

**KESAN PENYINARAN GAMMA TERHADAP  
PEMBENTUKAN KANJI RINTANG**

**EE MIN LEE**

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**KAJIAN ILMIAH INI DIKEMUKAKAN UNTUK  
MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA  
SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA  
MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN  
(SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN)**

**SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN  
PEMAKANAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
2012**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: KESAN PENYINARAN GAMMA TERHADAP PEMBENTUKAN KANJI RINTANG

TAJAZAH: SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN PENGUJIAN (SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN)

SESI PENGAJIAN: 2008 / 2012

NAMA: EE MIN LEE

(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan tesis (LPS/ Sarjana/ Doktor Falsafah) ini di simpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\* Sila tandakan ( / )

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

*minlee*

(TANDATANGAN PENULIS)

*Dr Lee Jau Shya*

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 12, JALAN USJ 13/3E,

47630 SUBANG JAYA, SELANGOR,

DARUL EHSAN.

Dr Lee Jau Shya

Nama Penyelia

Tarikh: 15.08.2012

Tarikh: 15.08.2012

CATATAN: \* Potong yang tidak berkenaan.

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

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



## PENGAKUAN

Kajian ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan, ringkasan dan rujukan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

22 Mei 2012

*Min Lee*

---

EE MIN LEE  
BN08110025



## PENGESAHAN

NAMA : EE MIN LEE  
NOMBOR MATRIK : BN08110025  
TAJUK : KESAN PENYINARAN GAMA TERHADAP  
PEMBENTUKAN KANJI RINTANG  
IJAZAH : IJAZAH SARJANA MUDA SAINS MAKANAN  
DENGAN KEPUJIAN (SAINS MAKANAN DAN  
PEMAKANAN)  
TARIKH VIVA : 25/06/2012

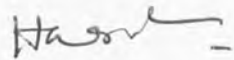
## DIPERAKUKAN OLEH

**1. PENYELIA**  
Dr Lee Jau Shya



---

**2. PEMERIKSA PERTAMA**  
Dr Hasmadi Mamat



---

**3. PEMERIKSA KEDUA**  
Prof. Madya Dr. Sharifudin Md. Shaarani



---

**4. DEKAN**  
Prof. Madya Dr. Sharifudin Md. Shaarani



---

## PENGHARGAAN

Jutaan terima kasih saya ucapkan kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam penyiapan projek penyelidikan tahun akhir ini. Jutaan terima kasih kepada penyelia saya, Dr Lee Jau Shya atas bimbingan dan tunjuk ajar yang penuh sabar bermula daripada pemilihan tajuk projek penyelidikan sehingga penyiapan projek penyelidikan saya. Nasihat dan galakan yang berterusan daripada beliau telah memotivasi dan membolehkan saya menyiapkan projek penyelidikan ini. Setinggi-tinggi penghargaan dirakamkan kepada beliau atas kesudian beliau mengorbankan masa untuk memberi nasihat kepada saya sepanjang penyiapan projek penyelidikan ini.

Ucapan terima kasih juga dibuat kepada keluarga terutamanya ibubapa saya yang banyak membantu dari segi kewangan dan juga memberi sokongan moral sepanjang menyiapkan projek penyelidikan ini. Tidak lupa juga kepada rakan-rakan seperjuangan saya atas sokongan moral, pertolongan, dan kerjasama yang diberikan oleh mereka dalam menjayakan projek penyelidikan tahun akhir ini.

Akhir sekali, jutaan terima kasih diucapkan kepada dekan Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan, Prof. Madya Dr. Sharifudin Md. Shaarani, pemeriksa-pemeriksa, para pensyarah dan kakitangan Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan untuk segala nasihat, tunjuk ajar, bantuan serta sokongan dalam menyiapkan projek penyelidikan tahun akhir ini.



## ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk menentukan kesan penyinaran gamma (5, 10, 25 dan 50 kGy) terhadap kandungan kanji rintang (RS) yang terhasil dalam empat jenis kanji jagung yang berlainan kandungan amilosa (kanji jagung *waxy*, kanji jagung biasa, *Hylon V* dan *Hylon VII*). Kajian ini merangkumi ujian ke atas kandungan lembapan, kandungan amilosa, kandungan karboksil, nilai pH, sifat pempesan serta kandungan RS. Kandungan lembapan untuk semua jenis kanji jagung menurun secara signifikan ( $p < 0.05$ ) selepas rawatan penyinaran gamma disebabkan perubahan yang mempengaruhi pengikatan molekul kanji terhadap molekul air. Kandungan amilosa untuk semua kanji dirawat dengan 5 kGy meningkat dan seterusnya menurun dengan penambahan dos sinar gamma. Penambahan dos sinar gamma meningkatkan kandungan karboksil serta menurunkan nilai pH seperti yang ditunjukkan oleh kolerasi negatif ( $-0.787^{**}$ ,  $p < 0.01$ ). *Hylon V* dan *Hylon VII* yang dirawat pada 50 kGy didapati mempunyai kandungan karboksil tertinggi ( $p < 0.05$ ). Proses degradasi serta pembentukan rangkaian silang telah menyebabkan parameter-parameter pempesan dalam semua jenis sampel kanji mengalami penurunan dengan penambahan dos penyinaran gamma. Fenomena ini menjadi lebih ketara apabila dos sinar gamma melebihi 10 kGy ( $p < 0.05$ ) seperti yang ditunjukkan oleh lengkungan profil pempesan yang semakin mendatar. Peningkatan kandungan amilosa dalam semua sampel kanji yang dirawat dengan sinaran gamma kurang daripada 10 kGy telah meningkatkan pembentukan RS dalam sampel-sampel kanji tersebut. Ini ditunjukkan oleh hasil kajian yang mendapati terdapat kesan interaksi ( $p < 0.05$ ) antara dos penyinaran gamma dengan kanji berlainan kandungan amilosa dalam mempengaruhi kandungan RS yang terbentuk. Apabila dos sinar gamma melebihi 10 kGy, peningkatan kandungan RS dalam semua sampel kanji kurang disebabkan oleh retrogradasi amilosa, sebaliknya lebih dipengaruhi oleh rangkaian silang aruhan sinaran yang terbentuk pada molekul kanji. Kajian ini menunjukkan penambahan dos sinar gamma telah meningkatkan kandungan RS dalam semua sampel kanji. Kandungan RS dalam *Hylon V* telah mengalami peningkatan sebanyak 14.9% setelah dirawat dengan sinar gamma 50 kGy, dan merupakan kanji dengan kandungan RS tertinggi antara semua sampel ( $p < 0.05$ ).

## **ABSTRACT**

### **EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON THE FORMATION OF RESISTANT STARCH**

*This study was aimed to determine the effect of gamma irradiation (5, 10, 25 dan 50 kGy) on the formation of resistant starch (RS) in four types of corn starches with different amylose content (waxy corn starch, normal corn starch, Hylon V and Hylon VII). The analysis carried out inclusive determination of moisture content, amylose content, carboxyl group content, pH value, pasting properties and RS content. Moisture content of all corn starches decreased significantly ( $p < 0.05$ ) with the increase of irradiation dosage due to the changes that affected the binding between starch molecule and water molecule. The amylose content for all corn starches increased when irradiated at 5 kGy and then decreased with increase of irradiation dosage. Rising irradiation dosage level increased the carboxyl group content and decreased the pH value as shown by the negative correlation ( $-0.787^{**}$ ,  $p < 0.01$ ). Hylon V and Hylon VII irradiated at 50 kGy had the highest carboxyl group content ( $p < 0.05$ ). The process of degradation and cross linking formation caused decrease in pasting parameters of all corn starches with increasing irradiation dosage. This phenomenon became more pronounced when the irradiation dosage exceeded 10 kGy ( $p < 0.05$ ), as shown by the flattening pasting profile. Increase in amylose content of all corn starches irradiated with less than 10 kGy had raised the RS content in the samples. An interaction effect ( $p < 0.05$ ) was found between irradiation dosage and corn starches with different amylose content in affecting the RS content. When the irradiation dosage level was more than 10 kGy, RS content increment in all corn starches was less affected by the retrogradation of amylose, rather more likely to be affected by the cross linking induced by irradiation in the starch molecules. This study found that increase irradiation dosage level could enhance the RS content in all starch samples. Hylon V showed 14.9% of RS content increment when irradiated at 50 kGy, this sample also exhibited the highest RS content among all starch samples studied ( $p < 0.05$ ).*



## Senarai Kandungan

	Halaman
<b>TAJUK</b>	i
<b>PENGAKUAN</b>	ii
<b>PENGESAHAN</b>	iii
<b>PENGHARGAAN</b>	iv
<b>ABSTRAK</b>	v
<b><i>ABSTRACT</i></b>	vi
<b>SENARAI KANDUNGAN</b>	vii
<b>SENARAI JADUAL</b>	ix
<b>SENARAI RAJAH</b>	x
<b>SENARAI FORMULA</b>	xi
<b>SENARAI UNIT</b>	xii
<b>SENARAI SIMBOL</b>	xiii
<b>SENARAI SINGKATAN</b>	xiv
<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xv
<b>Bab 1 PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif	4
1.3 Kepentingan Kajian	4
<b>Bab 2 ULASAN KEPUSTAKAAN</b>	5
2.1 Kanji	5
2.2 Kanji Rintang (RS)	7
2.3 Cara Penyediaan RS	9
2.3.1 Rawatan Terma	9
2.3.2 Rawatan Berenzim	10
2.3.3 Rawatan Penggabungan Terma dan Enzim	11
2.3.4 Rawatan Kimia	12
2.4 Penyinaran Gama	12
2.4.1 Kesan Terhadap Kanji	13
2.5 Kanji Jagung	15





<b>Bab 3 BAHAN DAN KAEDAH</b>	18
3.1 Bahan-bahan	18
3.2 Rekabentuk Eksperimen	18
3.3 Penentuan Kandungan Lembapan	18
3.4 Penentuan Kandungan Amilosa	19
3.5 Penentuan Kandungan Kumpulan Karboksil	19
3.6 Sifat Pempesan	20
3.7 Penentuan Kandungan Kanji Rintang	21
3.8 Analisis Statistik	22
<b>BAB 4 HASIL DAN PERBINCANGAN</b>	23
4.1 Kandungan Lembapan	23
4.2 Kandungan Amilosa	24
4.3 Kandungan Kumpulan Karboksil	27
4.4 Nilai pH	29
4.4 Sifat Pempesan	30
4.5 Kandungan RS	37
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Cadangan	43
<b>RUJUKAN</b>	45
<b>LAMPIRAN</b>	51

## SENARAI JADUAL

		Halaman
Jadual 4.1	Kandungan lembapan (%) bagi kanji jagung	23
Jadual 4.2	Kandungan amilosa (%) dalam kanji jagung yang dirawat dengan dos sinar gamma yang berlainan	24
Jadual 4.3	Kandungan kumpulan karboksil (%) dalam kanji yang dirawat dengan dos penyinaran gamma yang berlainan	27
Jadual 4.4	Nilai pH dalam kanji jagung yang dirawat dengan dos sinar gamma yang berlainan	29
Jadual 4.5	Sifat pempesan pada kanji jagung yang dirawat dengan dos sinar gamma yang berlainan	32
Jadual 4.6	Kandungan RS dalam kanji jagung yang dirawat dengan dos sinar gamma yang berlainan	37



## SENARAI RAJAH

	Halaman
Rajah 2.1 Struktur kanji jagung melalui mikrograf elektron pengimbasan bagi (a) <i>waxy</i> , (b) normal, (c) <i>Hylon V</i> dan (d) <i>Hylon VII</i>	17
Rajah 4.1 Piawai untuk kandungan amilosa	24
Rajah 4.2 Profil pempesan RVA bagi (1) kanji jagung <i>waxy</i> , (2) kanji jagung biasa, (3) <i>Hylon V</i> dan (4) <i>Hylon VII</i>	31

## SENARAI FORMULA

		Halaman
Persamaan 3.1	Peratusan Kandungan Lembapan	19
Persamaan 3.2	Peratusan Kandungan Kumpulan Karboksil	21
Persamaan 3.3	Penentuan Kandungan Kanji Rintang	22



## SENARAI UNIT

kGy	kilo Gray
$\mu\text{m}$	micrometer
$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celsius
$\mu$	micro
g	gram
mg	miligram
ml	mililiter
rpm	<i>revolutions per minut</i>
M	molar
N	normality



## SENARAI SIMBOL

$\alpha$	alfa
$\beta$	beta
%	peratus
w/w	<i>weight per weight</i>
$^{60}\text{Co}$	isotop kobalt 60
<	kurang daripada
>	lebih daripada
-COOH	kumpulan karboksil
$\geq$	sama dengan atau lebih besar

## SENARAI SINGKATAN

AACC	<i>American Association of Cereal Chemists</i>
AMG	Amiloglukosidase
B	<i>Breakdown</i>
DMSO	Dimethylsulfoksida
DP	Darjah pempolimeran
EU	Kesatuan Eropah
FAO	Pertubuhan Makanan dan Pertanian
KA	Kelikatan akhir
PK	Puncak kelikatan
PT	Masa puncak
RDS	Kanji yang cepat dicerna
RS	Kanji rintang
S	<i>Setback</i>
SDS	Kanji yang lambat dicerna
SP	Suhu pempesan

## SENARAI LAMPIRAN

	Halaman	
Lampiran A	Kesan interaksi antara dos penyinaran gamma dengan jenis kanji jagung yang berlainan kandungan amilosa	51
Lampiran B	Kolerasi Pearson antara kandungan karboksil dengan nilai pH kanji jagung	52
Lampiran C	Analisis statistik untuk kandungan lembapan	53
Lampiran D	Analisis statistik untuk kandungan amilosa	56
Lampiran E	Analisis statistik untuk kandungan karboksil	59
Lampiran F	Analisis statistik untuk nilai pH	62
Lampiran G	Analisis statistik untuk sifat pempesan	66
Lampiran H	Analisis statistik untuk kandungan RS	85



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Pengenalan

Kanji merupakan polisakarida yang paling banyak dijumpai dalam tumbuhan (Steve, 2005). Ia berbentuk butiran dan disimpan dalam kloroplas daun hijau serta amiloplas biji benih, biji-bijian dan umbi-umbian (Sajilata *et al.*, 2006). Kanji terdiri daripada rangkaian unit-unit glukosa yang terikat dengan ikatan glikosida dan membentuk dua komponen utama, iaitu amilosa dan amilopektin (Leszyński, 2004). Amilosa merupakan rangkaian linear yang unit-unit glukosanya terikat dengan ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosida, manakala amilopektin adalah rangkaian bercabang yang terikat dengan ikatan  $\alpha$ -1,6-glikosida selain daripada ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosida (Leszyński, 2004). Nisbah amilosa dengan amilopektin adalah berbeza mengikut jenis kanji, di mana kanji *waxy* mengandungi amilosa kurang daripada 15%; 20-35% amilosa dalam kanji biasa; dan kanji berkandungan amilosa tinggi pula mengandungi lebih daripada 40% amilosa (Tester *et al.*, 2004).

Kanji dapat dikategorikan kepada tiga jenis berdasarkan kebolehcernaan, iaitu kanji yang cepat dicerna (*Rapid Digestible Starch* – RDS), kanji yang lambat dicerna (*Slowly Digestible Starch* – SDS), dan kanji rintang (*Resistant Starch* – RS) (Sajilata *et al.*, 2006). Kanji rintang dikenali terlebih dahulu oleh Englyst *et al.* (1982) sebagai kanji dalam bentuk pecahan kecil yang rintang terhadap hidrolisis oleh enzim  $\alpha$ -amilase dan pululanase. Selepas itu, kajian-kajian berterusan telah dijalankan, dan kanji rintang telah diberi definisi sebagai butiran kanji yang tidak dapat dicerna dan diserap dalam usus kecil, dan mungkin dapat dicernakan dalam usus besar seseorang individu yang sihat (Englyst *et al.*, 1992). Kanji rintang yang berada di kolon akan difermentasi oleh mikroflora kepada asid lemak berantai pendek, contohnya asid butirik (Sajilata *et al.*, 2006). Kanji rintang yang terkandung dalam makanan memberikan beberapa manfaat, contohnya membantu dalam pencegahan kanser kolon, berfungsi sebagai prebiotik, mengurangkan pembentukan batu hempedu, memberi kesan positif kepada pesakit hiperglisemia



(gula darah tinggi) serta hiperkolesterolemia (kolesterol darah tinggi) dan lain-lain (Sajilata *et al.*, 2006).

Pada umumnya, kanji rintang (RS) boleh dibahagikan kepada empat kategori, iaitu RS1, RS2, RS3, serta RS4. RS1 merupakan kanji dalam bijian sempurna yang dilindungi secara fizikal daripada proses pencernaan, contohnya kanji dalam kekacang; RS2 pula adalah butiran kanji mentah yang belum diproses, dan tersusun mampat dalam sesetengah tumbuhan dengan pola berjejari, misalnya kanji dalam ubi kentang serta pisang, dan biasanya dalam keadaan nyahidrat; RS3 dirujuk sebagai kanji yang telah mengalami retrogradasi, contohnya kanji dalam ubi kentang yang telah dimasak dan disejukkan; dan RS4 adalah kanji terubahsuai secara kimia, fizikal atau kedua-duanya (Leszczyński, 2004; Sajilata *et al.*, 2006). Kanji rintang boleh disediakan melalui beberapa cara, misalnya rawatan terma, rawatan berenzim, rawatan penggabungan terma dan enzim, serta rawatan kimia (Sajilata *et al.*, 2006).

Penyinaran gamma merupakan satu proses ionik yang diaplikasikan pada makanan untuk tujuan pemanjangan hayat penyimpanan produk melalui pengurangan kerosakan dan jumlah mikroorganisma patogenik (Chung dan Liu, 2010). Laporan Pertubuhan Makanan dan Pertanian (FAO, 1999) telah mengesahkan bahawa kandungan nutrisi dalam makanan yang dirawat dengan sinar gamma tidak akan terjejas dan makanan tersebut adalah selamat dimakan. Sinar gamma akan menyebabkan perubahan pada struktur molekul dan sifat fizikokimia kanji (Kong *et al.*, 2009) dengan mendegradasikan rantaian polimerik melalui proses hidrolisis oleh radikal bebas yang dijana semasa rawatan penyinaran gamma (Singh *et al.*, 2011). Proses degradasi ini mengakibatkan pengurangan yang signifikan pada berat molekul amilosa dan amilopektin serta pada sifat kelikatan sewaktu pempesan; dan peningkatan dalam sifat keterlarutan dan keasidan (Chung dan Liu, 2010). Suhu pengelatinan pada kanji yang telah dirawat juga menunjukkan peningkatan pada dos penyinaran yang rendah (kurang daripada 10 kGy), dan menurun pada dos penyinaran yang tinggi (lebih daripada 10 kGy); manakala suhu retrogradasi menunjukkan peningkatan apabila dos

penyinaran semakin meningkat (Yu dan Wang, 2007; Chung dan Liu, 2009; Chung dan Liu, 2010).

Tambahan pula, rawatan penyinaran gamma juga dilaporkan memberi keputusan positif dalam pembentukan RS (Chung dan Liu, 2009). Penyinaran gamma telah mencetuskan proses degradasi yang mengecilkan molekul-molekul kanji (Lee *et al.*, 2006). Keadaan ini dikatakan akan mengakibatkan peningkatan pada kebolehceraan kanji; namun pelbagai jenis kanji yang dirawat dengan sinar gamma telah menunjukkan penurunan pada kebolehceraan (Chung dan Liu, 2009; Chung dan Liu, 2010; Yoon *et al.*, 2010). Kajian kesan penyinaran gamma terhadap pembentukan kanji rintang untuk kanji ubi kentang dan kanji kacang putih masing-masing melaporkan peningkatan kandungan RS sebanyak 1.9% dan 9.6% dengan menggunakan dos penyinaran gamma dalam lingkungan 0-50 kGy (Chung dan Liu, 2010).

Selain itu, peningkatan kandungan RS sebanyak 5.4% untuk kanji jagung biasa yang dirawat dengan dos sinar gamma dalam lingkungan 0-50 kGy juga dilaporkan (Chung dan Liu, 2009). Menurut Yoon *et al.* (2010), apabila kanji jagung *waxy* dan biasa dirawat dengan dos sinar gamma dalam lingkungan 0-20 kGy, kandungan RS didapati masing-masing meningkat sebanyak 1.2% dan 3.2%. Peningkatan pada kandungan RS berkemungkinan disebabkan oleh peningkatan nisbah ikatan  $\beta$ -(1-3) dan  $\beta$ -(1-4) dalam kanji akibat daripada transglukosidasi (Rombo *et al.*, 2004). Selain itu, penambahan molekul berantainya pendek dan linear yang disebabkan oleh proses degradasi menyebabkan kanji lebih mudah mengalami proses retrogradasi (Chung dan Liu, 2009). Pembentukan kumpulan karboksil akibat daripada proses pengoksidaan semasa menjalankan rawatan sinar gamma juga dikatakan telah menjadi punca pengurangan kebolehceraan kanji (Chung dan Liu, 2009). Namun, kajian-kajian ini hanya mengkaji tentang penambahan kandungan RS pada kanji jagung *waxy* dan biasa; kajian pada kanji jagung yang tinggi kandungan amilosanya, seperti kanji jagung *Hylon V* dan kanji jagung *Hylon VII* tidak pernah dilaporkan.

## 1.2 Objektif

Kajian ini dijalankan untuk:

- 1) Menentukan kesan penyinaran gamma terhadap kandungan RS yang dibentuk dalam kanji jagung berlainan kandungan amilosa.
- 2) Menentukan sama ada wujudnya kesan interaksi antara dos penyinaran gamma dan jenis kanji jagung yang berlainan kandungan amilosa terhadap kandungan RS yang dibentuk.

## 1.3 Kepentingan kajian

Kajian ini dapat mengetahui kesan penyinaran gamma terhadap pembentukan RS, seterusnya dapat menentukan dos sinar gamma yang sesuai digunakan dalam penghasilan kanji dengan kandungan RS yang tinggi. Kajian ini turut dapat membuktikan potensi rawatan penyinaran gamma dalam penghasilan kanji rintang yang banyak bermanfaat kepada kesihatan. Rawatan radiasi mempunyai banyak kelebihan berbanding dengan kaedah pemprosesan yang lain seperti tidak memerlukan prosedur rumit dalam penyediaan sampel, lebih cepat, mesra alam dan tidak akan menyebabkan peningkatan yang signifikan pada suhu sampel (Bhat dan Karim, 2009). Selain itu, kanji yang dirawat dengan penyinaran gamma juga dapat dipanjangkan tempoh hayat penyimpanan serta meningkatkan keselamatan makanan dengan mengurangkan mikroorganisma perosak dan patogenik yang ada pada kanji (Chung dan Liu, 2009). Sebagai salah satu kaedah dalam pengubahsuaian kanji secara fizikal, rawatan penyinaran gamma adalah lebih sanitasi di antara pelbagai jenis kaedah pemprosesan makanan disebabkan bahan-bahan yang dirawat boleh dibungkus dalam pembungkusan asalnya yang boleh ditembusi oleh sinar gamma (Bao *et al.*, 2005).

## BAB 2

### ULASAN KEPUSTAKAAN

#### 2.1 Kanji

Kanji merupakan polimer glukosa yang dihasilkan melalui proses fotosintesis dan disimpan sebagai bahan penyimpanan karbohidrat yang utama di pelbagai bahagian dalam tumbuhan, seperti biji-biji benih, umbi-umbian, dan batang tumbuhan (Phillips dan Williams, 2009). Kanji yang disimpan dalam tumbuhan berbentuk granul padat, tidak larut dalam air sejuk dan saiznya bergantung kepada spesis tumbuhan, biasanya dalam lingkungan 1-100  $\mu\text{m}$  (Steve, 2005). Pada umumnya, kanji diaplikasikan sebagai bahan mentah dalam ramuan makanan, bahan persediaan untuk kertas, tekstil dan plastik berasaskan kanji (Steve, 2005).

Molekul-molekul utama dalam kanji terdiri daripada amilosa dan amilopektin yang terikat dengan ikatan unit-unit glukosa (Phillips dan Williams, 2009). Amilosa adalah polisakarida linear yang terikat dengan ikatan glikosida  $\alpha$ -1,4; manakala amilopektin pula polisakarida dalam rangkaian bercabang dan terikat dengan ikatan glikosida  $\alpha$ -1,6 selain daripada  $\alpha$ -1,4 (Serna-Saldivar, 2010). Kandungan amilosa dalam kebanyakan kanji asli adalah berada dalam lingkungan 15-30% (Phillips dan Williams, 2009). Dengan memanipulasikan satu atau lebih ekspresi gen yang berperanan dalam mensintesis kanji, jenis dan jumlah penghasilan kanji dapat diubah, contohnya menghasilkan kanji dengan kandungan amilosa yang tinggi atau tiada amilosa (Steve, 2005).

Molekul-molekul kanji diikat bersama dengan ikatan hidrogen, bersusun secara berjejari dalam granul dan bersifat separa hablur (Steve, 2005). Rangkaian-rangkaian amilosa adalah tersusun dalam struktur heliks berganda, dan suhu yang diperlukan untuk menguraikan struktur ini akan meningkat dengan penambahan dalam panjang rangkaian yang terikat (Phillips dan Williams, 2009). Amilosa mengandungi 1,500 molekul glukosa dengan jumlah berat molekul adalah

$2.5 \times 10^5$ ; manakala berat setiap molekul amilopektin adalah  $10^8$  (600,000 unit glukosa) (Serna-Saldivar, 2010).

Dalam granul kanji terdapat rantau berhablur dan rantau amorf (Steve, 2005). Amilopektin bertempat terutamanya pada rantau berhablur manakala amilosa pada rantau amorf (Phillips dan Williams, 2009). Rantau amorf adalah lebih rentan kepada serangan asid dan enzim, dan air akan masuk terlebih dahulu ke dalam rantau ini semasa pengelatinan (Phillips dan Williams, 2009). Apabila ampai kanji dipanaskan dalam air berlebihan, struktur heliks berganda pada amilopektin akan hilang dan granul kanji akan bengkak, seterusnya kehilangan struktur birefringens, dan menunjukkan peningkatan dalam kelikatan (Serna-Saldivar, 2010). Proses ini dikenali sebagai pengelatinan. Sewaktu penyimpanan, kanji akan bersusun semula ke dalam struktur teratur dan susunan berhablur akan terjadi (Steve, 2005). Peringkat pertama dalam penyusunan semula struktur berhablur adalah pembentukan rantau berhablur oleh amilosa, dan peringkat kedua adalah pembentukan struktur teratur dalam amilopektin (Steve, 2005). Proses ini dikenali sebagai retrogradasi.

Di samping itu, terdapat satu keadaan yang dikenali sebagai pempesan. Ini merupakan suatu keadaan yang berlaku selepas pengelatinan, dan suhu pempesan melambangkan suhu minimum yang diperlukan untuk memasak kanji tersebut (Steve, 2005). Puncak kelikatan pula akan diperolehi apabila titik keseimbangan antara pembengkakan dan pemecahan polimer dicapai (Steve, 2005). Kedua-dua nilai ini telah menggambarkan keupayaan pengikatan kanji kepada air (Steve, 2005). Selepas itu, suhu akan ditingkatkan lagi dan dikekalkan untuk satu tempoh masa tertentu, di mana granul kanji akan pecah dan kelikatan kanji akan menurun, dan ini dapat menunjukkan kestabilan sesuatu pes (Steve, 2005).

Berdasarkan kebolehcernaan, kanji boleh dikategorikan kepada tiga jenis iaitu RDS, SDS dan RS (Sajilata *et al.*, 2006). RDS adalah bahagian kanji yang mengakibatkan peningkatan cepat pada paras gula darah selepas makan; SDS merupakan bahagian kanji yang dicernakan dalam usus kecil pada kadar yang lebih

lambat daripada RDS; dan RS pula kanji yang tidak dapat dicernakan dalam usus kecil, tetapi akan difermentasi dalam usus besar (Chung dan Liu, 2009).

## 2.2 Kanji rintang (RS)

RS boleh dikelaskan kepada empat kategori yang dinamakan sebagai RS1, RS2, RS3 dan RS4 (Erickson, 2005). RS1 adalah kanji yang dilindungi secara fizikal daripada pencernaan sama ada oleh dinding sel atau protein yang tidak boleh dicerna, misalnya dalam bijian dan biji benih yang dikisar separa; RS2 pula adalah butiran kanji mentah yang tersusun mampat dalam pola berjejari dan berkeadaan nyahhidrat, contohnya kanji dalam pisang yang belum masak dan ubi kentang mentah (Erickson, 2005; Sajilata *et al.*, 2006; Kasapis *et al.*, 2009). RS1 dan RS2 boleh didapati dalam makanan yang masih belum diproses, dan pemrosesan pada makanan-makanan tersebut akan memusnahkan RS1 dan RS2 (Kasapis *et al.*, 2009). RS3 pula diperoleh melalui proses retrogradasi yang melibatkan pembentukan struktur heliks berganda oleh amilosa sewaktu penyejukan (Erickson, 2005). RS4 termasuk kanji yang diubahsuai melalui rawatan kimia, fizikal, atau kedua-duanya (Leszczyński, 2004). Ikatan-ikatan kimia yang selain daripada ikatan glikosida  $\alpha$ -1,4 dan  $\alpha$ -1,6 akan dibentuk dalam jenis RS ini (Sajilata *et al.*, 2006).

RS memainkan beberapa peranan penting dalam tubuh manusia, contohnya membantu dalam pencegahan kanser kolon, berfungsi sebagai prebiotik, membantu dalam pengurangan pembentukan batu hempedu, memberi kesan positif kepada pesakit hiperglisemia (gula darah tinggi) serta hiperkolesterolemia (kolesterol darah tinggi) dan lain-lain (Sajilata *et al.*, 2006). Pengambilan makanan yang terkandung RS dapat merangsangkan proses fermentasi dalam kolon yang dibuktikan dengan penurunan pH pada lumen, dan peningkatan pada ketumpuan najis serta penghasilan asid lemak berantai pendek, terutamanya asetat, propionat dan butirir (Kasapis *et al.*, 2009). Disebabkan kebanyakan RS terlepas daripada pencernaan dalam usus kecil, ia berfungsi sebagai substrak (prebiotik) kepada mikroorganisma probiotik (Sajilata *et al.*, 2006) dan mencetuskan proses fermentasi. Hasil daripada proses ini, terutamanya butirir, merupakan sumber tenaga yang utama bagi sel-sel epitelium dalam usus besar dan menghalang sel-sel ini daripada mengalami pertumbuhan maglinan, lalu membantu dalam pencegahan

kanser kolon (Sajilata *et al.*, 2006). Pelbagai manfaat yang diperoleh daripada RS dalam makanan telah menyebabkan United States mencadangkan pengambilan sebanyak 48 g (wholegrains) sehari yang mengandungi kira-kira 8 g RS, 2 g serabut boleh larut dan 8 g serabut lain jenis (Lunn dan Butriss, 2007).

RS telah dilaporkan mempunyai kemampuan dalam pengurangan pembentukan batu hempedu (Sajilata *et al.*, 2006). Kanji yang boleh dicernakan akan mencetuskan penghasilan insulin yang banyak, lalu merangsangkan sintesis kolesterol, dan akhirnya mungkin mengakibatkan pembentukan batu hempedu (Sajilata *et al.*, 2006). Didapati bahawa penyakit batu hempedu adalah jarang dijumpai di bahagian selatan India yang biasanya mengambil bijian sempurna berbanding dengan penggunaan tepung di bahagian utara India; dan perbezaan dalam jumlah penyakit batu hempedu antara negara-negara seperti Amerika Syarikat, Eropah dan Australia dengan negara India dan China mungkin disebabkan oleh kekurangan sebanyak dua hingga empat kali ganda dalam pengambilan RS (Birkett *et al.*, 2000).

Penggunaan RS sebagai pengganti kanji yang boleh dicerna didapati mampu melambatkan gerak balas glisemia dan insulinemik (Phillips dan Williams, 2009). Makanan yang mengandungi RS mengambil kira-kira lima hingga tujuh jam untuk dicernakan selepas makan, dan sifat ini membolehkan pengawalan pada pembebasan glukosa ke dalam darah selepas makan di samping memanjangkan tempoh kekenyangan (Sajilata *et al.*, 2006). Sebanyak 14% atau lebih RS dalam kandungan karbohidrat makanan dilaporkan dapat meningkatkan kepekaan insulin (Higgins *et al.*, 2004). RS juga dikatakan mampu menurunkan kolesterol plasma dan/atau trigliserida, mungkin melalui modulasi asid hempedu serta meneutralkan metabolisme sterol (Kasapis *et al.*, 2009).

Dalam industri makanan, RS biasanya digunakan dalam pemrosesan produk bakar serta makanan semperit. Ciri-ciri RS seperti keupayaan pegangan air yang rendah dapat membantu dalam pemrosesan makanan kerana tidak menjejaskan kelikatan dan reologi pada doh; dan menambahkan kualiti organoleptik makanan sebagai pengganti kepada serabut diet dalam ramuan



## RUJUKAN

- AACC International. 2009. *Approved Methods of Analysis*. (11<sup>th</sup> Edition). Method 44-19.01. Moisture. St Paul, MN: AACC International Press.
- American Association of Cereal Chemists (AACC). 2000. *Megazyme RS Kit*. American Association of Cereal Chemists: USA.
- Abdul Karim, A., Norziah, M.H. dan Seow C.C. 2000. Methods for the study of starch retrogradation. *Food Chemistry*. **71** (1): 9-36.
- Anderson, R.A., Vojnovich, C. Dan Griffin, E.L.JR. 1961. Wet-milling high amylose corn containing 66- to 68-percent-amylose starch. *Cereal Chemistry*. **38**: 84-93.
- ANTEC. 2006. *Plastics: Annual Technical Conference Proceedings*. Society of Plastics Engineers.
- Baik, B.R., Yu, J.Y., Yoon, H.S., Lee, J.W., Byun, M.W., Baik, B.K. dan Lim, S.T. 2010. Physicochemical properties of waxy and normal maize starches irradiated at various pH and salt concentrations. *Starch*. **62**: 41-48.
- Bao, J.S., Ao, Z.H. dan Jane J.I. 2005. Characterization of physical properties of flour and starch obtained from gamma-irradiated white rice. *Starch*. **57** (10): 480-487.
- BeMiller, J. dan Whistler, R. 2009. *Starch: Chemistry and Technology*. (3rd Edition). London: Academic Press.
- Bertoft, E. 2005. On the nature of categories of chains in amylopectin and their connection to the super helix model. *Carbohydrate Polymers*. **57** (2): 211-224.
- Bhat, R. dan Karim, A.A. 2009. Impact of Radiation Processing on Starch. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food safety*. **8** (2): 44 – 58.
- Birkett, A.M., Mathers, J.C., Jones, G.P., Walker K.Z., Roth M.J. dan Muir, J.G. 2000. Changes to the quantity and processing of starchy foods in a western diet can increase polysaccharides escaping digestion and improve in vitro fermentation variables. *British Journal of Nutrition*. **84** (1): 63-72.
- Champ, M., Langkilde, A.M., Browns, F., Kettlits, B. dan Le-Bail-Collet, Y. 2003. Advances in dietary fiber characterization. 2. Consumption, chemistry, physiology and measurement of resistant starch: implications for health and food labeling. *Nutrition Research Reviews*. **16** (2): 143-161.
- Chávez-Murillo, C.E., Wang, Y-J., dan Bello-Pérez, L.A. 2008. Morphological, physicochemical and structural characteristics of oxidized barley and corn starches. *Starch*. **60** (1): 634-645.



- Chung, H.J. dan Liu, Q. 2009. Effect of Gamma Irradiation on Molecular Structure and Physicochemical Properties of Corn Starch. *Journal of Food Science*. **74** (5): 353 – 361.
- Chung, H.J. dan Liu, Q. 2010. Molecular Structure and Physicochemical Properties of Potato and Bean Starches as Affected by Gamma-irradiation. *International Journal of Biological Macromolecules*. **47** (2): 214 – 222.
- Chung, H.J., Shin, D.H., dan Lim, S.T. 2008. In vitro starch digestibility and estimated glycemic index of chemically modified corn starches. *Food Research Int.* **41**: 579-585
- Ciesla, K. Dan Eliasson, A.C. 2002. Influence of gamma irradiation on potato starch gelatinization studied by differential scanning calorimetry. *Radiation Physics and Chemistry*. **64** (2): 137-148.
- Duarte, P.R. dan Rupnow, J.H. 1994. Gamma-Irradiated Dry Bean (*Phaseolus vulgaris*) Starch: Physicochemical Properties. *Journal of Food Science*. **59** (4): 839-843.
- Eliason, A.C. 2004. *Starch in food: structure, function and applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Englyst, H.N., Wiggins, H.S. dan Cummings, J.H. 1982. Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid-chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst*. **107**: 307-318.
- Englyst, H.N., Kingman, S.M. dan Cummings, J.H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*. **46** (Suppl.2): S30-S50.
- Erickson, W. 2005. The Baker's tool box for developing health-promoting products. *Cereal Foods World*. **50** (1): 6-8.
- FAO/IAEA/WHO ICGFI. 1999. High-dose irradiation: wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. *Technical Report Series No. 89*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fertig, C.C., Podczek, F., Jee, R.D. dan Smith, M.R. 2004. Feasibility study for the rapid determination of the amylose content in starch by near-infrared spectroscopy. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. **21** (2-3): 155-159.
- Freire, A.C., Fertig, C.C., Podczek, F., Veiga, F., dan Sousa, J. 2009. Starch-based coatings for colon-specific drug delivery. Part 1: The influence of heat treatment on the physico-chemical properties of high amylose maize. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. **72** (3): 574-586.

- Gani, A., Bashir, M., Wani, S.M. dan Masoodi, F.A. 2012. Modification of bean starch by  $\gamma$ -irradiation: effect on functional and morphological properties. *LWT-Food Science and Technology*. **49** (1): 162-169.
- Gao, Q., Li, S., Jian, H. dan Liang, S. 2011. Preparation and properties of resistant starch from corn starch with enzymes. *African Journal of Biotechnology*. **10** (7): 1186-1193.
- Hamilton, J.V., Schmidt, M.B., Greer, K.W. dan Shah, C. 1998. Improved UHMWPE through the control of sterilization dose and atmosphere. *Journal of Radiation and Physics Chemistry*. **52** (1): 283-288.
- Han, J.H. 2005. *Innovations in Food Packaging*. California: Elsevier Academic Press.
- Haralampu, S.G. dan Gross. A. 1998. Granular RS and method of making. US Patent 58, 49, 090.
- Haralampu, S.G. 2000. Resistant Starch – a review of the physical properties and biological impact of RS<sub>3</sub>. *Carbohydrate Polymers*. **41** (3): 285 – 292.
- Haynes, L., Gimmler, N., Locke, J.P., Mee-Ra-Kweon, Slade, L. dan Levine, H. 2000. Process of making enzyme-resistant starch for reduced-calorie flour replacer. US Patent 6, 013, 299.
- Higgins, J.A. *et al.* 2004. Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. *Journal of Nutrition and Metabolism*. **1** (8): 1-8
- Hoover, R. dan Ratnayake, W.S. 2001. Determination of total amylose content of starch. In Wrolstad, R.E., Schwartz, S.J., Acree, T.E., Shoemaker, C.F., Decker, E.A., Smith, D., Penner, M.H., Sporns, P. dan Reid, D.S. (eds.). *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, pp. E2.3.1-E.2.3.5. USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Jiranuntakul, W., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., Pancha-arnon, S., dan Uttapap, D. 2010. Microstructural and physicochemical properties of heat-moisture treated waxy and normal starches. *Journal of Food Engineering*. **104** (2): 246-258.
- Kasapis, S., Norton, I.T. dan Ubbink, J.B. 2009. *Modern Biopolymer Science: bridging the divide between fundamental treatise and industrial application*. London: Academic Press.
- Kibar, E.A.A., Gönenç, I dan Us, F. 2010. Gelatinization of waxy, normal and high amylose corn starches. *GIDA*. **35** (4): 237-244.
- Kim, S.K dan Kwak, J.E. 2009. Formation of resistant starch in corn starch and estimation of its content from physicochemical properties. *Starch*. **61** (9): 514-519.

- King, J.M. dan Tan, S.Y. 2005. Resistant starch with cooking properties similar to untreated starch. *US Patent Application 20050089624*.
- Kong, X., Kasapis, S., Bao, J. dan Corke, H. 2009. Effect of gamma irradiation on the thermal and rheological properties of grain amaranth starch. *Radiation Physica and Chemistry*. **78** (11): 854-960.
- Korotchenko, K.A., Pristupa, A.I. dan Sharpatyi V.A. 2004. Radiation Chemistry of Polysaccharides: 2. Free-Radical Mechanisms of Formation of Citric Acid and Dicarboxylic Acid. *High Energy Chemistry*. **38** (2): 81-85.
- Kuakpetoon, D. dan Wang, Y-J. 2006. Structural characteristics and physicochemical properties of oxidized corn starches varying in amylose content. *Carbohydrate Research*. **341** (1): 1896-1915.
- Lee, J.S., Kumar, R.N., Rozman, H.D. dan Azemi, B.M.N. 2005. Pasting, swelling and solubility properties of UV initiated starch-graft-poly (AA). *Journal of Food Chemistry*. **91** (2): 203-211.
- Lee, Y.J., Kim, S.Y., Lim, S.T., Han, S.M., Kim, H.M. dan Kang, I.J. 2006. Physicochemical properties of gamma-irradiated corn starch. *Journal of Food Science and Nutrition*. **11** (2): 146-154.
- Leszczyński, W. 2004. Resistant Starch – Classification, Structure, Production. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. **13/54** (ST1): 37 – 50.
- Lewis, G. 2001. Properties of crosslinked ultra-high-molecular-weight polyethylene. *Journal of Biomaterials*. **22** (4): 371-401.
- Liu, T., Ma, Y., Xue, S. Dan Shi, J. 2012. Modification of structure and physicochemical properties of maize starch by  $\gamma$ -irradiation treatments. *LWT-Food Science and Technology*. **46** (1): 156-163.
- Lunn, J., dan Buttriss, J. 2007. Carbohydrates and dietary fibre, review. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*. **32**: 21-64.
- Mahungu, N.M. dan Manyong, V.M. 2007. *Advances in root and tuber crops technologies for sustainable food security, improved nutrition, wealth creation and environmental conservation in Africa*. Proceedings of 9th ISTRC-AB symposium, Mombosa, Kenya, 1-5 November 2004.
- Miller, R.B. 2005. *Electronic irradiation of foods: an introduction to the technology*. New York: Springer Science.
- Ocloo, F.C.K., Otoo, G., Nkansah, R.M., Mahami, T., Odonkor, S., dan Quayson, E.T. 2011. Functional and physicochemical characteristics of starch obtained from gamma-irradiated sweet potato (*Ipomea batatas* L.). *Journal of Agriculture and Food Technology*. **1** (7): 116-122.



- Othmer, K. 2007. *Food and feed technology*. Volume 1. USA: John Wiley and Sons.
- Ozturk, S., Koxsel, H., Kahraman, K., dan Ng, P.K.W. 2009. Effect of debranching and heat treatments on formation and functional properties of resistant starch from high-amylose corn starches. *European Food Research and Technology*. **229** (1): 115-125.
- Phillips, G.O. dan Williams, P.A. 2009. *Handbook of hydrocolloids*. (2<sup>nd</sup> Edition). Cambridge: CRC Press.
- Rombo, G.O., Taylor, J.R. dan Minnaar, A. 2004. Irradiation of maize and bean flours: effects on starch physicochemical properties. *Journal of Science and Food Agriculture*. **84**(4): 497-502.
- Sajilata, M.G., Singhai, R.S. dan Kulkarni, P.R. 2006. Resistant Starch – a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food safety*. **5** (1): 1 – 17.
- Sandhu, K.S., Kaur, M., Singh, N., dan Lim, S-T. 2008. A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches: physicochemical, thermal, morphological and pasting properties. *LWT – Food Science and Technology*. **41** (6): 1000-1010.
- Sasaki, T., Yasui, T., dan Matsuki, J. 2001. Effect of amylose content on gelatinization, retrogradation and pasting properties of starches from waxy and nonwaxy wheat and their F1 seeds. *Cereal Chemistry*. **77** (1): 58-63.
- Serna-Saldivar, S.O. 2010. *Cereal Grains: Properties, Processing and Nutritional Attributes*. Boca Raton: CRC Press.
- Sharpatyi, V.A. 2003. Radiation Chemistry of Polysaccharides: 1. Mechanisms of Carbon Monoxide and Formic Acid Formation. *High Energy Chemistry*. **37** (6): 369-372.
- Shogren, R.L. 1996. Preparation, thermal properties, and extrusion of high-amylose starch acetates. *Carbohydrate Polymers*. **29** (1): 57-62.
- Singh, S., Singh, N., Ezekie, R. dan Kaur, A. 2011. Effects of gamma-irradiation on the morphological, structural, thermal and rheological properties of potato starches. *Carbohydrate Polymer*. **83** (4): 1521 – 1528.
- Sokhey, A.S. dan Chinnaswamy, R. 1993. Chemical and Molecular Properties of Irradiated Starch Extrudates. *Cereal Chemistry*. **70** (3): 260-268.
- Sokhey, A.S. dan Hanna, M.A. 1993. Properties of irradiated starch. *Food Structure Journal*. **12** (4): 397-410.
- Song, Y dan Jane, J. 2000. Characterization of barley starches of waxy, normal, and high amylose varieties. *Carbohydrate Polymers*. **41** (4): 365-377.

- Soral, S.M. dan Wronkowska, M. 2000. Resistant starch of pea origin. *Zywnosc*. **7** (2): 204-212.
- Steve, W.C. 2005. *Food carbohydrates: chemistry, physical properties and applications*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Stoker, H.S. 2012. *General, Organic, and Biological Chemistry*. (6<sup>th</sup> Edition). Singapore: Cengage Learning
- Tester, R.F., Karkalas, J. dan Xin, Q. 2004. Starch – composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*. **39** (2): 151-165.
- Thereier, H., Hollmann, J., Neese, U. dan Lindhauer, M.G. 2005. Structural and morphological factors influencing the quantification of resistant starch II in starches of different botanical origin. *Carbohydrate Polymers*. **61** (1): 72-79.
- Tsuji, K. dan Gordon, D.T. 1998. Energy value of a mixed glycosidic linked dextrin determined in rats. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. **46**:2253-225.
- Vanier, N.L. *et al.* 2012. Physicochemical, crystallinity, pasting and morphological properties of bean starch oxidised by different concentrations of sodium hypochlorite. *Food Chemistry*. **131** (4): 1255 – 1262.
- Wang, Y-J. dan Wang, L. 2003. Physicochemical properties of common and waxy corn starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydrate Polymers*. **52** (3): 207-217.
- Wu, D., Shu, Q., Wang, Z., dan Xia, Y. 2002. Effect of gamma irradiation on starch viscosity and physicochemical properties of different rice. *Radiation Physics and Chemistry*. **65** (1): 79-86.
- Würsch, P. 1999. Production of resistant starch. *Complex carbohydrates in food*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Yoon, H.S., Yoo, J.Y., Kim, J.H., Lee, J.W., Byun, M.W., Baik, B.K. dan Lim, S.T. 2010. In Vitro Digestibility of Gamma-irradiated Corn Starches. *Carbohydrate Polymers*. **81** (4): 961 – 963
- Yu, Y. dan Wang, J. 2007. Effect of Gamma-ray Irradiation on Starch Granule Structure and Physicochemical Properties of Rice. *Food Research International*. **40** (2): 297 – 303
- Zhang, H dan Jin, Z. 2011. Preparation of products rich in resistant starch from maize starch by an enzymatic method. *Carbohydrate Polymers*. **86**(4): 1610-1614.
- Zhou, X., Baik, B.K., Wang, R. dan Lim, S.T. 2010. Retrogradation of waxy and normal corn starch gels by temperature cycling. *Journal of Cereal Science*. **51** (1): 57-65.