang terbentuk di bahagian empulur buah (Graham dan De Bravo, 1981).

2.2 NILAI NUTRISI

Buah sukun dilaporkan sangat penting sebagai makanan utama yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi (Soetjipto dan Lubis, 1981; Adewusi *et al.*, 1995) terutama di negara seperti Nigeria. Sukun mengandungi gentian (Ragone, 1997), karbohidrat dan nilai tenaga yang tinggi tetapi kandungan lemak dan protein yang rendah (Salunkhe dan Kadam, 1995). Buah yang berkanji selalunya terdiri daripada air dan karbohidrat (Miller dan Branthoover, 1957). Komposisi bahagian sukun yang boleh dimakan adalah lebih kurang 68% dari berat buah tetapi berbeza dengan tahap kematangan buah (Graham dan De Bravo, 1981; Ragone, 1997). Komposisi bahagian sukun yang boleh dimakan ialah 70% buah dan sebahagian daripada 20% adalah daripada unsur karbohidrat (Chin dan Yong, 1980).

Menurut Graham dan De Bravo (1981), sebiji sukun matang mengandungi 73.9% isi, 15.6% tangkai serta empulur dan 11.2% kulit. Kandungan isi mengandungi kira-kira 69% kanji, 4% protein, 1% lemak, 3.5% gentian kasar dan 4% jumlah gula (Jadual 2.3). Purseglove (1969) melaporkan isi buah mengandungi 75.5% air, 1.3% protein, 0.5% lemak, 1.8% gentian kasar, 0.8% abu dan 20.1% karbohidrat. Pengambilan sukun dalam sehari sudah mencukupi untuk memberi keperluan kalori

yang diperlukan selain mengandung kandungan mineral seperti fosforus, ferum, kalsium, kalium dan vitamin seperti asid askorbik, vitamin B kompleks seperti tiamin, asid nikotinic, niasin dan riboflavin yang baik untuk tubuh badan (Widowati, 2003).

Jadual 2.3: Komposisi proksimat buah sukun (per 100g)

| Komposisi | Sukun | |
|---------------------|-------------|-------------|
| | Rujukan (A) | Rujukan (B) |
| Nilai kalori (kcal) | - | 103.0 |
| Lembapan (g) | 2.5 | - |
| Protein (g) | 4.1 | - |
| Lemak (g) | 1.1 | 1.07 |
| Gentian (g) | 3.5 | 4.9 |
| Abu (g) | 2.9 | 0.93 |
| Karbohidrat (g) | 84.2 | 27.12 |

Sumber: Rujukan (A) = Graham dan De Bravo (1981)
Rujukan (B) = Widowati (2003)

Buah sukun jenis berbiji mengandungi berat biji yang melebihi daripada berat isi (FAO, 1989). Biji sukun ini adalah tegal teksturnya dan memberikan rasa yang sedap apabila dimakan seperti kacang berangan (Ragone, 1997). Biji sukun mengandungi kira-kira 20% protein dan 12% minyak yang boleh dimakan dan menyerupai sifat-sifat fizikal minyak zaitun (FAO, 1989). Menurut De Bravo *et al.*, (1983) biji sukun mengandungi kandungan protein yang tinggi antara 13.3% hingga 19.9% dan kandungan lemak yang rendah antara 6.2% hingga 12.8% berbanding kacang Brazil, kacang `pecan` dan kacang badam yang mempunyai 50% hingga 70% kandungan lemak.

2.2.1 Karbohidrat

Perkataan karbohidrat merujuk kepada siri sebatian aldehid dan keton terhidroksil yang lebih dikenali sebagai gula atau sakarida. Karbohidrat didefinisikan sebagai aldehid polihidroksi, keton, alkohol, asid, terbitan dan polimer yang mempunyai hubungan polimerik jenis asetal (Shallenberger dan Birch, 1975). Karbohidrat diklasifikasikan pada saiz molekul iaitu darjah pempolimeran (DP) sebagai gula (mono- dan disakaria), oligosakarida (mengandungi dua hingga sepuluh unit monosakarida) dan polisakarida (mengandungi sepuluh atau lebih unit monosakarida) (Voragen, 1998). Karbohidrat adalah juzuk yang penting selain unsur protein dan lemak. Kira-kira 50% hingga 75% kandungan karbohidrat adalah kanji (Rahim, 1992). Selain menjadi sumber utama tenaga, kanji juga memberikan sifat tekstur, kelikatan, pemerangan, aroma, perisa dan kestabilan emulsi dan busa kepada persediaan makanan (Fennema, 1993). Beberapa jenis sumber karbohidrat ialah nasi, gandum, jagung, pelbagai jenis ubi (ubi kentang, ubi kayu dan ubi keledak), gula (gula, glukos sirap, madu, laktosa) dan beberapa selulosa, gam dan pektin.

Karbohidrat diklasifikasikan sebagai karbohidrat boleh hadam (*available*) dan karbohidrat tak boleh hadam (*non-available*). Karbohidrat boleh hadam adalah karbohidrat yang dihidrolisis oleh enzim dalaman di bahagian sistem penghadaman manusia dan sekaligus membekalkan tenaga. Komposisi karbohidrat ini terdiri daripada monosakarida (glukosa dan fruktosa), disakarida (sukrosa, laktosa dan maltosa), trisakarida iaitu rafinosa dan tetrasakarida iaitu stakiosa. Kandungan karbohidrat ini

ditukarkan kepada bentuk yang lebih ringkas iaitu monosakarida dan boleh diserap dalam usus kecil melalui laluan metabolisma karbohidrat. Karbohidrat tak boleh hadam merupakan gentian dietari atau polisakarida bukan kanji yang tidak boleh dihidrolisiskan oleh enzim penghadaman manusia dan mungkin rintang serta sesuai pada enzim bakteria dalam usus besar manusia (James, 1996). Jika sesuai oleh tindakan enzim bakteria, karbohidrat ini menghasilkan tenaga dan jika rintang terhadap enzim, karbohidrat tidak mengalami perubahan. Karbohidrat tak boleh hadam dijumpai dalam dinding sel tumbuhan dan berfungsi sebagai sokongan terhadap tumbuhan seperti pektin, lignin, selulosa dan hemiselulosa.

Sukun merupakan salah satu sumber karbohidrat yang tinggi iaitu 76.7% apabila dibandingkan dengan sumber konvensional seperti bijirin (72% hingga 90%), tanaman akar dan buah termasuklah keladi (92% hingga 93%), `cocoyam` (88%), `plantain` (91%), ubi kentang (85%) dan ubi kayu (96%) (Adebowale *et al.*, 2004). Kandungan karbohidrat bagi setiap bahagian sukun seperti kulit, stem serta empulur dan isi masing-masing ialah 84.6%, 78.8% dan 90.4% (Adewusi *et al.*, 1995).

Kandungan karbohidrat iaitu kanji meningkat dari tahap tidak matang ke tahap matang dan menurun semasa tahap sangat matang untuk ketiga-tiga bahagian (kulit, stem serta empulur, isi). Penurunan ini mungkin disebabkan oleh perubahan kanji kepada gula dimana fenomena ini diperhatikan dalam pisang, epal dan tumbuhan subtropikal buah yang lain (Graham dan De Bravo, 1981). Kandungan karbohidrat buah

menurun dengan peningkatan masa penstoran pada suhu bilik dan meningkat apabila mempunyai kandungan lembapan yang lebih tinggi (Adebowale *et al.*, 2004).

Kandungan jumlah gula dalam buah sukun yang matang adalah 4%. Glukosa, fruktosa dan sukrosa adalah komponen gula yang utama dan maltosa dan ribosa hanya sedikit dijumpai dalam tepung sukun yang matang (Tumaalii, 1982). Menurut Graham dan De Bravo (1981), kandungan jumlah gula bagi setiap bahagian sukun seperti kulit, stem serta empulur dan isi ialah 3.84%, 4.07% dan 4.07% serta kandungan gula penurun adalah 2.69%, 2.87% dan 2.65% masing-masing. Kandungan gula adalah rendah ketika tahap kurang matang dan meningkat pada tahap matang seiring dengan peningkatan kelembutan dan kemanisan buah (Wootton dan Tumaalii, 1984). Adewusi *et al.*, (1995) melaporkan bahawa kandungan gula tepung sukun yang matang pada isi buah adalah 2.8% gula bebas, 1.3% gula penurun, 0.7% glukosa, 0.6% fruktosa, 1.38% sukrosa dan 0.05% rafinosa. Kandungan rafinosa dalam sukun adalah rendah dan tidak didapati dalam pisang dan keladi tetapi sedikit pada ubi kayu (Ciacco dan D`Appolonia, 1978).

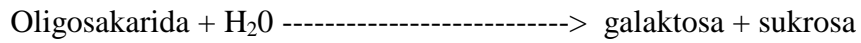
2.2.2 Oligosakarida

Sakarida merupakan sejenis gula yang mempunyai 3 hingga 19 unit monosakarida (Voragen, 1998). Oligosakarida yang biasa dikenali ialah monosakarida yang mempunyai tiga hingga lima unit monosakarida seperti rafinosa (trisakarida), stakiosa (tetrasakarida) dan unsur surih verbaskosa (pentasakarida). Komponen

oligosakarida ini merupakan komponen gula utama dalam sesetengah makanan terutamanya kekacang. Dalam sayuran seperti kacang pis (Urbano *et al.*, 2005), kacang hijau (Onyesom *et al.*, 2005), kekacang (Pugalenthi *et al.*, 2004) dan lentil (Frias *et al.*, 1999), kandungan oligosakarida berjulat antara 5-8% pada asas berat kering. Kebanyakan kandungan α -galaktosida dijumpai di dalam biji terutamanya di bahagian tisu testa dan embrio (Frias *et al.*, 1999). Kandungan α -galaktosida adalah karbohidrat terlarut yang tersebar dengan banyaknya di dalam tumbuhan selain daripada kandungan sukrosa (Reddy *et al.*, 1984). Kumpulan α -galaktosida lain yang hadir dalam kekacang adalah glukosa galaktosida (melibiosa dan manninotriosa) dan sislitol galaktosida (galaktinol, galaktopinitol dan *ciceritol*) (Sanchez-Mata *et al.*, 1998).

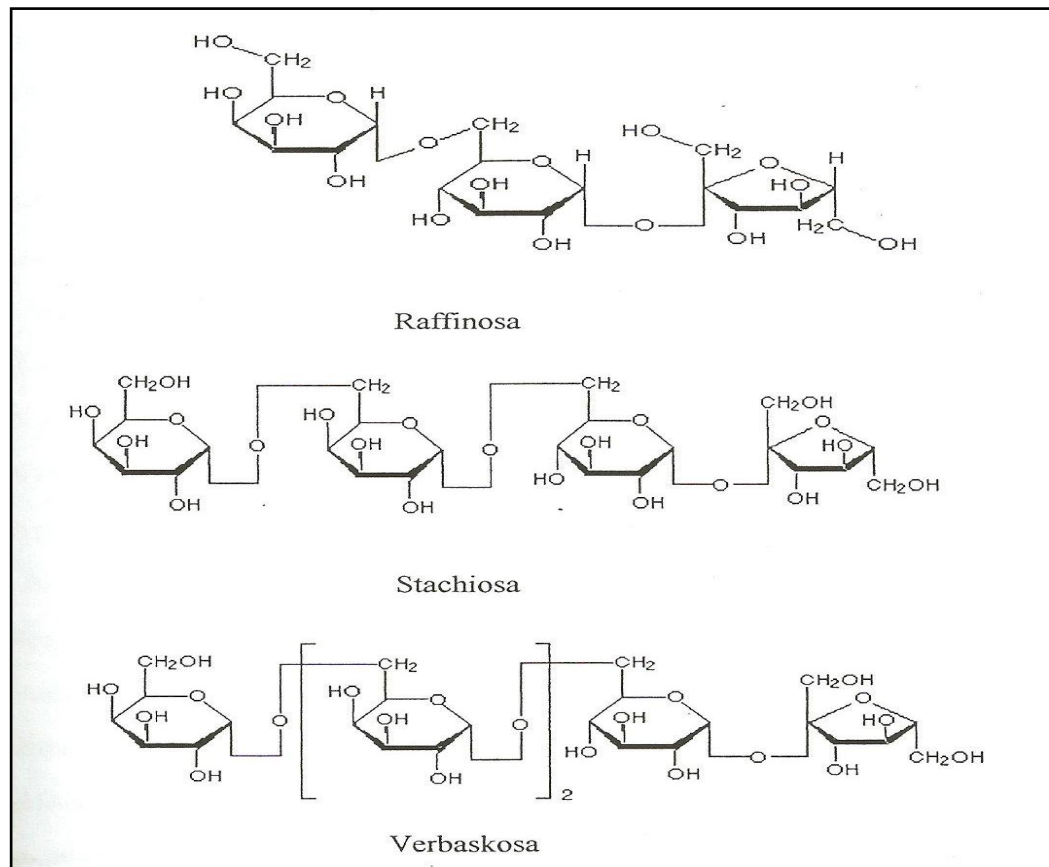
Manusia tidak mempunyai enzim yang diperlukan iaitu α -galaktosidase dan sukrase untuk menghidrolisis oligosakarida kepada monosakarida iaitu bentuk yang boleh diserap sebagai nutrien dalam badan (Rajah 2.2). Maka, oligosakarida iaitu rafinosa, stakiosa dan verbaskosa (Rajah 2.3) tidak boleh dihadam oleh enzim gastrousus dalam usus kecil manusia. Apabila memasuki usus besar, oligosakarida akan difermen oleh bakteria mikroflora dalam keadaan anaerobik dan menghasilkan gas karbon dioksida, hidrogen, metana, air dan rantaian kecil asid lemak yang terdiri daripada asid asetik, propionik dan butirik (Ferguson dan Jones, 2000). Gas yang terhasil ini menyebabkan ketidakselesaan seperti pening, kekejangan, cirit-birit, perut menjadi kembung dan sakit perut (Onyesom *et al.*, 2005).

α -galaktosidase



Rajah 2.2: Mekanisme hidrolisis oligosakarida (Pugalenthi *et al.*, 2004)

Penyingkiran atau pengurangan oligosakarida boleh dilakukan untuk meningkatkan kualiti pemakanan. Kaedah pemprosesan seperti perendaman dan pemanasan boleh menyebabkan pengurangan kandungan oligosakarida melalui kehadiran dan peningkatan aktiviti enzim α -galaktosidase yang berfungsi untuk menghidrolisis rantaian α -1-6 galaktosida seperti rafinosa kepada monosakarida atau pembentukan komponen yang lain (Onyesam *et al.*, 2005).



Rajah 2.3: Struktur tiga jenis oligosakarida (Hardee *et al.*, 2003)

Pugalenthi *et al.*, (2004) melaporkan proses perendaman selama 16 jam dan pemanasan selama 10 menit dengan air mengurangi kandungan rafinosa sebanyak 66.9% dan stakiosa sebanyak 59.5% pada sampel *Sesbana bispinosa*. Pengurangan kandungan verbaskosa juga didapati sebanyak 24.8% pada asam jawa (*Tamarind indica*) turut disebabkan oleh proses perendaman. Perendaman dalam larutan 0.7% (w/v) larutan natrium hipoklorok selama 3 hari pada suhu bilik mengurangi rafinosa sebanyak 63% dan stakiosa sebanyak 97% pada kacang pis (Urbano *et al.*, 2005). Jangka masa perendaman yang panjang menyebabkan kandungan oligosakarida berkurangan (Sat dan Keles, 2002) dan penggunaan larutan beralkali menyebabkan pemusnahan vitamin B terutamanya tiamin dan riboflavin (Swaminathan, 1974).

2.2.3 Protein

Penggunaan protein daripada sumber tumbuh-tumbuhan adalah lebih murah berbanding sumber protein haiwan (Sathe dan Salunkhe, 1981). Tumbuhan sukun mengandungi 4% protein dan kandungan ini adalah tinggi setanding dengan makanan berkanji yang lain seperti ubi keledek dan pisang tetapi lebih baik berbanding ubi kayu (Graham dan De Bravo, 1981). Sukun mengandungi nilai biologi protein sebanyak 2.4 dan nisbah protein bersih adalah 3.6. Penghadaman protein sukun secara '*in vitro*' adalah sebanyak 97.1% (Adewusi *et al.*, 1991). Ini menunjukkan protein sukun adalah mudah untuk dihadam. Selain itu, profil asid amino menunjukkan kandungan protein sukun lebih baik berbanding telur dari segi kandungan isoleusin, fenilalina, triptofan dan

valina (FAO, 1970). Kandungan protein sukun yang berbiji memberikan kandungan asid amino yang lebih tinggi berbanding buah sukun (Jadual 2.4).

Jadual 2.4: Kandungan asid amino sukun dan biji sukun

| Asid amino (mg/100g) | Sukun | Biji sukun |
|----------------------|-------|------------|
| Isoleusin | 43 | 262 |
| Leusin | 72 | 361 |
| Lisin | 81 | 341 |
| Methionin | - | 40.3 |
| Sistina | 6 | 20 |
| Fenilalina | - | 308 |
| Tirosina | 68 | 267 |
| Treonina | 40 | 235 |
| Triptofan | 8 | - |
| Valina | 54 | 310 |
| Arginina | - | 310 |
| Histidina | - | 172 |
| Prolina | - | 212 |
| Serina | - | 303 |
| Alanina | - | 182 |
| Glisina | - | 320 |
| Asid aspartik | - | 439 |
| Asid glutamik | - | 603 |

Sumber: Sukun = Nochera dan Caldwell (1992)

Biji sukun = Nwokolo (1987)

2.2.4 Lemak dan Minyak

Buah sukun mengandung kandungan lemak atau minyak yang rendah kira-kira 1.1-1.7% dan lebih tinggi daripada buah pisang (0.8%), keladi (0.4%) dan ubi kayu (0.5%) (Graham dan De Bravo, 1981; Adewusi *et al.*, 1995). Buah sukun yang segar, dipanggang, direbus dan difermen pula mengandungi lemak sebanyak 0.7%, 0.4%, 0.24% dan 1.1% (Murai *et al.*, 1958; Samuda *et al.*, 1998). Kandungan lemak didapati menurun apabila buah mencapai tahap matang dan meningkat kembali semasa tahap buah sangat matang (Adebowale *et al.*, 2004). Walaupun begitu, kandungan lemak menurun dengan peningkatan masa penyimpanan buah (Amusa *et al.*, 2002). Tumaalii (1982) melaporkan bahawa asid lemak utama yang terdapat dalam buah sukun adalah asid linoleik, asid linolenik, asid oleik dan asid palmitik. Selain itu, buah sukun yang berbiji seperti di negara Afrika dikenali sebagai *Trecula Africana Decne* pula mempunyai kandungan lemak yang sederhana tinggi iaitu 11% (Ekpenyoung, 1985) dan 17% (Akubor dan Badifu, 2004).

2.2.5 Vitamin

Sukun merupakan sumber vitamin C yang baik. Sukun yang matang mempunyai sumber asid askorbik iaitu 22.7 mg/100g dan kuantitinya tinggi berbanding pisang (7 mg/100g) dan ubi kentang (19 mg/100g). Kandungan niasin, riboflavin dan asid askorbik dalam buah juga didapati meningkat dengan kematangan buah (Graham dan De Bravo, 1981). Huang *et al.*, (2000) melaporkan bahawa buah sukun mempunyai asid

askorbik (21 mg/100g) yang tinggi berbanding variasi `taro` iaitu Lehua:15 mg/100g dan Bun-Long:12 mg/100g. Pengambilan sebanyak 300 gram sukun segar menyumbang kepada 60 mg/hari yang selaras dengan RDA (1989) untuk orang dewasa dan sekaligus menyediakan amaun yang mencukupi untuk seharian. Kandungan vitamin C boleh dikekalkan sekiranya pemanasan dilakukan adalah minimum iaitu masa yang singkat dan penggunaan air yang minimum (Griffith, 2000). Kandungan vitamin dalam buah sukun ditunjukkan dalam Jadual 2.5.

Jadual 2.5: Komposisi vitamin dalam buah sukun

| Vitamin (mg/100g) | Sukun | | | |
|----------------------|-------------|------------------------|------------|-------------|
| | Rujukan (C) | | | Rujukan (D) |
| Thiamin | 0.07-0.12* | 0.07-0.09 [^] | 0.08# | 0.28* |
| Riboflavin | 0.03-0.1* | 0.06-0.1 [^] | 0.05-0.07# | 0.10* |
| Niasin | 0.81-1.96* | 1.13-1.54 [^] | 0.63-0.74# | 1.70* |
| Vitamin C | 19.0-34.4* | 1-0-2.6 [^] | 2.9-3.2# | 21* |

Nota: *Buah sukun segar, [^] Dibakar/dipanggang dan # Direbus

Sumber: Rujukan (C) = Murai *et al.*, (1958)

Rujukan (D) = Huang *et al.*, (2000)

Makanan tempatan seperti susu, telur, sayur-sayuran hijau dan hati merupakan sumber yang kaya vitamin A (McLaren dan Frigg, 2001). Pengambilan provitamin A karotenoid sangat penting untuk kesihatan badan kerana ia dapat melindungi pengguna daripada penyakit kronik seperti kanser, penyakit jantung, diabetes dan ‘Generation Age Related Mascular’ (World Cancer Research Fund, 1997; Bertram, 2002; Mares-Perlman *et al.*, 2002).

Kandungan α -karotena bagi sukun tiada biji didapati kurang dari 5 $\mu\text{g}/100\text{g}$ dan β -karotena ialah 154 $\mu\text{g}/100\text{g}$ manakala sukun yang berbiji mengandungi 142 $\mu\text{g}/100\text{g}$ dan 868 $\mu\text{g}/100\text{g}$. Sukun tiada biji mengandungi 310 $\mu\text{g}/100\text{g}$ lutin dan kurang dari 10 $\mu\text{g}/100\text{g}$ zexantin manakala sukun berbiji pula 750 $\mu\text{g}/100\text{g}$ lutin dan 70 $\mu\text{g}/100\text{g}$ zexantin dan nilai ini adalah tinggi berbanding buah pisang dan `taro` (Englberger *et al.*, 2003). Buah sukun yang sangat matang berkemungkinan mengandungi kandungan karotenoid yang tinggi kerana buah semasa peranakan akan disusuli dengan peningkatan biosintesis karotenoid (Rodriguez-Amaya, 1997).

2.2.6 Mineral

Mineral diperlukan dalam kuantiti yang tertentu dalam tubuh badan manusia (Griffith, 2000). Mineral dibahagikan kepada dua kumpulan iaitu mikromineral dan makromineral. Mikromineral ialah kumpulan mineral yang diperlukan dalam kadar kuantiti yang kurang dari 100 mg/hari. Contohnya ferum, kuprum, mangan, molibdenum, zinkum, iodin dan fluorida. Makromineral pula ialah kumpulan mineral yang diperlukan dalam kadar kuantiti lebih daripada 100 mg/hari. Contohnya kalsium, fosforus, natrium, kalium, magnesium, klorida dan sulfur (Rahim, 1992).

Taburan mineral seperti ferum, kalsium, magnesium, kalium dan fosforus adalah penting dalam buah sukun (Jadual 2.6). Sukun mengandungi kalsium dan kalium yang lebih tinggi berbanding pisang, jagung, ubi kentang, ubi keledak dan keladi manakala kandungan fosforus, ferum dan natrium adalah rendah (Bates *et al.*, 1991; Graham dan

De Bravo, 1981). Kandungan mineral biji buah sukun iaitu fosforus dan kalium ialah 364 mg/100g dan 601 mg/100g dan pengambilan sebanyak 100 hingga 200 g biji dapat menyediakan kandungan kedua-dua mineral ini mencukupi untuk pengambilan harian (Ekpenyoung, 1985).

Jadual 2.6: Kandungan mineral sukun

| Mineral (mg/100g) | Sukun | | |
|----------------------|-------------|-------------|------------|
| | Rujukan (E) | Rujukan (F) | |
| Kalsium | 50* | 12.1-21.1# | 18.0-26.3^ |
| Kalium | 1630* | - | - |
| Fosforus | 90* | 27.3-37.9# | 42.7-91.7^ |
| Ferum | 1.9* | 0.27-0.49# | 0.68-1.56^ |
| Natrium | 2.8* | - | 2.4-5.3^ |

Nota: *Buah sukun segar, #Direbus dan ^ Dibakar/dipanggang

Sumber: Rujukan (E) = Graham dan De Bravo (1981)

Rujukan (F) = Murai *et al.*, (1958)

2.4 GENTIAN DIETARI

Permintaan terhadap produk daripada buah-buahan dan sayur-sayuran sebagai sumber gentian dietari (DF) semakin meningkat kerana sumber ini mengandungi kualiti nutrisi iaitu kandungan antioksidan, gentian dietari dan kandungan kalori yang rendah (Larrauri, 1999; Rodriguez *et al.*, 2006). Beberapa penyakit yang melibatkan pengawalatur fungsi usus (batu hempedu, ulser duodenum, apendiks, sembelit), kegemukan, penyakit jantung koronari, kanser usus dan kencing manis didapati pada