การผลิตน้ำตาลกลูโคสจากมันสำปะหลังโดยการฉายรังสีแกมมาตามด้วยการย่อยสลายด้วยกรด

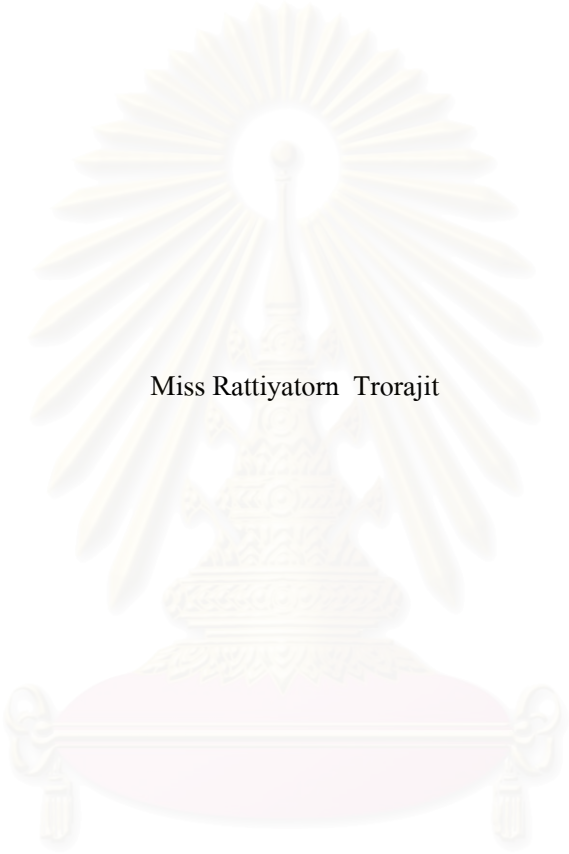
นางสาวรัตติยาธร ตรุระจิตต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF GLUCOSE FROM TAPIOCA BY GAMMA IRRADIATION FOLLOWED BY ACID DEGRADATION

Miss Rattiyatorn Trorajit



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Nuclear Technology
Department of Nuclear Technology
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตน้ำตาลกลูโคสจากมันสำปะหลังโดยการฉายรังสีแกมมาตามด้วยการย่อยสลายด้วยกรด
โดย	นางสาวรัตติยาธร ตรุระจิตต์
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. วีระชัย บัญชรเทวกุล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพิชชา จันทรโยธา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รัตติยาธร ตรุระจิตต์ : การผลิตน้ำตาลกลูโคสจากมันสำปะหลังโดยการฉายรังสีแกมมาตามด้วยการย่อยสลายด้วยกรด. (PRODUCTION OF GLUCOSE FROM TAPIOCA BY GAMMA IRRADIATION FOLLOWED BY ACID DEGRADATION) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล, 68 หน้า.

มันสำปะหลังประกอบด้วยอะไมโลส และอะไมโลเพคตินเป็นส่วนใหญ่ ส่วนประกอบเหล่านี้สามารถเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาลกลูโคสได้ ซึ่งเป็นที่ต้องการมากในปัจจุบันสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร, ยา หรือใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเอทานอล วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อผลิตน้ำตาลกลูโคสจากมันสำปะหลัง โดยใช้กรดและการฉายรังสีแกมมาร่วมกับกรด ผลการวิจัย พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายมันสำปะหลัง คือ การฉายรังสีแกมมาในช่วง 5-100 kGy แล้วนำมาย่อยสลายต่อด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่ความเข้มข้นของกรด 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C เป็นระยะเวลา 60 min ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้แปรผันตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลกลูโคสมีค่าสูงสุดร้อยละ 84.6 และ 83.88 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ที่ปริมาณรังสี 100 kGy เปรียบเทียบกับการย่อยสลายโดยใช้เฉพาะกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการฉายรังสีก่อนจะได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 11.8 และ 11.3 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา....นิวเคลียร์เทคโนโลยี.... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา...นิวเคลียร์เทคโนโลยี... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา.....2550.....

4970533621 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: ACID DEGRADATION / DINITROSALILYLIC ACID / UV-SPECTROPHOTOMETER

RATTIYATRON TRORAJIT : PRODUCTION OF GLUCOSE FROM TAPIOCA BY GAMMA IRRADIATION FOLLOWED BY ACID DEGRADATION. THESIS PRINCIPAL ADVISOR : SIRIWATTANA BANCHORNDHEVAKUL, 68 pp.

Tapica. starch mainly composes of amylose and amylopectin. These two compounds can be converted to glucose which is the basic material being used in food industry, medicine, and ethanol precursor. The purpose of this study is to find out the optimum conditions for tapioca starch degradation to get glucose as a product either by acid hydrolysis only (with hydrochloric acid or nitric acid) or by gamma irradiation of tapioca starch followed by acid hydrolysis. The results indicated the optimum acid hydrolysis condition to be 0.7 M concentration at 100 degree Celsius and 60 minutes time period for either hydrochloric acid or nitric acid hydrolysis with a total yield of glucose at 11.3 and 11.88% by weight, respectively. For gamma irradiation of tapioca starch at 5 to 100 kGy range followed by acid hydrolysis, the results showed an increasing yield of glucose with increasing amount of irradiated dose for all range. With similar acid hydrolysis condition applied to the irradiated starch, the optimum condition was revealed to be 100 kGy for irradiation and 0.7 M concentration at 100 degree Celsius and 60 minutes time period for either hydrochloric acid or nitric acid hydrolysis with a total yield of glucose at 83.88 and 84.6% by weight, respectively.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department……Nuclear Technology…….. Student's signature .....

Field of study…..Nuclear Technology ..... Principal Advisor's signature .....

Academic year….2007……

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำในทุก ๆ ด้าน รวมถึงอาจารย์ทุกท่านในภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้ต่าง ๆ มากมาย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์สำหรับการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการฉายรังสีแกมมา ด้วยเครื่อง Co-60

ท้ายสุดขอขอบคุณ ทุกๆ ท่านในภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี สำหรับความช่วยเหลือสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

ขอบเขตของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 2

วิธีดำเนินการวิจัย 2

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ทฤษฎี 3

2.1.1 หัวมันสำปะหลัง 3

2.1.2 ผลจากอันตรกิริยาของรังสีแกมมาที่มีต่ออาหาร 11

2.1.3 การย่อยสลายโมเลกุลของแป้ง 17

2.1.4 การย่อยสลายโมเลกุลของมันสำปะหลังด้วยรังสี 20

2.1.5 การย่อยสลายโมเลกุลของมันสำปะหลังด้วยสารเคมี 23

2.1.6 การใช้ประโยชน์จากการย่อยสลายมันสำปะหลัง 25

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27

3 วิธีดำเนินการวิจัย 28

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย 28

3.2 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย 28

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 28

3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 30

4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย 35

หน้า

4.1 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก 35
4.2 ผลการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบให้เป็นน้ำตาลกลูโคสโดยการฉายรังสีแกมมาร่วมกับกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก 51
5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 56
รายการอ้างอิง 58
ภาคผนวก ก 60
ภาคผนวก ข 66
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 68

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ส่วนประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังสดและแห้ง	5
4.1	ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 50^0C ใช้ระยะเวลา 30 min	35
4.2	ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 50^0C ใช้ระยะเวลา 30 min	36
4.3	ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 75^0C ใช้ระยะเวลา 30 min	39
4.4	ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 75 ^{0}C ใช้ระยะเวลา 30 min	40
4.5	ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C ใช้ระยะเวลา 30 min	43
4.6	ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C ใช้ระยะเวลา 30 min	44
4.7	ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C ใช้ระยะเวลา 30, 60 และ 90 min	48
4.8	ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C ใช้ระยะเวลา 30, 60 และ 90 min	49
4.9	ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยการฉายรังสีแกมมาร่วมกับกรดไนตริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C ใช้ระยะเวลา 60 min	52
4.10	ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยการฉายรังสีแกมมาร่วมกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C ใช้ระยะเวลา 60 min	54
ก.1	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่างๆ ของกลูโคสมาตรฐาน (กลุ่มที่ 1)	60
ก.2	ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 50^0C ใช้ระยะเวลา 30 min	61
ก.3	ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 75^0C ใช้ระยะเวลา 30 min	61
ก.4	ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 100^0C ใช้ระยะเวลา 30 min	62

ตาราง หน้า

ก.5 ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่าโดยใช้ความเข้มข้น 0.7 M กรดไนตริกหรือ กรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ 100^0C และใช้ระยะเวลา 30, 60 และ90 min 62

ก.6 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่างๆ ของกลูโคสมาตรฐาน (กลุ่มที่ 2) 63

ก.7 ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า โดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับกรดไนตริก เข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 60 min 64

ก.8 ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า โดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับกรด ไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 60 min 64

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
2.1	สูตรโครงสร้างของ Amylose	6
2.2	สูตรโครงสร้างของ Amylopectin	6
2.3	สูตรโครงสร้างของ α-D-glucose (reducing sugar	7
2.4	การีดิวซ์เฟห์ลิงรีเอเจนต์	8
2.5	ปฏิกิริยาระหว่าง aldose กับน้ำโบรมีน	8
2.6	ปฏิกิริยาระหว่าง aldose กับกรดไนตริก	9
2.7	ปฏิกิริยารีดักชัน	9
2.8	ปฏิกิริยามิวตาโรเตชัน	10
2.9	ปฏิกิริยาการเกิดโอซาโซน	11
2.10	การเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกเอฟเฟคต์	13
2.11	การเกิดปรากฏการณ์คอมป์ตัน	14
2.12	การเกิดแพร์โพรดักชัน	15
2.13	โอกาสในการเกิดอันตรกิริยาของรังสีแกมมาที่พลังงานสัมพันธ์กับเลขอะตอมของตัวกลาง	16
2.14	กระบวนการผลิตกลูโคสเหลว	26
3.1	หัวมันสำปะหลัง	28
3.2	เครื่องฉายรังสีแกมมา Co-60	29
3.3	เครื่อง spectrophotometer	29
3.4	หัวมันสำปะหลังแห้งบดละเอียด	30
3.5	ถุงบรรจุแป้งดิบขนาด 200 gที่ติด dosimeter ที่บริเวณได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุด	33
3.6	ถุงบรรจุแป้งดิบขนาด 200 gที่ติด dosimeter ที่บริเวณได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด	34
3.7	การบรรจุแป้งดิบเพื่อฉายรังสีแกมมาด้วยเครื่อง Co-60	34
4.1	ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 50 °C ใช้ระยะเวลา 30 min	36
4.2	ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 50 °C ใช้ระยะเวลา 30 min	37

ภาพประกอบ หน้า

4.3 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริก หรือกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0M ที่อุณหภูมิ 50 °C ใช้ระยะเวลา 30 min 38

4.4 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในแป้งดิบที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0M ที่อุณหภูมิ 75 °C ใช้ระยะเวลา 30 min 39

4.5 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในแป้งดิบที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 75 °C ใช้ระยะเวลา 30 min 41

4.6 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในแป้งดิบที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 75 °C ใช้ระยะเวลา 30 min 42

4.7 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในแป้งดิบที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริก เข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 100 °C ใช้ระยะเวลา 30 min 43

4.8 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในแป้งดิบที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 100 °C ใช้ระยะเวลา 30 min 45

4.9 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในแป้งดิบที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0M ที่อุณหภูมิ 100 °C ใช้ระยะเวลา 30 min 46

4.10 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 50 °C, 75 °C และ 100 °C ใช้ระยะเวลา 30 min 47

4.11 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 50 °C, 75 °C และ 100 °C ใช้ระยะเวลา 30 min 48

ภาพประกอบ หน้า

4.12 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3 ,0.5 ,0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 100 °C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 49
4.13 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 100 °C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 50
4.14 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกหรือไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 100 °C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 51
4.15 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับกรดไนตริกเข้มข้น 0.7M ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 60 min 53
4.16 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 60 min 54
4.17 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7M ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 60 min 55
ก.1 กราฟมาตรฐานกลูโคส ที่ Absorbance 540 nm (กลุ่มที่ 1) 60
ก.2 กราฟมาตรฐานกลูโคส ที่ Absorbance 540 nm(กลุ่มที่ 2) 63

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างยิ่งของประเทศไทยและได้ทำการเพาะปลูกมานานด้วยลักษณะเฉพาะของพืชชนิดนี้ที่สามารถเพาะปลูกได้ง่าย ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวน มีความทนแล้งได้ดี ขยายพันธุ์ได้ง่ายให้ผลผลิตสูงและต้นทุนในการเพาะปลูกต่ำจึงเป็นที่นิยมของเกษตรกรโดยทั่วไป ดังนั้น จึงพบมันสำปะหลังปลูกอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการเพาะปลูกกันมากที่สุด พันธุ์ที่นิยมปลูกโดยทั่วไป คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เนื่องจากให้ปริมาณแป้งสูง 23 % ในฤดูฝนและ 28 % ในฤดูแล้งซึ่งสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้น เพื่อนำมาใช้ผลิตน้ำตาลกลูโคส การผลิตน้ำตาลกลูโคสในปัจจุบันจะใช้แป้งมันสำปะหลังชนิดดีที่ผ่านการแปรรูปเป็นวัตถุดิบตั้งต้นและใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และอะไมโลกลูโคซิเดสย่อยสลายโมเลกุลแป้งมันสำปะหลังให้เป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำตาลกลูโคสแบบนี้ทำให้กลูโคสที่ได้มีราคาสูง สำหรับงานวิจัยนี้จะผลิตน้ำตาลกลูโคสจากมันสำปะหลังแห้งซึ่งมีราคาต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีการฉายรังสีแกมมาแล้วนำมาย่อยสลายต่อด้วยกรดซึ่งวิธีนี้ยังมีการทำวิจัยน้อยมาก

การย่อยสลายด้วยรังสีและกรด เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ย่อยสลายโมเลกุลของอะไมโลส และอะไมโลแพคติน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในโมเลกุลแป้งให้เป็นน้ำตาลกลูโคส เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์ (เอทานอล) ซึ่งเป็นที่ต้องการมากในปัจจุบันสำหรับผสมกับแก๊สโซลีนให้เป็นแก๊สโซฮอล์ หรือทำเป็นกลูโคสเหลว เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตลูกกวาดและเครื่องดื่มหลายชนิด หรือนำกลูโคสเหลวที่ได้ไปทำให้แห้งเป็นกลูโคสผงในรูปของ Dextrose monohydrate ซึ่งเป็นเดกซโตรสชนิดที่มีความชื้น ส่วนมากใช้ในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง และ Dextrose anhydrous เป็นเดกซโตรสชนิดที่ไม่มีความชื้น และผ่านกรรมวิธีการทำให้บริสุทธิ์และตกผลึก ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อผลิตน้ำตาลกลูโคสจากมันสำปะหลังโดยใช้กรดและการฉายรังสีแกมมาร่วมกับกรด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้มันสำปะหลังแห้งเป็นวัสดุตั้งต้น
2. ใช้ต้นกำเนิดรังสี โคบอลท์-60 ในการฉายรังสี
3. กรดที่ใช้ในการไฮโดรไลซ์ ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริกและกรดไนตริก
4. หาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายแป้งในมันสำปะหลังให้เป็นน้ำตาล ได้แก่ ความเข้มข้นของกรด, อุณหภูมิ, ระยะเวลาในการไฮโดรไลซ์ด้วยกรดและปริมาณรังสีแกมมาร่วมกับกรด
5. วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ด้วยวิธีทางเคมี และ/หรือด้วยเครื่องมือวิเคราะห์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ได้กระบวนการผลิตน้ำตาลกลูโคสจากมันสำปะหลังที่เหมาะสมโดยใช้กรดและการฉายรังสีแกมมาร่วมกับกรด

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้า และรวบรวมเอกสารข้อมูลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. เตรียมตัวอย่างโดยนำมันสำปะหลังสดมาอบแห้งแล้วนำมาบดให้เป็นผง และวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์แป้ง
3. ทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด ได้แก่ ความเข้มข้นของกรดไนตริกและกรดไฮโดรคลอริก อุณหภูมิ, ระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยกรด และปริมาณรังสีแกมมาร่วมกับกรด
4. วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคส และการทดสอบการย่อยแป้งด้วยกรด
5. เลือกสภาวะที่เหมาะสมมาใช้ในการผลิตน้ำตาลกลูโคสจากมันสำปะหลัง
6. วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลงานวิจัย และเขียนรายงานวิทยานิพนธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 หัวมันสำปะหลัง [1]

มันสำปะหลังมีชื่อเรียกทั่วไปในภาษาอังกฤษว่า แคสซาวา (Cassava) หรือทาพิโอกา (Tapioca) ประเทศแถบทวีปอเมริกาใต้ใช้ภาษาสเปนเรียกว่า ยูกา (Yuca) ภาษาโปรตุเกสในประเทศบราซิล เรียกว่า แมนดิโอกา (Mandioca) แถบประเทศในทวีปแอฟริกาที่พูดภาษาฝรั่งเศส เรียกว่า แมนิออก (Manioc) และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า แมนนิฮอท เอสคูเล็นตา แครนทซ์ (Manihot esculenta Crantz)

มันสำปะหลังเป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ๆดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

มันสำปะหลังที่ปลูกในแหล่งปลูกทั่วโลกและในประเทศไทย แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1.ชนิดหวาน (Sweettype)

เป็นมันสำปะหลังที่มนุษย์ใช้บริโภคได้ เพราะไม่มีรสขมและเป็นมันสำปะหลังที่มีกรดไฮโดรไซยานิคต่ำเนื้อของมันสำปะหลังจะมีทั้งชนิดเนื้อร่วน นุ่ม และชนิดเนื้อแน่น เหนียว ในประเทศไทยไม่มีการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ ๆ เนื่องจากมีตลาดจำกัด ส่วนใหญ่จะปลูกรอบ ๆ บ้าน หรือตามร่องสวน เพื่อบริโภคเองในครัวเรือนหรือเพื่อจำหน่ายตามตลาดสดในท้องถิ่นในปริมาณไม่มากสามารถใช้หัวสดทำอาหารได้โดยตรง เช่น นำไปนึ่ง เชื่อม หรือทอด ซึ่งได้แก่ พันธุ์ห้านาที พันธุ์ระยอง 2 เป็นต้น

2.ชนิดขม (Bittertype)

เป็นมันสำปะหลังที่ไม่เหมาะต่อการบริโภคของมนุษย์หรือใช้หัวสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง และเป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณ กรดไฮโดรไซยานิคสูง เป็นพิษมีรสขมและมีปริมาณแป้งสูง แต่เนื่องจากมีปริมาณแป้งสูง จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปต่าง ๆ เช่น แป้งมัน มันเส้น มันอัดเม็ด และแอลกอฮอล์ นอกจากนี้การแปรรูปเป็นอาหารโดยใช้ความร้อน เช่น ตากแดด เผาและต้ม ก็จะทำให้ไซยาไนด์แตกตัวหมดไป สามารถทำให้รสขมลดลงหรือหมดไป ซึ่งได่แก่ พันธุ์ระยอง 1, พันธุ์ระยอง 3, พันธุ์ระยอง 5, พันธุ์ระยอง 60, พันธุ์ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50

มันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นชนิดขมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม

สถานการณ์การผลิตและการตลาด

ผลผลิตมันสำปะหลังของโลกปี 2544 มีประมาณ 139.8 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1.32 ตันต่อไร่ ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย และบราซิล แต่เป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก

ลักษณะมันสำปะหลังพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย

พันธุ์หัวมันสำปะหลัง: เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลำต้นโค้งเล็กน้อย สีเขียวเงิน

ผลผลิตเฉลี่ย : 44.4 ตันต่อไร่

ลักษณะเด่น : มีแป้งเฉลี่ยสูง 23% ในฤดูฝนและ 28 %ในฤดูแล้ง

: เก็บไว้ได้นานประมาณ 30 วันหลังตัดต้น

: ผลผลิตสูง และนิยมปลูกทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย

องค์ประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลังเป็นส่วนของรากที่โตขึ้นสำหรับสะสมแป้งหัวมันสำปะหลังสดมีน้ำอยู่ประมาณ 60-65% และส่วนประกอบส่วนใหญ่คือแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตประมาณ 20-35 % ดังนั้น หัวมันสำปะหลังจึงเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานในอาหารของคน และสัตว์แต่มีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยมาก ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งของโปรตีนและไขมัน การนำหัวมันสำปะหลังไปใช้มักจะทำให้แห้ง เพื่อลดความชื้นลงเสียก่อน เช่น มันเส้น มันอัดเม็ดหรือสกัดเฉพาะส่วนของแป้งออกจากหัวมันสำปะหลังส่วนประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังสด และมันสำปะหลังแห้ง (แสดงดังตารางที่2.1) จะเห็นได้ว่าเมื่อทำให้หัวมันสำปะหลังแห้งมีความชื้นประมาณ10 % จะมีคาร์โบไฮเดรต 70 % โปรตีน 2.63 % และไขมัน 0.51 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังสดและแห้ง

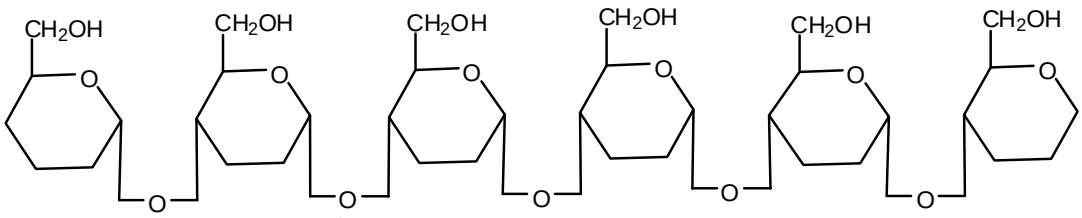
ส่วนประกอบ	หัวมันสด	หัวมันแห้ง
ความชื้น (%)	63.25	10.63
คาร์โบไฮเดรต (%)	29.73	70.63
โปรตีน (%)	1.18	2.63
ไขมัน (%)	0.08	0.51
เถ้า (%)	0.85	2.20
เยื่อใย (%)	0.99	1.73
โปแตสเซียม (มิลลิกรัม / กิโลกรัม)	0.26	0.43
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม / กิโลกรัม)	0.04	0.08
กรดไฮโดรไซยานิค (ส่วนในล้านส่วน)	173	100

คาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมากกว่า 10 โมเลกุลขึ้นไป (100 – 1,000 โมเลกุล) เรียงต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) อาจมีแขนงหรือไม่มีก็ได้ เรียกกระบวนการนี้ว่า พอลิเมอไรเซชัน (polymerization) ได้แก่ แป้ง พบมากในพืชที่มีหัว

แป้ง (starch) [2] - โครงสร้างเป็นสายยาวหรือแตกแขนงเป็นสายยาวไม่กี่แขนง
- เป็นแหล่งอาหารคาร์โบไฮเดรตที่คนใช้บริโภคมากที่สุด
- มีสมบัติไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ละลายได้ในน้ำร้อน
- แป้งถูกย่อย (hydrolysis) จะได้สารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง

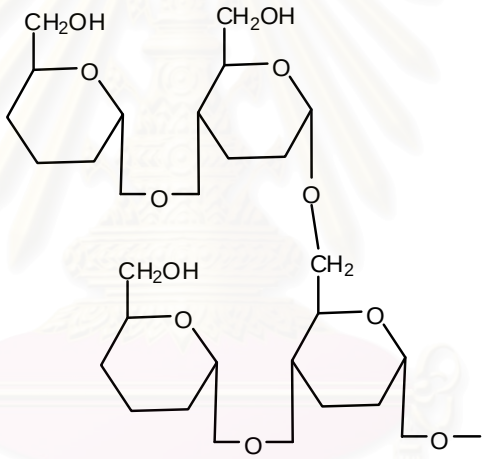
แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามลักษณะโครงสร้าง คือ

- **อะไมโลส (Amylose)** มีอยู่ประมาณ 20-25% ของแป้งทั้งหมด ประกอบไปด้วยหน่วยกลูโคสซึ่งต่อกันเป็นโซ่ยาวหลายหน่วย จับกันอยู่แบบ α 1, 4 –D-glucose น้ำหนักโมเลกุลของ อะไมโลส มีตั้งแต่ 500-20,000 โมเลกุล ละลายน้ำได้ไม่ดี แต่จะกระจายตัวเกิดเป็นไมเซลล์ในน้ำ ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงิน สีเกิดเนื่องจากไอโอดีนเข้าไปอยู่ข้างในโครงสร้างของ α –glucose ซึ่งบิดอยู่เป็นเกลียวแบบ α –helix ในน้ำ (ดังแสดงในรูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของ Amylose

- **อะไมโลเพคติน (Amylopectin)** มีอยู่ประมาณ 75-80% ของแป้งทั้งหมด ประกอบด้วยกลูโคสต่อกันเป็นโซ่ตรงด้วยพันธะ α 1, 4–D-glucose แต่มีแขนงแยกออกไปทุกๆ 25-30 หน่วยของกลูโคส ตรงจุดที่เกิดการแตกแขนงกลูโคสจะต่อกันด้วยพันธะ α 1, 6 เมื่อ อะไมโลเพคตินละลายน้ำ จะให้คอลลอยด์ซึ่งทำปฏิกิริยากับไอโอดีนจะให้สีม่วง (ดังแสดงในรูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของ Amylopectin

น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharides)[2]

คือ น้ำตาลที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ มอโนแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่แอลดีไฮด์ เรียก aldose นอกจากนี้ยังแบ่งตามจำนวนคาร์บอน เป็นพวกต่างๆ เช่น

- Triose คือ มอโนแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วย 3 คาร์บอน เช่น glyceraldehydes
- Tetrose คือ มอโนแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วย 4 คาร์บอน เช่น erythrose, threose
- Pentose คือ มอโนแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วย 5 คาร์บอน เช่น ribose, arabinose
- Hexose คือ มอโนแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วย 6 คาร์บอน เช่น glucose, manose, fructose, galactose

  มอโนแซ็กคาไรด์ที่เป็น aldose และมี 6 คาร์บอน เรียกว่า aldosehexose

Glucose [3] เป็นน้ำตาลที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ สามารถเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ได้ดังนี้

1. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction) คือ ปฏิกิริยาที่ให้อิเล็กตรอน มีรีเอเจนต์หลายตัวที่สามารถออกซิไดซ์น้ำตาลได้ เช่น

- <u>เบเนดิกต์ เฟห์ลิง และทอลเลนส์รีเอเจนต์</u> (Benedict's solution Fehling's solution)

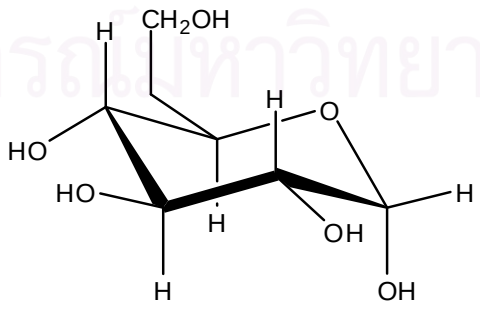
สารละลายทั้งสองชนิดนี้มีสภาพเป็นด่าง และมีสารออกซิไดส์ (oxidizing agent) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอัลโดส (aldose)จะรีดิวซ์ Cu^{2+} ให้กลายเป็น Cu^{+} ในรูปตะกอนสีแดงของ Cu_2O (cuprous oxide) ส่วนอัลโดสจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดน้ำตาล (aldonic acid) โมโนแซคคาไรด์ที่สามารถให้ตะกอนสีแดงกับสารที่ใช้ทดสอบทั้งสองชนิดนี้ จะเรียกว่า

น้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugars) คือ น้ำตาลที่สามารถถูกออกซิไดส์ ไปเป็น carboxtlic acids ได้แก่โมโนแซคคาไรด์ประเภทแอลดีไฮด์ (aldehyde) เนื่องจากหมู่แอลดีไฮด์สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิไดส์ เช่น น้ำตาลกูโคส (ดังแสดงในรูป 2.3) ไซโลส อะราบิโนส และกาแลคโตส และไดแซคคาไรด์ที่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ เช่น แลคโตส มอลโตส และเซลโลไบโอส

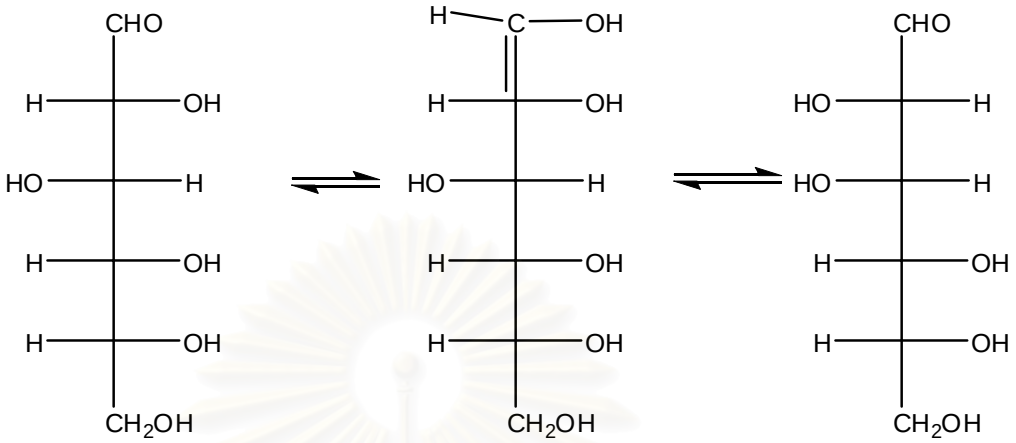
โมโนแซคคาไรด์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ (Reducing agent) คือ โมโนแซคคาไรด์ชนิดอัลโดส คือ สามารถให้อิเลคตรอนได้เหมือนกับสารประกอบอัลดีไฮด์ทั่วไป โดยอัลโดสที่ละลายอยู่ในน้ำ วงแหวนจะเปิดออก เพื่อเปลี่ยนจากอะโนเมอร์หนึ่งไปเป็นอีกอะโนเมอร์หนึ่งโดยผ่านตัวกลางที่อยู่ในรูปโซ่เปิดทีมีหมู่อัลดีไฮด์อิสระ เช่น น้ำตาลกลูโคส ไซโลส อะราบิโนส กาแลคโตส และแมนโนส เป็นต้น

เฉพาะแอลดีไฮด์เท่านั้น ที่เกิดปฏิกิริยากับเฟห์ลิงรีเอเจนต์ได้ เพราะสามารถเปลี่ยนมาเป็นหมู่แอลดีไฮด์ได้ โดยผ่านทาง ene-diol (ดังแสดงในรูป 2.4)

ในไดแซคคาไรด์บางตัวมีคุณสมบัติในการน้ำตาลรีดิวซ์ ถ้าหากหมู่ –OH ที่ต่อกับ anomerric carbon ของโมโนแซคคาไรด์ตัวหลังยังเป็นอิสระที่จะทำให้วงแหวนเปิดออกได้ เช่น แลคโตส, มอนโตส และเซลโลไบโอส

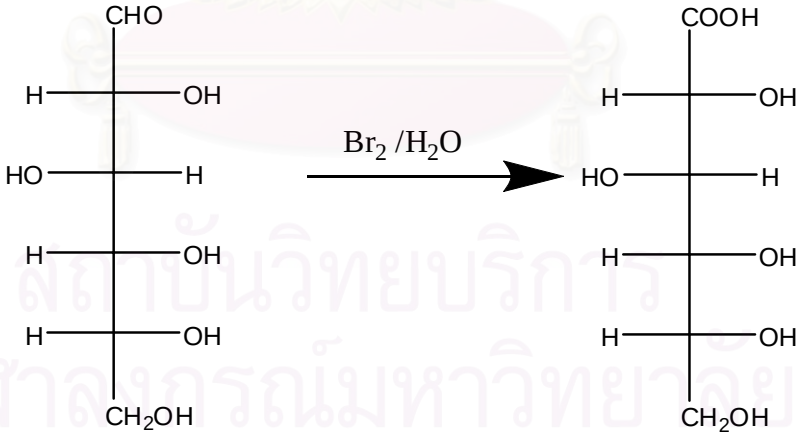


รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของ α-D-glucose (reducing sugar)



รูปที่ 2.4 การรีดิวซ์เฟห์ลิงรีเอเจนต์

- <u>น้ำโบรมีน</u> (Bromine water) จะออกซิไดซ์ aldose แต่ไม่ทำปฏิกิริยากับ ketose ให้ผลิตผลเป็น aldonic acid (ดังแสดงในรูป 2.5)

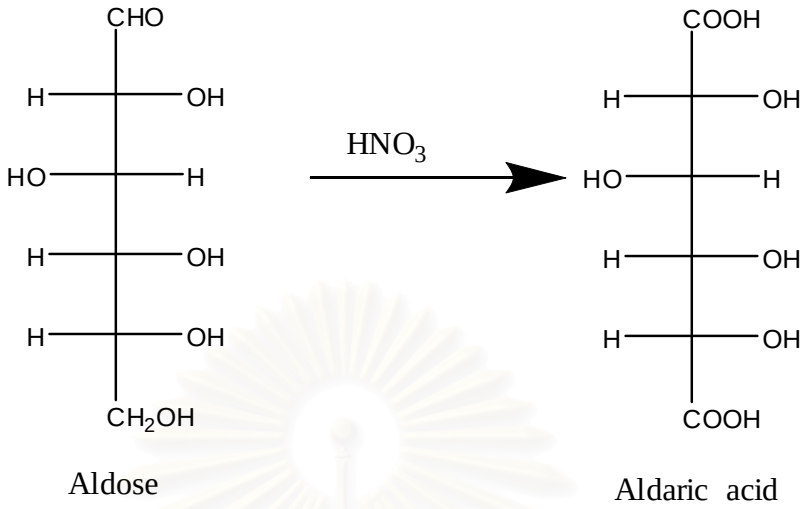


Aldose

รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาระหว่าง aldose กับน้ำโบรมีน

- <u>กรดไนตริก</u> จะออกซิไดซ์หมู่แอลดีไฮด์ และหมู่แอลกอฮอล์ที่ปลายโมเลกุล ให้ผลผลิตเป็น dicarboxylic acid ซึ่งมีชื่อเรียกว่า aldaric acid (ดังแสดงในรูป 2.6)

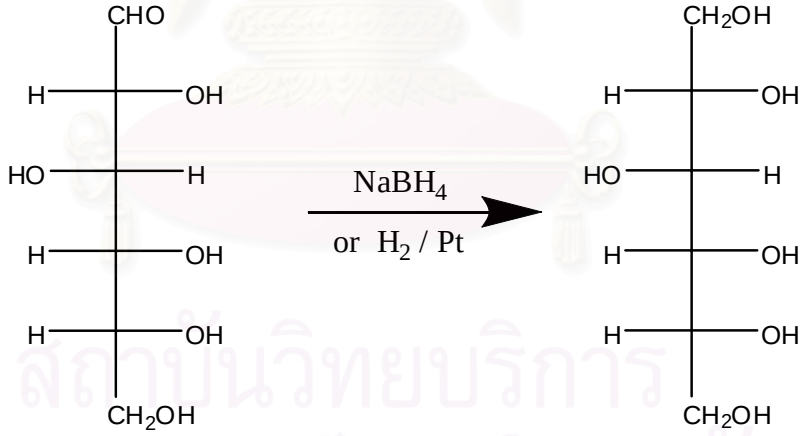
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Aldose Aldaric acid

รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาระหว่าง aldose กับกรดไนตริก

2. ปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction reaction) ทั้ง aldose และ ketose ถูกรีดิวซ์ด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ ($NaBH_4$) หรือ แก๊สไฮโดรเจน และคะตะลิสต์ ให้ผลผลิตเป็น alditol (ดังแสดงในรูป 2.7)

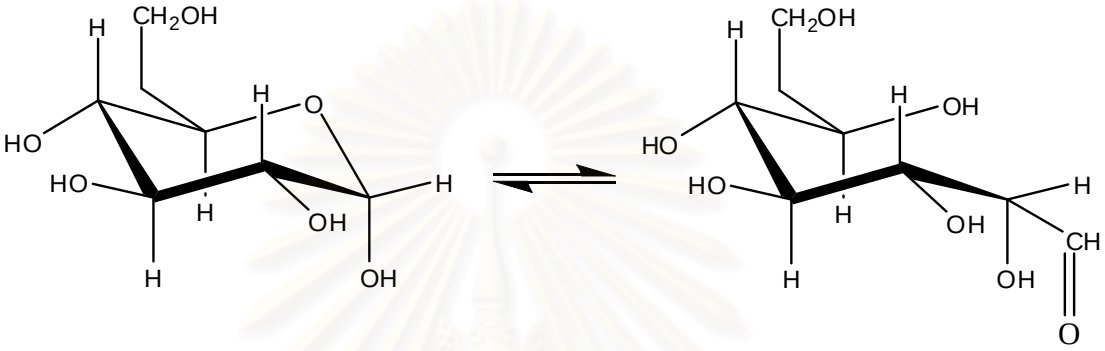


Aldose Alditol

รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยารีดักชัน

3. มิวตาโรเตชัน (Mutarotation) คือการทดลองวัดค่าสเปซิฟิกโรเทชัน D-(+)-glucose มีจุดหลอมเหลว 146^{O} แต่ถ้าจะนำ D-(+)-glucose นี้ไปตกผลึกโดยการละลายน้ำ แล้วระเหยน้ำออกจนได้ผลึก โดยรักษาอุณหภูมิให้สูงกว่า 98^{O} จะได้ D-(+)-glucose ตัวใหม่ มีจุดหลอมเหลว 150^{O} ผลการวิเคราะห์เอกซเรย์ แสดงว่า กลูโคสที่มีจุดหลอมเหลว 146^{O} คือ α-D-

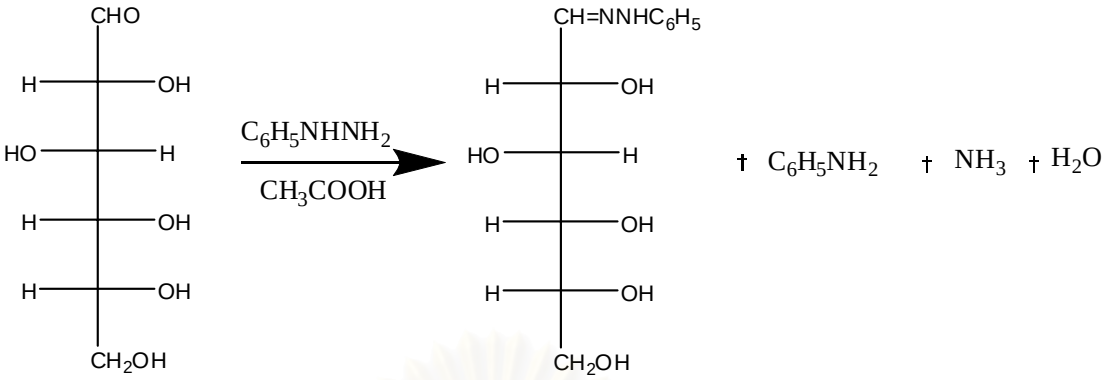
glucose ส่วนกลูโคสที่มีจุดหลอมเหลว 150^{O} คือ ß-D-glucose จะมีการเปลี่ยนไปเป็นไอโซเมอร์หนึ่ง โดยผ่านทาง open form และจะหยุดเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดสมดุลระหว่างไอโซเมอร์ทั้งสองฟอร์ม (ดังแสดงในรูป 2.8)



รูปที่ 2.8 ปฏิกิริยามิวตาโรเตชัน

4. การเกิดโอซาโซน (Osazone formation) เนื่องจากน้ำตาลเป็นสารพวก polyhydroxy จึงละลายน้ำได้ดีมาก ดังนั้นจึงแยกและทำให้บริสุทธิ์ได้ยาก และมีแนวโน้มที่จะเกิดเป็นน้ำเชื่อมข้นๆ ซึ่งจะตกผลึกได้มาดี มีการค้นพบว่า กลูโคส จะทำปฏิกิริยากับ phenylhydrazine มากเกินพอ ปฏิกิริยาจะเกิดต่อไปจนให้ Osazone ที่มีลักษณะเป็นผลึกสีเหลือง มีจุดหลอมเหลวและลักษณะผลึกเฉพาะตัวเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังนั้นจึงใช้สมบัตินี้บอกชนิดของน้ำตาลได้ (ดังแสดงในรูป 2.9)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



D-glucose D-glucose phenylhydrazone

รูปที่ 2.9 ปฏิกิริยาการเกิดโอซาโซน

2.1.2 ผลจากอันตรกิริยาของรังสีแกมมาที่มีต่ออาหาร

รังสีแกมมาเป็นรังสีชนิดที่สามารถทำให้เกิดการแตกตัวให้ไอออน (Ionizing Radiation) โดยมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) ไม่มีประจุ ไม่มีมวล ไม่เบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้า มีความเร็วเท่ากับความเร็วแสง พลังงานของรังสีแกมมาจะมีความสัมพันธ์กับความถี่ ดังต่อไปนี้

$$E = h\nu \qquad \ldots (1.1)$$

$$E = \frac{1.240 \times 10^{-6}}{\lambda} \qquad \ldots (1.2)$$

เมื่อ E คือ พลังงานของรังสีแกมมา (eV)
h คือ ค่าคงที่ของแพลงค์ (Planck's constant = 4.135 x 10^{-15} eV.s)
υ คือ ความถี่ของคลื่น (sec^{-1})
λ คือ ความยาวคลื่น (m)

เมื่อนิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลง หลังจากการสลายตัวหรือเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์มีผลให้นิวเคลียสอยู่ในสถานะกระตุ้น (excited state) การลดระดับพลังงานลงมาอยู่ในสถานะพื้น (ground state) จะปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาในรูปรังสีแกมมา หากให้สถานะเริ่มต้นนิวเคลียสมีระดับพลังงาน E_i (สถานะกระตุ้น) และ E_f เป็นสถานะถัดไป ถ้าสถานะถัดไปเป็นสถานะพื้นการลดระดับพลังงานจะสิ้นสุด แต่ถ้าสถานะถัดไปยังเป็นสถานะกระตุ้นจากพลังงานที่เหลืออยู่ การ

ลดระดับพลังงานก็จะเกิดขึ้นอีกจนกระทั่งเป็นสถานะพื้น พลังงานของรังสีแกมมาที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะเท่ากับผลต่างระหว่างพลังงานของสถานะเริ่มต้นกับพลังงานของสถานะสุดท้าย ดังนี้

$$h\nu = \Delta E = E_i - E_f \qquad \ldots(1.3)$$

การฉายรังสีแกมมาที่ได้มาจาก Cs-137 ซึ่งจะมีพลังงานเท่ากับ 0.662 MeV หรือจาก Co-60 ซึ่งจะมีพลังงานเท่ากับ 1.17 MeV และ 1.33 MeV โดยควบคุมปริมาณรังสีให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และไม่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน

เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารโดยส่วนใหญ่ได้มาจากวัสดุธรรมชาติและสิ่งมีชีวิตมักเป็นสารประกอบจากธาตุประเภท คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน ซึ่งอะตอมของธาตุต่างๆจะประกอบรวมกันอยู่ตามโครงสร้างโมเลกุลเฉพาะของสารประกอบนั้นๆ โดยในโครงสร้างของอะตอมนั้นประกอบด้วย นิวเคลียสซึ่งมีโปรตอนและนิวตรอนอยู่รวมกัน และมีอิเล็กตรอนอยู่ในวงโคจรภายนอกนิวเคลียส เมื่อรังสีแกมมาผ่านเข้ามาในเนื้อของอาหาร จะถ่ายโอนพลังงานให้กับอาหาร ตามอันตรกิริยาของรังสีแกมมากับอะตอมของธาตุต่างที่เป็นองค์ประกอบของอาหารนั้น อะตอมต่าง ๆ เหล่านั้นจะดูดกลืนพลังงานและเกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionization) หรืออะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น (excited state) มีระดับพลังงานสูงขึ้น ส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของอาหารเปลี่ยนไป ผลของรังสีแกมมาที่มีต่ออาหารมีสองแบบ คือ ผลทางตรง และ ผลทางอ้อม

ผลทางตรง (Primary Effects)

ผลของรังสีทางตรงเป็นผลอันเกิดจากอันตรกิริยาของรังสีแกมมาที่มีต่อสสารและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฟิสิกส์ ได้แก่

1. ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกเอฟเฟคต์ (Photoelectric Effect)

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกเอฟเฟคต์ เกิดจากรังสีแกมมาพลังงานต่ำแต่มากกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนในวงโคจร เคลื่อนเข้าทำอันตรกิริยากับอะตอมพร้อมทั้งถ่ายเทพลังงานทั้งหมดให้อิเล็กตรอน ทำให้รังสีแกมมาหายไปและอิเล็กตรอนที่ได้รับพลังงานสูงกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของวงโคจรหลุดออกมา ดังนั้นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน ที่หลุดออกมาจึงมีค่าเท่ากับผลต่างของพลังงานของรังสีแกมมากับพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอน ดังแสดงในสมการ (1.4) และรูปที่ 2.10

$$E_e = E_\gamma - E_b \quad (1.4)$$

เมื่อ E_e คือ พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากอะตอม

E_γ คือ พลังงานของรังสีแกมมาที่วิ่งเข้าชนอะตอม

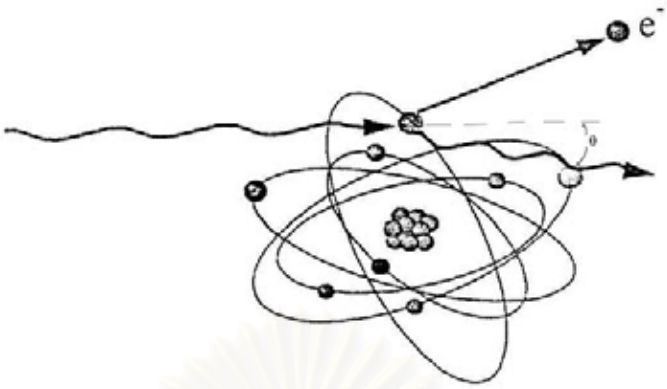
E_b คือ พลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอน

รูปที่ 2.10 การเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกเอฟเฟคต์

อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาเรียกว่า โฟโตอิเล็กตรอน (Photoelectron) กระบวนการนี้โฟตอนจะเสียพลังงานทั้งหมดให้กับอิเล็กตรอน หากรังสีแกมมามีพลังงานสูง โฟโตอิเล็กตรอนจะถูกผลักไปในทิศทางข้างหน้าในแนวเดียวกับทิศของรังสีแกมมา ส่วนรังสีแกมมาที่มาตกกระทบมีพลังงานต่ำมักจะส่งผลให้อิเล็กตรอนเคลื่อนในแนวทำมุมฉากและโฟโตอิเล็กตรอนจะเป็นตัวทำให้เกิดการแตกตัว เมื่อเคลื่อนผ่านอะตอมของสาร จากการที่โฟโตอิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมจะทำให้เกิดที่ว่างของอิเล็กตรอนในชั้นวงโคจร อิเล็กตรอนที่อยู่ชั้นถัดออกไปจะลดระดับพลังงานและจะเข้ามาแทนตำแหน่งเดิมที่ว่างพร้อมกับปล่อยรังสีเอกซ์เฉพาะ (Characteristic X-Ray) ออกมา และอาจจะทำอันตรกริยากับอิเล็กตรอนของอะตอมที่อยู่บริเวณผิวของสารหลุดออกมาทำให้เกิด “โอเจอร์อิเล็กตรอน” (Auger Electron) ซึ่งมีพลังงานเท่ากับผลต่างระหว่างพลังงานของรังสีเอกซ์เฉพาะกับพลังงานยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนในวงโคจร

2. ปรากฏการณ์คอมป์ตัน (Compton Effect)

เมื่อรังสีแกมมาทำอันตรกิริยากับอิเล็กตรอนชั้นนอกของอะตอมของตัวกลาง จะมีการถ่ายเทพลังงานบางส่วนให้กับอิเล็กตรอนทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา ส่วนรังสีแกมมาพร้อมพลังงานที่เหลือจะกระเจิงทำมุม θ กับแนวการเคลื่อนที่เดิม ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การเกิดปรากฏการณ์คอมป์ตัน

ถ้ารังสีแกมมามีพลังงาน hυ และโมเมนตัม hυ/c ตกกระทบกับอิเล็กตรอนที่มีมวลนิ่ง (m_0) รังสีแกมมาที่กระเจิงออกมาเป็นมุม θ มีพลังงาน hύและโมเมนตัม hύ /c (ύน้อยกว่า υ) ทำให้ความยาวคลื่น λ' มากกว่า λ พลังงานของรังสีแกมมาที่ลดลงไป (hυ - hύ) กลายเป็นพลังงานจลน์ E_k ของอิเล็กตรอนที่ถอยกลับออกมา ถ้ามวลของอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เท่ากับ m พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนจะมีค่า

$$E_k = mc^2 - m_0c^2$$

$$= m_0c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right) \quad \ldots (1.5)$$

เมื่อ ß= v/c โดย v เป็นความเร็วของอิเล็กตรอนถอยกลับ (Recoil electron) และโมเมนตัมของอิเล็กตรอน (p_e) จะมีค่า

$$p_e = m\beta c$$

$$= \frac{m_0\beta c}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad \ldots (1.6)$$

เมื่อแยกโมเมนตัมออกเป็น 2 แนวแกน x และ y และใช้หลักการอนุรักษ์โมเมนตัมและพลังงานจะได้สมการ

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu'}{c}\cos\theta + \frac{m_0\beta c}{\sqrt{1-\beta^2}}\cos\phi \quad \ldots(1.7)$$

พลังงานของโฟตอนที่กระเจิงไปในทิศทางที่ทำมุม θ จะเป็นไปตามสมการ

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1+\alpha(1-\cos\theta)} \quad \ldots (1.8)$$

เมื่อ $\alpha = \frac{h\nu}{m_0 c^2}$ ซึ่งเท่ากับพลังงานของโฟตอนที่ตกลงบนอิเล็กตรอนที่อยู่ในหน่วยมวลนิ่งของอิเล็กตรอน

3. แพร์โพรดักชัน (Pair Production)

ปรากฏการณ์นี้ จะเกิดขึ้นเมื่อรังสีแกมมาที่มีพลังงานสูงกว่า 1.02 MeV เคลื่อนผ่านสนามไฟฟ้าบริเวณใกล้นิวเคลียสของอะตอม รังสีแกมมาจะหายไปกลายเป็นอิเล็กตรอนและโพสิตรอนเคลื่อนไปในทิศทางตรงกันข้าม อันตรกิริยานี้เป็นตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพลังงานไปเป็นมวล ดังนั้น พลังงานเริ่มต้นจะต้องมีค่าอย่างน้อยเท่ากับมวลนิ่ง (Rest Mass Energy) ของอิเล็กตรอนและโพสิตรอนรวมกันคือ 1.02 MeV (ดังแสดงในรูปที่ 2.12)

$$h\nu = e^+ + e^- + 2E_k \quad \ldots (1.9)$$

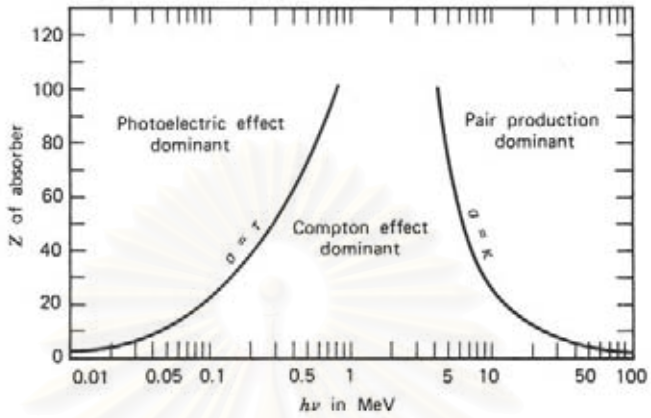
เมื่อ $2E_k$ คือ พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนและโพสิตรอน

รูปที่ 2.12 การเกิดแพร์โพรดักชัน

ถ้าพลังงานของรังสีแกมมาที่ทำให้เกิดอันตรกิริยาแบบโพรดักชันมีค่ามากกว่า 1.02 MeV พลังงานที่เหลือจะกลายเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนและโพสิตรอน โพสิตรอนที่เกิดขึ้นสามารถไปรวมตัวกับอิเล็กตรอนและสลายมวลทำให้เกิดโฟตอน 2 ตัวที่มีพลังงานตัวละ 0.511 MeV เคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม เรียกว่า ปรากฏการณ์แอนนิฮิเลชัน (Annihilation) ซึ่งเป็นตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงมวลไปเป็นพลังงาน ตรงข้ามกับอันตรกิริยาแบบแพร์โพรดักชัน

$$e^+ + e^- \rightarrow 2h\nu \quad \ldots (1.10)$$

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ในการเกิดอันตรกิริยาทั้ง 3 แบบ พบว่า โอกาสในการเกิดอันตรกิริยาแต่ละแบบนั้นจะมีความสัมพันธ์กับพลังงานของรังสีแกมมา และเลขอะตอมตัวกลางที่รังสีแกมมาไปทำอันตรกิริยา (ดังแสดงรูปที่ 2.13)



รูปที่ 2.13 โอกาสในการเกิดอันตรกิริยาของรังสีแกมมาที่พลังงานสัมพันธ์กับเลขอะตอมของตัวกลาง

สรุปได้ว่าผลจากการเกิดอันตรกริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับโมเลกุลของอาหารซึ่งอยู่ในรูปสารอินทรีย์นั้น จะส่งผลทำให้อะตอมที่มีสถานะเป็นกลางทางไฟฟ้าเกิดการแตกตัวเป็นไอออนบวกและอิเล็กตรอนดังสมการที่ 1.11 อิเล็กตรอนจะรวมตัวกับโมเลกุลข้างเคียงเกิดเป็นไอออนลบ ทั้งไอออนบวกและไอออนลบจะไม่เสถียรและแยกตัว (dissociate) ทำให้โครงสร้างเดิมขาดอิเล็กตรอน แล้วเปลี่ยนตัวเองเป็นอนุมูลอิสระ (Free Radical) ดัง สมการที่ 1.12 ซึ่งอนุมูลอิสระมีความสามารถที่จะทำให้อะตอมอื่นๆ ที่อยู่ใกล้กันเกิดการแตกตัวได้ต่อไปอีก

$$M \Rightarrow \bullet M^{+} + e^{-} \qquad \text{...(1.11)}$$

หรืออะตอมจะอยู่ในสถานะกระตุ้น (Excited State) โดยไม่มีการแตกตัวให้ประจุออกมา

$$M \Rightarrow M^{*} \qquad \text{... (1.12)}$$

สำหรับอันตรกริยาที่จะเกิดในการฉายรังสีอาหารนั้นส่วนใหญ่จะการเกิดจากผลของคอมป์ตัน (Compton Effect) เนื่องจากรังสีแกมมาที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในการฉายรังสีอาหารเป็นโฟตอนพลังงานสูง ระดับ 0.662 ถึง 1.33 MeV โดยอันตรกิริยาคอมป์ตัน แต่ละครั้งจะเกิดอิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลน์สูงมากและอิเล็กตรอนนี้จะไปกระตุ้นให้เกิดการแตกตัวต่อเนื่องจนเกิดอิเล็กตรอนอิสระจำนวน 30,000-40,000 ตัว และกระตุ้นให้เกิดอะตอมที่ถูกยกระดับพลังงานจำนวน 45,000-80,000 อะตอม ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆเพียง 10^{-14} วินาที แต่กพอเพียงที่จะทำให้เกิดผลในทางอ้อมเกิดเป็นอนุมูลอิสระต่อไปได้

ผลทางอ้อม (Secondary Effects)

ผลทางอ้อมก่อให้เกิดเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้แก่ ปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reaction) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากอนุมูลอิสระที่อยู่ในสถานะกระตุ้น (excited state) จากผลทางตรง เหนี่ยวนำให้โมเลกุลข้างเคียงแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ

$$M^* \Rightarrow \bullet R_1 + \bullet R_2 \quad \text{... (1.14)}$$

หรืออาจจะแตกออกเป็นโมเลกุล

$$M^* \Rightarrow M_1 + M_2 \quad \text{... (1.15)}$$

และอนุมูลอิสระก็อาจจะรวมตัวกลับมาเป็นโมเลกุลใหม่

$$\bullet R_1 + \bullet R_2 \Rightarrow M \quad \text{... (1.16)}$$

ถ้าอาหารนั้นมีความชื้นก็จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยเมื่อได้รับรังสีจะเกิดผลทางอ้อมดังนี้

$$H_2O \Rightarrow \bullet OH(2.7) + e_{aq}^-(2.7) + \bullet H(0.55) + H_2(0.55) + H_2O_2(0.71) + H_3O^+ \quad \text{... (1.17)}$$

จากอันตรกิริยาของโมเลกุลน้ำเมื่อได้รับรังสีจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระเริ่มต้นที่พร้อมจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับโมเลกุลของอาหารต่อไปอีก จะเห็นได้ว่าอาหารที่ผ่านการฉายรังสีจะเกิดอิเล็กตรอนไร้คู่ (Unpaired Electron) ที่ปรากฏในอนุมูลอิสระ (Free Radical) ขึ้น

2.1.3 การย่อยสลายโมเลกุลของแป้ง[4]

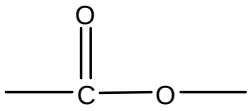
ชนิดของการย่อยสลาย แบ่งได้ดังนี้

Thermal degradation การย่อยสลายเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงอาจมีการย่อยสลายที่มีปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนร่วมด้วย (Oxidation degradation)

Mechanical degradation เช่น เมื่อโมเลกุลได้รับแรงเฉือนสายโมเลกุลของพอลิเมอร์จะขาดทำให้น้ำหนักโมเลกุลลดลง (ภายใต้สภาวะบรรยากาศและมีแก๊สออกซิเจน)

Ultrasonic degradation สายโซ่ของพอลิเมอร์สั้นและขาดได้เมื่อได้รับคลื่นเสียงที่มีความถี่เฉพาะค่าหนึ่งๆ

Hydrolytic degradation เกิดกับสายโซ่ของพอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชั่น ที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับน้ำได้ เช่น



Chemical degradation เมื่อสายโซ่ของพอลิเมอร์สัมผัสกับสารเคมี, พอลิเมอร์ชนิดไม่อิ่มตัวเกิดปฏิกิริยากับก๊าซโอโซนเกิดการขาดของสายโซ่พอลิเมอร์

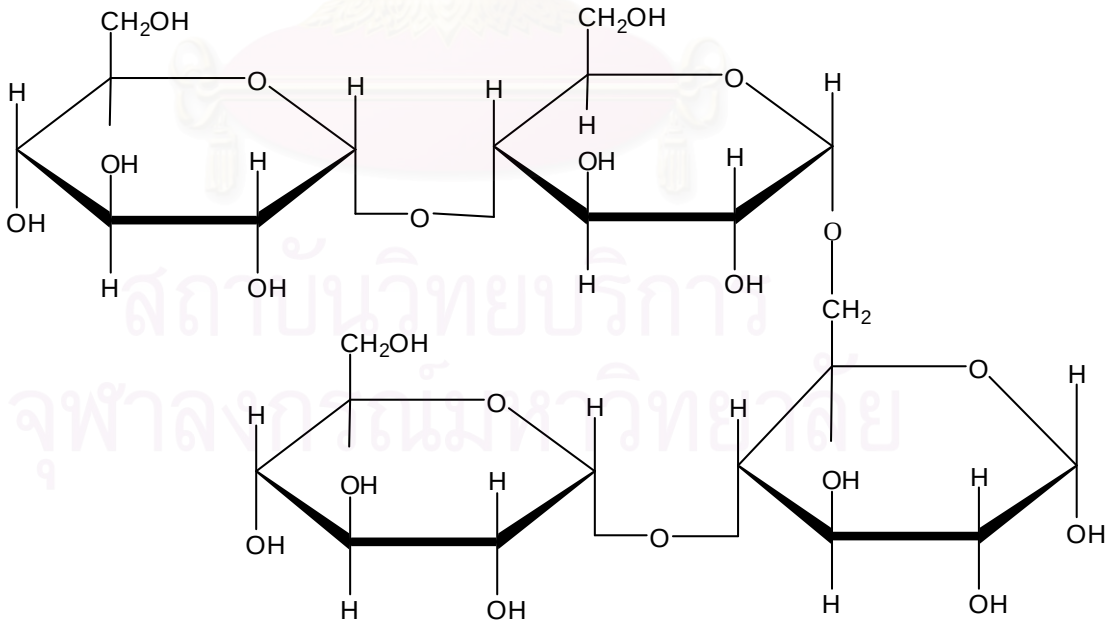
Biological degradation เกิดได้ดีกับพอลิเมอร์ที่เป็นธรรมชาติ, เกิดกับพอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชั่นที่เฉพาะเจาะจงกับจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายพอลิเมอร์ได้

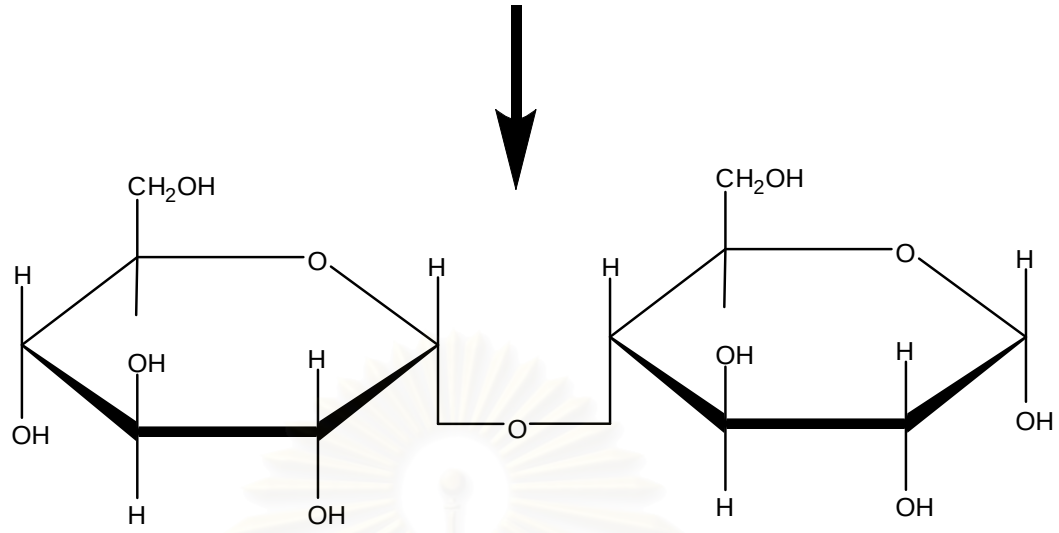
Radiation degradation เมื่อสายโซ่ของพอลิเมอร์สัมผัสกับแสงแดด หรือรังสีที่มีพลังงานสูงทำให้สายโซ่ขาด

ผลของการย่อยสลายโมเลกุลแป้งทำให้สมบัติของแป้งเปลี่ยนแปลง ได้ดังนี้

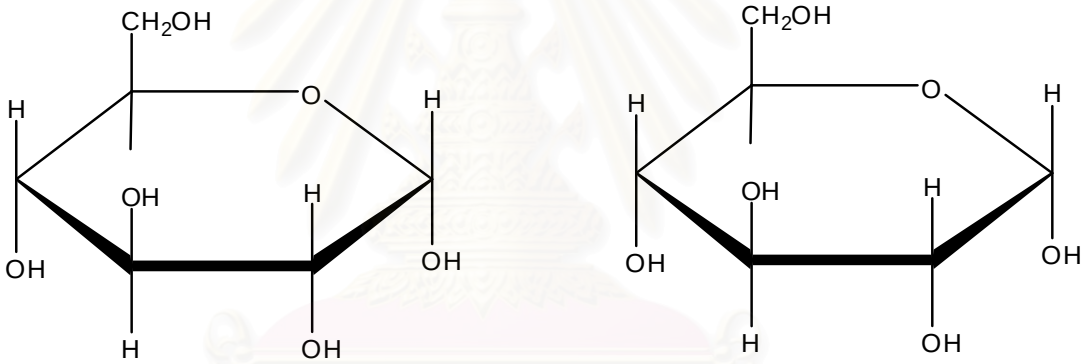
1.<u>การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ</u>

- การลดลงของน้ำหนักโมเลกุลของแป้งโดยการขาดของสายโซ่หลักของแป้ง ซึ่งการที่สายโซ่หลักขาดเกิดได้ดังแสดง

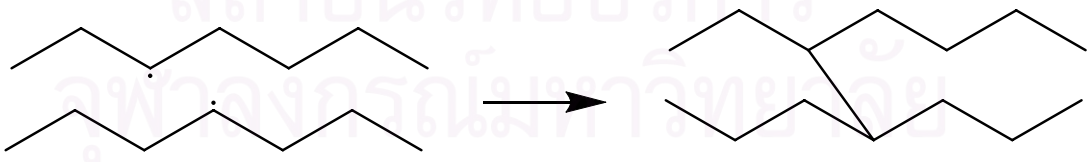




and



การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโมเลกุลของแป้ง (เป็นการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทางเคมีแล้ว มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ) ดังแสดง



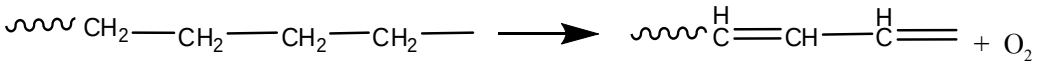
การเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกลของโมเลกุลแป้ง เช่น tensile strength, impact strength, elongation at break

การที่ผิวของโมเลกุลแป้งเกิดการกัดกร่อนได้ง่าย

2. <u>การเปลี่ยนแปลงทางเคมี</u>

มีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทางเคมีของสายพอลิเมอร์

การเกิดพันธะไม่อิ่มตัว ภายหลังการย่อยสลายโครงสร้างของสายโมเลกุลแป้งเปลี่ยนแปลงเป็น conjugated double bond และมีแก๊สออกซิเจนเกิดขึ้น ดังแสดง



การมีกลุ่ม functional groups เกิดขึ้นใหม่ๆ เช่น hydroxyl, carbonyl, hydroperoxide

สาเหตุที่ทำให้สายโมเลกุลของแป้งเกิดการย่อยสลายได้มีดังนี้

1. สายโมเลกุลของแป้งเป็นโมเลกุลที่มีสายโซ่ยาว จึงมีโอกาสในการเกิดการขาดของโมเลกุลได้มากกว่าสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก

2. สายโมเลกุลของแป้งมีโอกาสย่อยสลายได้ง่ายเนื่องจากมีโครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบ เช่น การที่มอนอเมอร์เชื่อมต่อกันแบบ head-to-head ในขั้น propagation step

3. การเกิด chain scission ได้ง่ายที่พันธะระหว่าง C-C ที่ต่อกับหมู่แทนที่

4. การที่สายโมเลกุลของแป้งมีกิ่งประกอบกับมี tertiary bond ซึ่งเป็นพันธะที่ไม่แข็งแรง ปฏิกิริยาที่เกิดขั้นต่อไปอาจเป็น chain transfer ได้

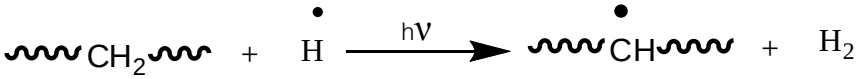
5. การที่มีพันธะที่ไม่อิ่มตัวในสายโมเลกุลของแป้ง

6. การที่สายโมเลกุลของแป้งมีหมู่ปลายเป็น carbonyl หรือ hydroxyl ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวเริ่มต้นในการทำให้สายโมเลกุลของแป้งขาด

2.1.4 การย่อยสลายโมเลกุลของมันสำปะหลังด้วยรังสี[4]

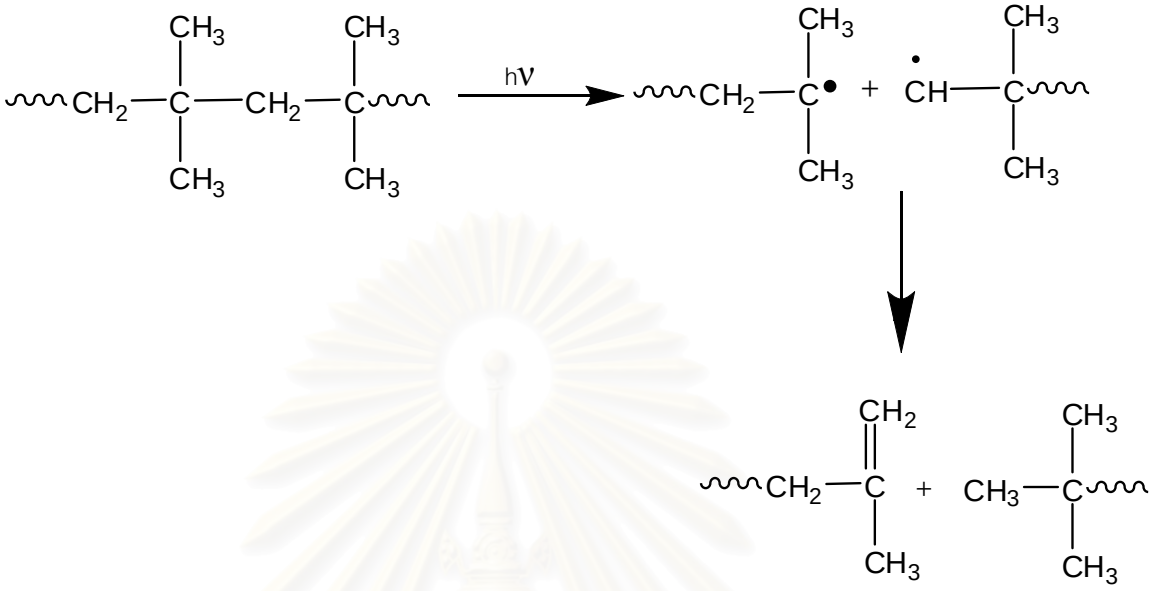
<u>กลไกการเกิดปฏิกิริยาจากการย่อยสลายด้วยรังสี</u> ผลที่เกิดขึ้น คือ

1. เกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้น เช่น การเกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นในโมเลกุลแป้ง ซึ่งมีกลไกการเกิดดังแสดง

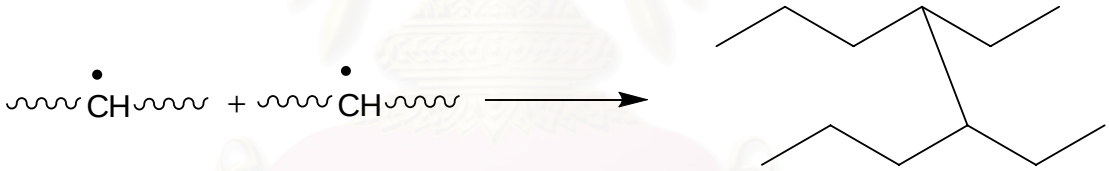


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

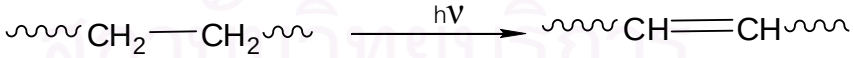
2. ทำให้น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ลดลง ซึ่งมีกลไกการเกิดดังแสดง



3. เกิด X-link ซึ่งมีกลไกการเกิดดังแสดง



4. การเกิด Unsaturation ซึ่งมีกลไกการเกิดดังแสดง

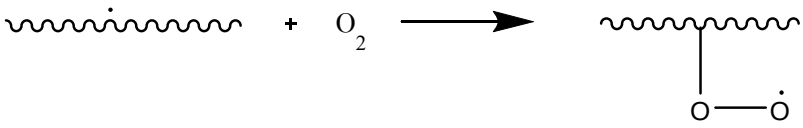


ในส่วนการเกิดโครงสร้างสามมิติซึ่งเกิดมาจากส่วนที่เป็น X-link จะทำให้สมบัติของพอลิเมอร์ดีขึ้น เช่น การเพิ่มขึ้นของ Elastic modulus การเพิ่มความแข็งแรง แต่จะทำให้ความสามารถในการละลายลดลงเพราะลักษณะการเกิดจะเป็นแบบโครงร่างตาข่ายจะมีความแข็งแรงสูงมากทำให้เกิดลักษณะการรวมตัวกัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายมันสำปะหลังด้วยรังสี

1. อิทธิพลของการมีแก๊สออกซิเจนอยู่ในตัวอย่างขณะฉายรังสี

ถ้าพลังงานที่ได้รับไม่มากพอที่จะสามารถทำให้พันธะภายในโมเลกุลแตกออกได้แต่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแทนถ้าในสภาวะที่แก๊สออกซิเจนขณะฉายรังสี ดังแสดง



เกิด Permanence bond scission

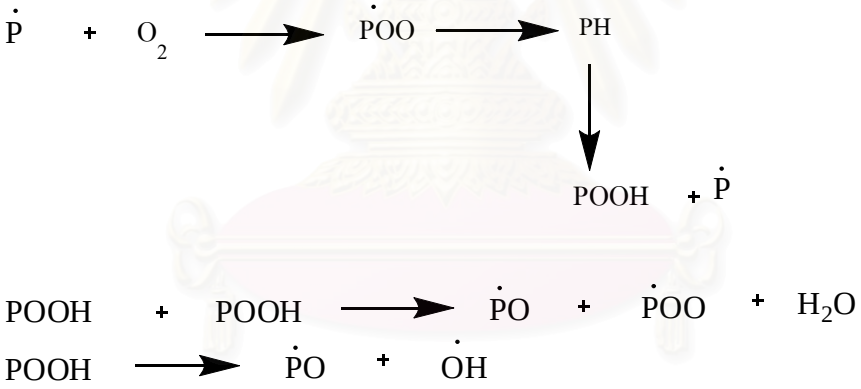
ทำให้สายโซ่เกิดการขาดอย่างรวดเร็ว

แก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยากับ macro radical จะเกิด hydroperoxide ขึ้น

กลไกการปฏิกิริยาออกซิเดชัน

1. Initiation

2. Propagation ขั้นตอนนี้จะเกิด free radical จำนวนมาก



3. Termination

2. อิทธิพลของการดูดกลืนรังสี

ในปัจจุบันยังไม่ทราบแน่ชัดเกี่ยวกับอิทธิพลนี้ แต่ในกรณีที่ได้รับปริมาณรังสีมากพลังงานส่วนหนึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน แล้วจะเกิดการเสื่อมสภาพด้วยความร้อนต่อไปได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.5 การย่อยสลายโมเลกุลของมันสำปะหลังด้วยสารเคมี[2]

<u>การย่อยสลายโมเลกุลของมันสำปะหลังด้วยสารเคมีแบ่งเป็น 2 วิธีคือ</u>

1. <u>การย่อยด้วยกรด</u> (Acid degradation) แบ่งเป็น 2 กระบวนการ คือ

1.1 กระบวนการแบบโฮโมจีนีส (Homogeneous Process) เป็นกระบวนการที่ใช้กรดแก่เช่น กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) หรือ กรดซัลฟูริก (sulfuric acid) ผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่ คือ น้ำตาลกลูโคส

1.2 กระบวนการแบบเฮเทอโรจีนีส (Heterogeneous Process) เป็นกระบวนการที่ใช้กรดอ่อนกว่า แต่ต้องใช้อุณหภูมิสูง

การย่อยสลายด้วยกรดเจือจาง

กรด (HCI, H_2SO_4, หรือ HF) สามารถปลดปล่อยโปรตอนเพื่อมาทำลายพันธะ heterocyclic ether ระหว่างน้ำตาลโมโนเมอร์ ในรูปของสาย poltmeric ของแป้งในการแตกของพันธะนี้ จะได้น้ำตาลกลูโคส และสารอื่น ๆ เช่น oligomer, furfural acetic และ acid ในการไฮโดรไลท์ด้วยกรดเจือจางเกือบทั้งหมดจะเกิดในโมเลกุลแป้ง เนื่องจากพันธะของโมเลกุลแป้งจะอ่อนแอ ปฏิกิริยาการไฮโดรไลท์ของน้ำตาลโพลิเมอร์ด้วยกรดเจือจาง ในตัวอย่างที่ใช้มีสถานะเป็นของแข็ง และทำปฏิกิริยาดังนี้

1. โปรตอนจากกรดเข้าไปจับกับ lignocellulosic matrix
2. เกิดการให้โปรตอน (H^+) ของออกซิเจน จากพันธะ heterocyclic ether ระหว่างน้ำตาลโมโนเมอร์
3. เกิดการแตกของพันธะ ether
4. เกิด carbocation intermediate
5. carbocation ถูกละลายด้วยน้ำ
6. มีการสร้างโปรตอน เพิ่มขึ้นมาใหม่ พร้อมกับเกิดน้ำตาลโมโนเมอร์, oligomer, หรือโพลิเมอร์ ขึ้นกับตำแหน่งการแตกของพันธะ ether

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบผลดีและผลเสียในการย่อยด้วยกรด

ผลดี	ผลเสีย
1. ปฏิกิริยาเกิดเร็ว ง่าย และสั้น 2. ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้มีราคาถูก และหาง่าย 3. ปฏิกิริยาสามารถเกิดได้ที่อุณหภูมิต่ำ (กรณีใช้กรดแก่) 4. ให้ผลิตภัณฑ์สูง (กรณีใช้กรดแก่)	1. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไม่เจาะจงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่บริสุทธิ์ 2. ต้องใช้อุณหภูมิสูง (กรณีใช้กรดอ่อน) 3. น้ำตาลที่ได้จะถูกเปลี่ยนเป็นสารอื่น เช่น เฟอฟูรัล และสารเคมีอื่น ๆ 4. ผลพลอยได้ของปฏิกิริยาการย่อยด้วยกรด เช่น เฟอฟูรัล เป็นพิษ

2. <u>การย่อยสลายด้วยด่าง</u> (Alkaline degradation)

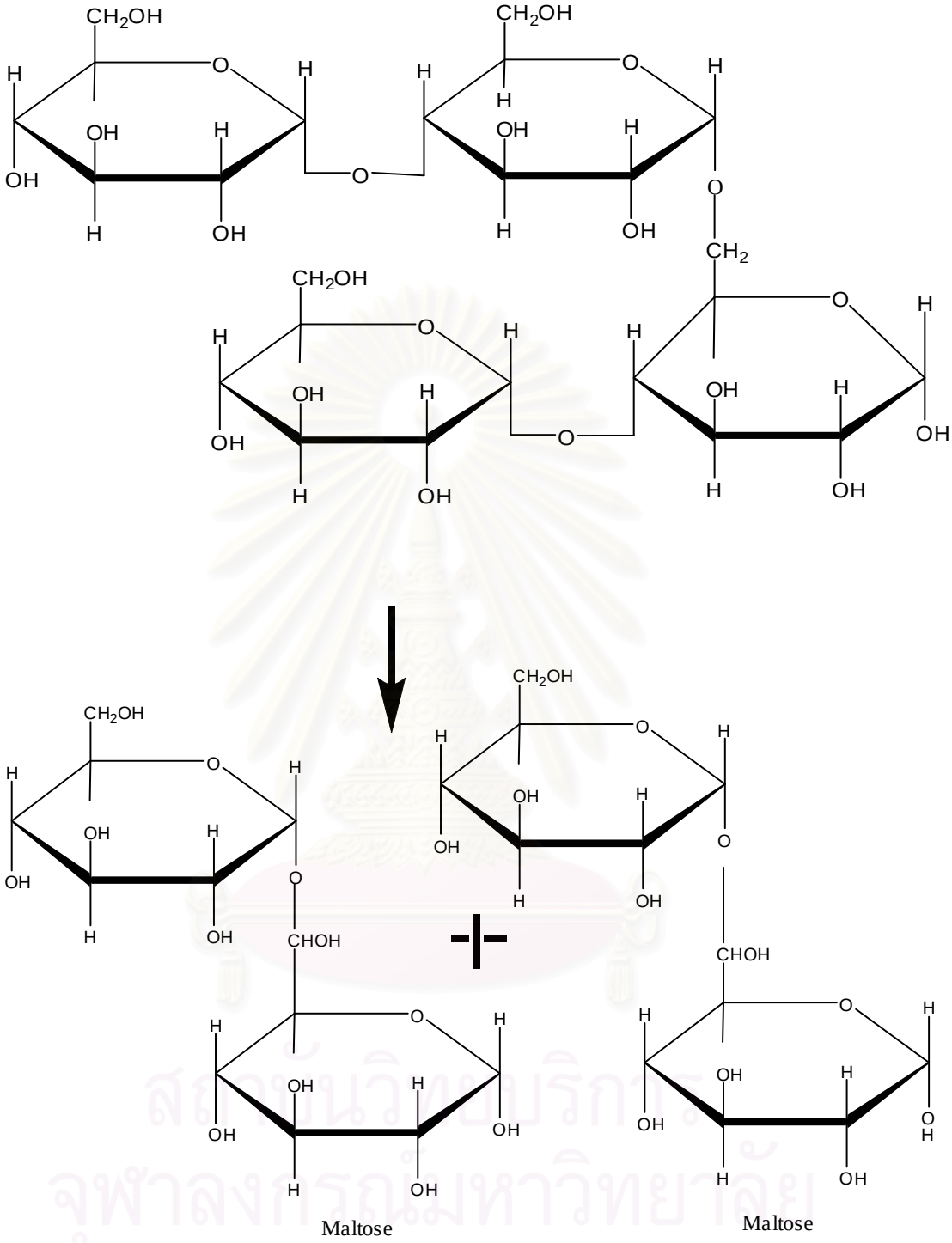
สารละลายที่นิยมใช้ คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางเอทีลีนไดอะมีน (ethylene diamine) และแอมโมเนีย (ammonia) เป็นต้น การใช้สารละลายด่างในการย่อยจะทำให้สายของโพลีแซคคาไรด์สั้นลง

การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (Enzymatic degradation) [5]

เอนไซม์เป็นโปรตีนหนึ่งที่สิ่งมีชีวิตสร้างขึ้น เพื่อทำหน้าที่เป็นสารเร่ง (catalyst) ปฏิกิริยาภายในเซลล์ เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทีมีประสิทธิภาพสูง ในสภาวะการทำงานที่เหมาะสมจะสามารถเร่งปฏิกิริยาได้เร็วถึง 10^8 ถึง 10^{11} เท่า เมื่อเทียบกับปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง นอกจากนี้เอนไซม์ยังมีความเฉพาะ (specificity) ต่อปฏิกิริยาหนึ่ง ๆ เท่านั้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบริสุทธิ์สูง แม้ว่าเอนไซม์จะถูกสร้างและอยู่ภายในเซลล์สิ่งมีชีวิต แต่สามาถสกัดออกมาใช้งานได้เช่นเดียวกับเมื่ออยู่ในเซลล์

เอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาการย่อยแป้ง มี 2 ชนิด คือ α-amylase และ glucoamylase

α-amylase ซึ่งมีอยู่ในน้ำลาย และน้ำย่อยจากตับอ่อนมีหน้าที่ย่อยแป้งในกระพาะและสำไส้เล็กให้เป็นกลูโคสและมอลโตส โดยทำการย่อยพันธะ $\alpha(1,4)$ ส่วน glucoamylase จะย่อย amylase ออกเป็นมอลโตสที่ละหน่วย โดยเริ่มจากปลายที่ไม่รีดิวซ์ ดังแสดงในภาพ

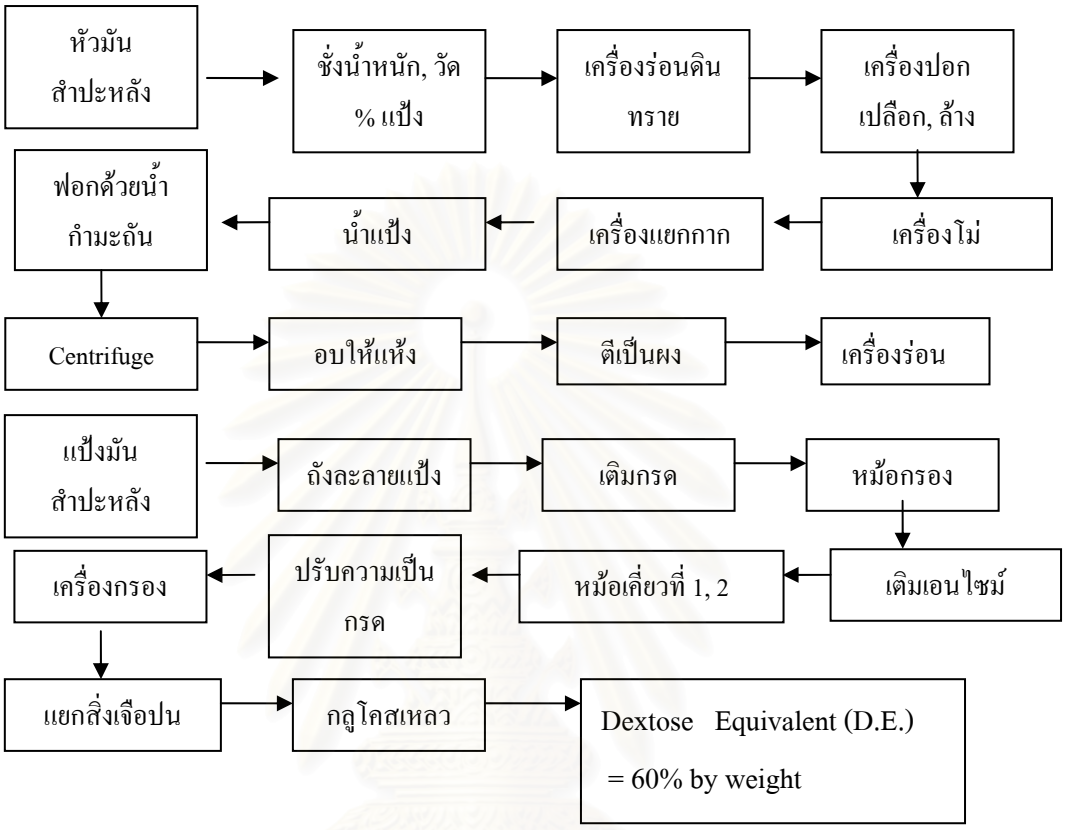


2.1.6 การใช้ประโยชน์จากการย่อยสลายมันสำปะหลัง [1],[6]

มีการใช้ประโยชน์จากการย่อยสลายมันสำปะหลังอย่างมากมายที่สำคัญที่สุด คือ การผลิตน้ำตาลกลูโคส ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่ผลิตในประเทศไทย มี 3 ชนิด

1.<u>กลูโคสเหลว</u> (Glucose syrup) หมายถึง สารละลาย แซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยแป้ง ซึ่งได้ผ่านกรรมวิธีการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้เข้มข้น โดยวิธีการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

(amylase) และอะไมโลกลูโคซิเดส (amyloglucosidase) ซึ่งปัจจุบันเป็นที่นิยมผลิตกลูโคสเหลวกันมาก (ดังแสดงในรูปที่2.14) นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตลูกกวาดและเครื่องดื่มหลายชนิด



รูปที่ 2.14 กระบวนการผลิตกลูโคสเหลว

2 ซอบิตอล ที่มีความเข้มข้น 70% นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยาสีฟัน และเครื่องสำอาง

3. กลูโคสผง (Glucose powder) กลูโคสเหลวที่ได้ทำให้แห้งเป็นกลูโคสผง นำมาผลิตเดกซโตรส 2 ชนิด คือ

- Dextrose monohydrate ($C_6H_{12}O_6H_2O$) หมายถึง เดกซโตรสที่มีความชื้น ส่วนมากใช้ในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง

- Dextrose anhydrous ($C_6H_{12}O_6$) หมายถึง เดกซโตรสที่ไม่มีความชื้น และผ่านกรรมวิธีการทำให้บริสุทธิ์และตกผลึก ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยา

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. .J. Pruzinec, O. Hola**,** [7]: ทำการวิจัยเรื่อง **Starch degradation by irradiation** ศึกษาการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีระหว่าง 43 KGy ถึง 200.9 KGy บนแป้งข้าวโพด แป้งธัญพืช และแป้งมันฝรั่ง ภายใต้สภาวะที่มีน้ำและออกซิเจน เพื่อก่อให้เกิดการตัดสายโมเลกุลพอลิเมอร์ที่มากขึ้น โดยสามารถทดสอบการย่อยสลายได้จากค่าการละลายที่เพิ่มสูงขึ้น และค่าความหนืดที่ลดต่ำลง

2**.** V. Singh, S.Z.Ali*,[8]: ทำการวิจัยเรื่อง **Acid degradation of starch.The effect of acid and starch type** ศึกษาผลของกรด HCl , HNO_3 , H_3PO_4 และ H_2SO_4 ที่ก่อให้เกิดการย่อยสลายของแป้งธัญพืช แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง โดยพิจารณาจากน้ำหนักโมเลกุลของแป้งที่ลดต่ำลง แล้วทำการตรวจสอบการย่อยสลายของแป้งด้วยเทคนิค Gel Permeation Chromatography (Sepharose CL 4B) ซึ่งผลที่ได้สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ส่วนกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งหลังจากที่มีการย่อยสลายโดยใช้กรดข้างต้น กลุ่มแรกควรมีปริมาณลดต่ำลง แต่ในกลุ่มที่สองควรมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น

3. V.F. Oreshko; K.A. KOrotchenko.,[9]: ทำวิจัยเรื่อง **On the effect of the gamma radiation of Co-60 on starch** เปรียบเทียบการฉายรังสีระหว่างแป้งมันฝรั่งแห้งและแป้งมันฝรั่งสด จากการทดลองพบว่าการทำปฏิกิริยาเคมีในโครงสร้างแป้งมันฝรั่งแห้งและแป้งมันฝรั่งสดมีความแตกต่างกัน โดยสามารถตรวจสอบได้จากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน และ Fehling Solution แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ สามารถวัดการดูดกลืนแสงได้ที่540 nm โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1. กรดไนตริก (nitric acid, HNO_3)
2. กรดไฮโดรคลอริก (hydrochoric acid, HCl)
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.2 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

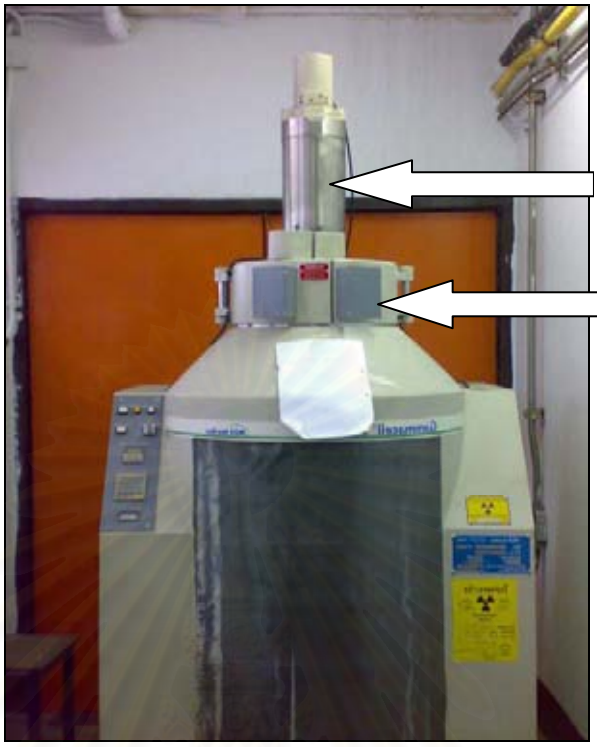
1.หัวมันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

รูปที่ 3.1 หัวมันสำปะหลัง

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องฉายรังสีแกมมา Co-60 แสดงในรูปที่ 3.2
2. เครื่องบด
3. ถุงซิป
4. เครื่องชั่ง (Analytical balance) ของ Sartorius Basic รุ่น BA 310s
5. ขวดสำหรับ autoclave ขนาด 100 มิลลิเมตร
6. เครื่อง water bath
7. เครื่อง spectrophotometer แสดงในรูปที่ 3.3
8. Red Perspex 4034 dosimeter

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 เครื่องฉายรังสีแกมมา Co-60

รูปที่ 3.3 เครื่อง spectrophotometer

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่าง

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ หัวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ดังนี้

1. เริ่มจากนำหัวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มาล้าง และปอกเปลือก จากนั้นหั่นเป็นชิ้นๆบาง ๆ
2. นำไปตากให้แห้ง ควรเป็นวันที่มีแดดดี ถ้าแดดจัดตากประมาณ 2 แดด ไม่ควรใช้เวลานานเกิน 3 วัน เพราะจะทำให้กลิ่นและสีไม่ดี
3. นำหัวมันสำปะหลังที่แห้งไปบดด้วยเครื่องบดให้ละเอียดเป็นผง เรียกว่า แป้งดิบ (Tapioca starch, Native starch) ดังรูปที่ 3.4
4. นำแป้งดิบที่บดละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้ง เอาส่วนที่หยาบออกไป แล้วบรรจุเก็บไว้ในถุงซิป เพื่อป้องกันความชื้น
5. แบ่งแป้งดิบ ออกเป็น 2 กลุ่มเพื่อใช้ทำการทดลอง คือ

กลุ่มที่ 1 ทำการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก

กลุ่มที่ 2 ทำการฉายรังสีแกมมาแป้งดิบร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก

รูปที่ 3.4 หัวมันสำปะหลังแห้งบดละเอียด

การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม ในการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกในโมเลกุลของแป้งดิบ

ตัวอย่างกลุ่มที่ 1: ทำการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก

1. การทดลองหาอุณหภูมิและความเข้มข้นของกรดไนตริก ที่เหมาะสม

ชั่งตัวอย่างแป้งดิบ หนัก 2 กรัม จำนวน 4 ตัวอย่าง บรรจุลงในขวดสำหรับ autoclave เติมกรดไนตริก เข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ลงในขวดแต่ละใบ ตามลำดับ โดยใช้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างผสมกัน นำไปเข้าเครื่อง water bath ที่อุณหภูมิ 50 ^{0}C เป็นเวลา 30 min จากนั้นปรับ pH ด้วย NaOH เข้มข้น 0.5 M จนได้ pH ประมาณ 7 กรองสารละลายที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคสโดยใช้วิธี Dinitrosalicylic Acid – UV Spectrophotometry ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm [4] ทำการย่อยสลายเช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น แต่ทำที่อุณหภูมิ 75 ^{0}C และ 100 ^{0}C ตามลำดับ เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลกลูโคส ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไนตริก ที่ความเข้มข้นและที่อุณหภูมิต่าง ๆ เพื่อหาความเข้มข้น และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไนตริก

2. การทดลองหาอุณหภูมิและความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก ที่เหมาะสม

ชั่งตัวอย่างแป้งดิบ หนัก 2 กรัม จำนวน 4 ตัวอย่าง บรรจุลงในขวดสำหรับ autoclave เติมกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ลงในขวดแต่ละใบ ตามลำดับโดยใช้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างผสมกัน นำไปเข้าเครื่อง water bath ที่อุณหภูมิ 50^{0}C เป็นเวลา 30 min จากนั้นปรับ pH ด้วย NaOH เข้มข้น 0.5 M จนได้ pH ประมาณ 7 กรองสารละลายที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคสโดยใช้วิธี Dinitrosalicylic Acid – UV Spectrophotometry ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm [4] ทำการย่อยสลายเช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น แต่ทำที่อุณหภูมิ 75 ^{0}C และ100 ^{0}C ตามลำดับ เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลกลูโคส ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก ที่ความเข้มข้น และที่อุณหภูมิต่าง ๆ เพื่อหาความเข้มข้น และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไฮโดรคลอริก

3. การทดลองหาเวลาที่เหมาะสม ในการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไนตริก

ชั่งตัวอย่างแป้งดิบ หนัก 2 กรัม จำนวน 3 ตัวอย่าง บรรจุลงในขวดสำหรับ autoclave เติมกรดไนตริกที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองข้างต้น ลงในขวดแต่ละใบ โดยใช้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างผสมกัน นำไปเข้าเครื่อง water bath ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากทดลองข้างต้น โดยใช้ระยะเวลา 30 min, 60 min และ 90 min ตามลำดับ จากนั้นปรับ pH ด้วย NaOH เข้มข้น 0.5 M จนได้ pH ประมาณ 7 กรองสารละลายที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคสโดยใช้วิธี Dinitrosalicylic Acid – UV Spectrophotometry ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm [4] เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลกลูโคส ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไนตริก ที่ระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไนตริก

4. การทดลองหาเวลาที่เหมาะสม ในการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไฮโดรคลอริก

ชั่งตัวอย่างแป้งดิบ หนัก 2 กรัม จำนวน 3 ตัวอย่าง บรรจุลงในขวดสำหรับ autoclave เติมกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองข้างต้น ลงในขวดแต่ละใบ โดยใช้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างผสมกัน นำไปเข้าเครื่อง water bath ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากทดลองข้างต้น โดยใช้ระยะเวลา 30 min, 60 min และ 90 min ตามลำดับ จากนั้นปรับ pH ด้วย NaOH เข้มข้น 0.5 M จนได้ pH ประมาณ 7 กรองสารละลายที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคสโดยใช้วิธี Dinitrosalicylic Acid – UV Spectrophotometry ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm [4] เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลกลูโคส ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก ที่ระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไฮโดรคลอริก

<u>กลุ่มที่ 2: ทำการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก</u>

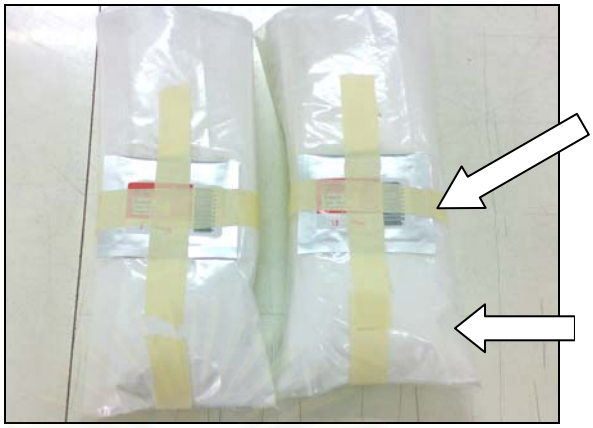
ทำการฉายรังสีในตัวอย่างแป้งดิบ ก่อนทำการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกที่สภาวะที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างแป้งดิบใส่ถุงซิป หนักถุงละ 200 กรัม จำนวน 5 ตัวอย่างติด dosimeter ที่ตำแหน่งได้รับปริมาณรังสีน้อยสุด ดังรูปที่ 3.5 และตำแหน่งได้รับปริมาณรังสีมากสุด ดังรูปที่ 3.6 เพื่อหาปริมาณรังสีเฉลี่ยที่แป้งได้รับ
2. นำตัวอย่างแป้งดิบที่ติด dosimeter ไปฉายรังสีแกมมา ดังรูปที่ 3.7 ด้วยเครื่อง Co-60 ให้ได้ปริมาณรังสี 5, 10, 20, 50 และ100 kGy

3. ชั่งแป้งดิบที่ผ่านการฉายรังสีในแต่ละปริมาณรังสี หนัก 2 กรัม จำนวน 5 ตัวอย่าง บรรจุลงในขวดสำหรับ autoclave เติมกรดไนตริก ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง กลุ่มที่ 1 ลงในขวดแต่ละใบ ตามลำดับโดยใช้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างผสมกัน นำไปเข้าเครื่อง water bath ที่อุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากทดลอง กลุ่มที่ 1
4. ปรับ pH ด้วย NaOH เข้มข้น 0.5 M จนได้ pH ประมาณ 7 กรองสารละลายที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคสโดยใช้วิธี Dinitrosalicylic Acid – UV Spectrophotometry ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm [4]
5. ทำการย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ, ความเข้มข้น และระยะเวลาเช่นเดียวกับวิธีข้างต้น

เปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลกลูโคส ที่ได้จากการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่สภาวะที่เหมาะสมเดียวกัน

รูปที่ 3.5 ถุงบรรจุแป้งดิบขนาด 200 g ที่ติด dosimeter บริเวณได้รับปริมาณรังสีน้อยสุด



รูปที่ 3.6 ถุงบรรจุแป้งดิบขนาด 200 g ที่ติด dosimeter บริเวณได้รับปริมาณรังสีมากสุด

รูปที่ 3.7 การบรรจุถุงแป้งดิบเพื่อฉายรังสีแกมมาด้วยเครื่อง Co-60

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคสโดยใช้วิธี Dinitrosalicylic Acid – UV Spectrophotometry

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคสในแป้งดิบที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก และตัวอย่างแป้งดิบที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่สภาวะที่เหมาะสมเดียวกัน โดยเจือจางสารละลายกลูโคสที่เตรียมได้ด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์ ประมาณ 10 เท่า ก่อนนำไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณน้ำตาลกลูโคส ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก) [4]

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

4.1 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก

นำตัวอย่างแป้งดิบมาทำปฏิกิริยากับกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ

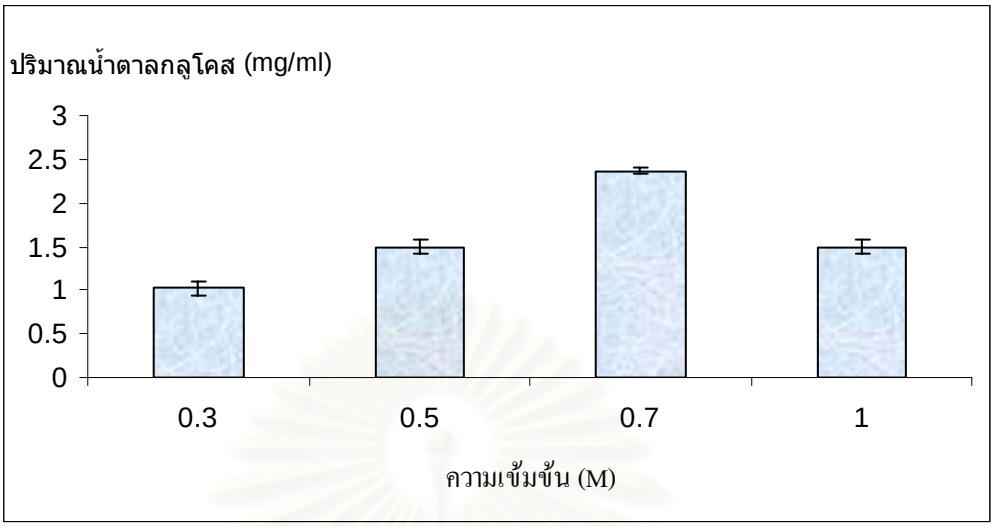
4.1.1 ผลการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไนตริกที่ความเข้มข้น 03, 0.5, 0.7 และ 1.0 M. ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน คือ อุณหภูมิ 50^0C เป็นเวลา 30 min ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 2.37 mg/ml ที่ความเข้มข้นของกรดไนตริก 0.7 M แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไนตริกเป็น 1.0 M พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลงเหลือ 1.5 mg/ml เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสที่ได้สูงสุดบางส่วนเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดน้ำตาล (aldaric acid) [3]

ตารางที่ 4.1 ผลการย่อยสลายแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิ 50^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)
0.3	1.02 ± 0.08
0.5	1.5 ± 0.07
0.7	2.37 ± 0.04
1.0	1.5 ± 0.07

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



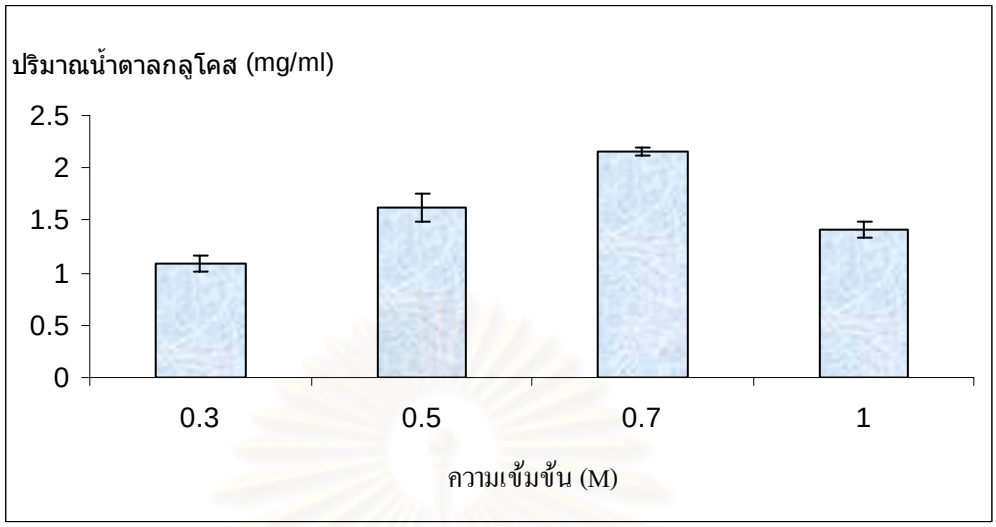
รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ผ่านการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 50^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

4.1.2 ผลการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 03, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน คือ อุณหภูมิ 50^0C เป็นเวลา 30 min ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 2.16 mg/ml ที่ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 0.7 M แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกเป็น 1.0 M พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลงเหลือ 1.41 mg/ml เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสที่ได้สูงสุด บางส่วนเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดน้ำตาล (aldaric acid) [3]

ตารางที่ 4.2 ผลการย่อยสลายแป้งดิบ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 50^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)
0.3	1.09 ± 0.08
0.5	1.62 ± 0.14
0.7	2.16 ± 0.04
1.0	1.41 ± 0.08

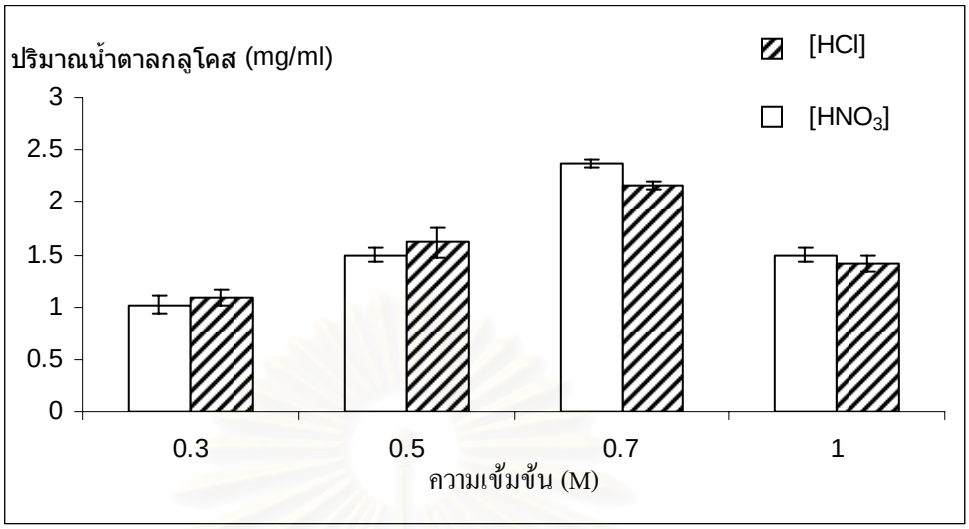
หมายเหตุ : ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 50^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

จากผลการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน คือ ที่อุณหภูมิ 50^0C เป็นเวลา 30 min ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.3 พบว่า แปรผันไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นของกรด 0.7 M. ส่วนที่ความเข้มข้นของกรด 1.0 M ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลง ในแต่ละความเข้มข้นของกรดปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกมีค่าใกล้เคียงกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 50^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

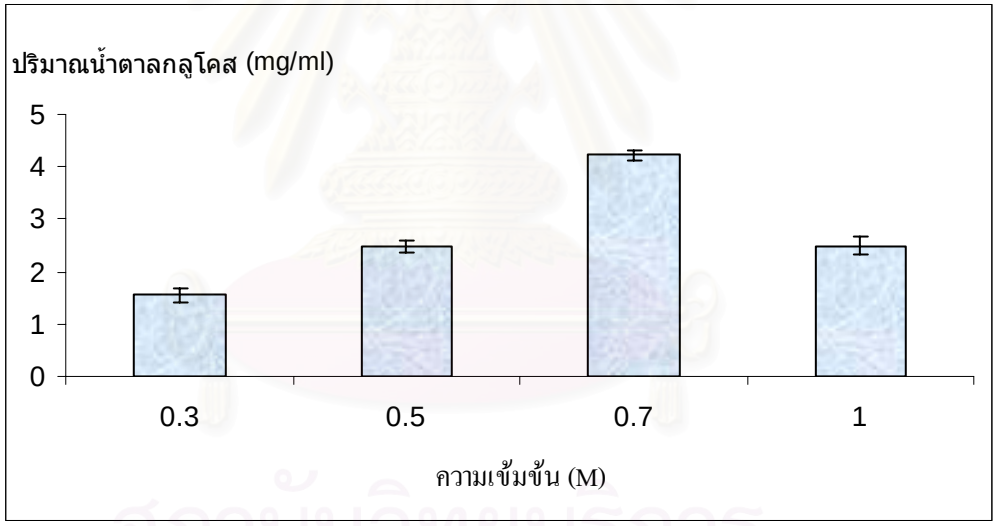
4.1.3 ผลการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไนตริกที่ความเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M. ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน คือ อุณหภูมิ 75^0C เป็นเวลา 30 min ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสมีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 4.22 mg/ml ที่ความเข้มข้นของกรดไนตริก 0.7 M แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไนตริกเป็น 1.0 M พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลงเหลือ 2.49 mg/ml เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสที่ได้สูงสุด บางส่วนเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดน้ำตาล (aldaric acid) [3]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ผลการย่อยสลายแป้งดิบ โดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 75^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)
0.3	1.55 ± 0.14
0.5	2.49 ± 0.12
0.7	4.22 ± 0.08
1.0	2.49 ± 0.18

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



รูปที่ 4.4 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 75^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

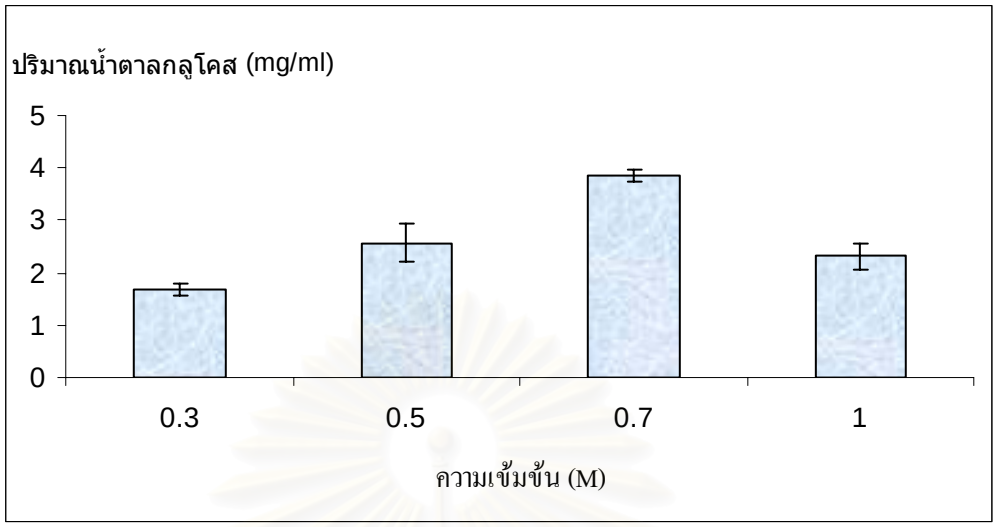
4.1.4 ผลการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 03, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน คือ อุณหภูมิ 75^0C เป็นเวลา 30 min ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 3.86 mg/ml ที่ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 0.7 M แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกเป็น 1.0 M พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลงเหลือ 2.32 mg/ml เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสที่ได้สูงสุด บางส่วนเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดน้ำตาล (aldaric acid) [3]

ตารางที่ 4.4 ผลการย่อยสลายแป้งดิบ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 75^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)
0.3	1.68 ± 0.11
0.5	2.56 ± 0.36
0.7	3.86 ± 0.12
1.0	2.32 ± 0.24

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

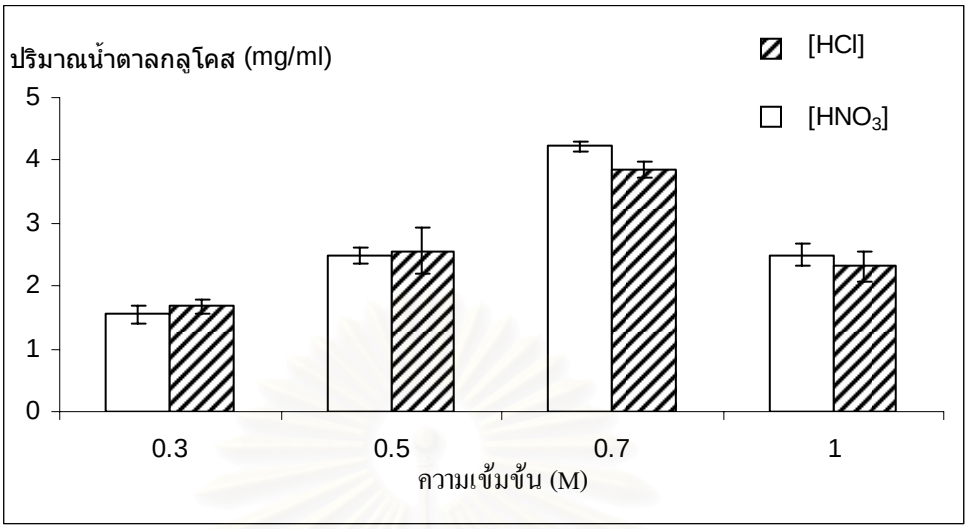
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 75^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

จากผลการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน คือ ที่อุณหภูมิ 75^0C เป็นเวลา 30 min ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.6 พบว่า แปรผันไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นของกรด 0.7 M. ส่วนที่ความเข้มข้นของกรด 1.0 M ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลง ในแต่ละความเข้มข้นของกรดปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกมีค่าใกล้เคียงกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 75^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

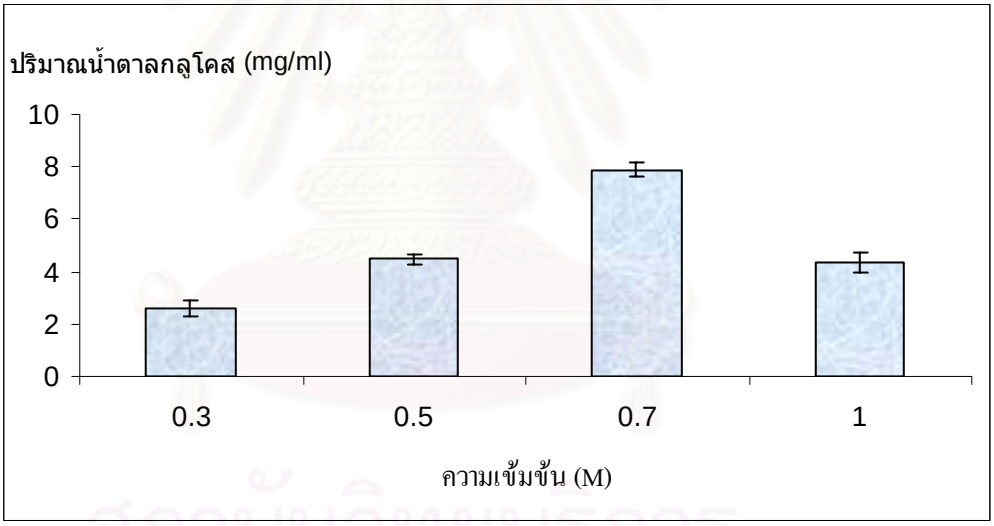
4.1.5 ผลการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไนตริกที่ความเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M. ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน คือ อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 30 min ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.7 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 7.89 mg/ml ที่ความเข้มข้นของกรดไนตริก 0.7 M แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไนตริกเป็น 1.0 M พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลงเหลือ 4.38 mg/ml เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสที่ได้สูงสุด บางส่วนเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดน้ำตาล (aldaric acid) [3]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ผลการย่อยสลายแป้งดิบ โดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 100^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)
0.3	2.6 ± 0.28
0.5	4.5 ± 0.19
0.7	7.89 ± 0.28
1.0	4.38 ± 0.38

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



รูปที่ 4.7 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 100^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

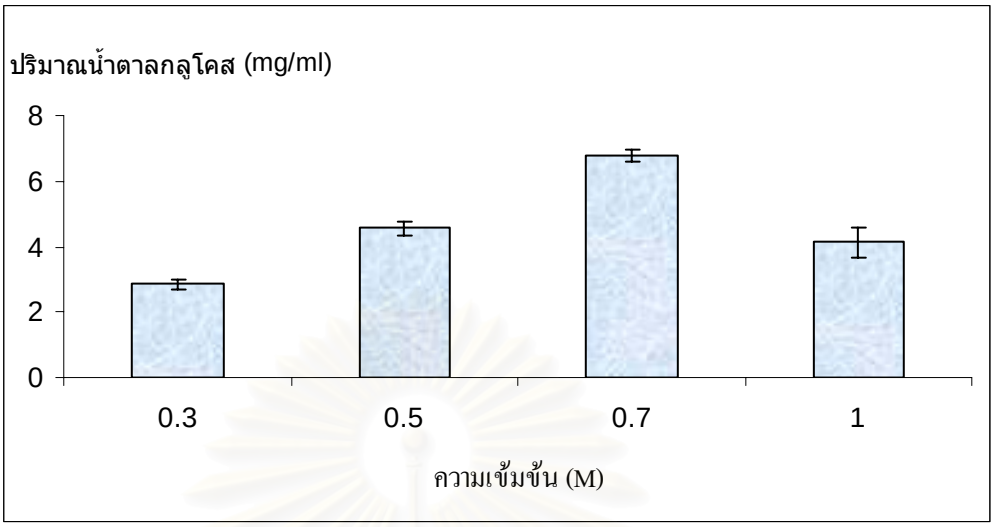
4.1.6 ผลการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 03, 0.5, 0.7 และ 1.0 M ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน คือ อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 30 min ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.8 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 6.79 mg/ml ที่ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 0.7 M แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกเป็น 1.0 M พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลงเหลือ 4.13 mg/ml เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสที่ได้สูงสุด บางส่วนเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดน้ำตาล (aldaric acid) [3]

ตารางที่ 4.6 ผลการย่อยสลายแป้งดิบ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 100^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)
0.3	2.85 ± 0.16
0.5	4.56 ± 0.2
0.7	6.79 ± 0.2
1.0	4.13 ± 0.44

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

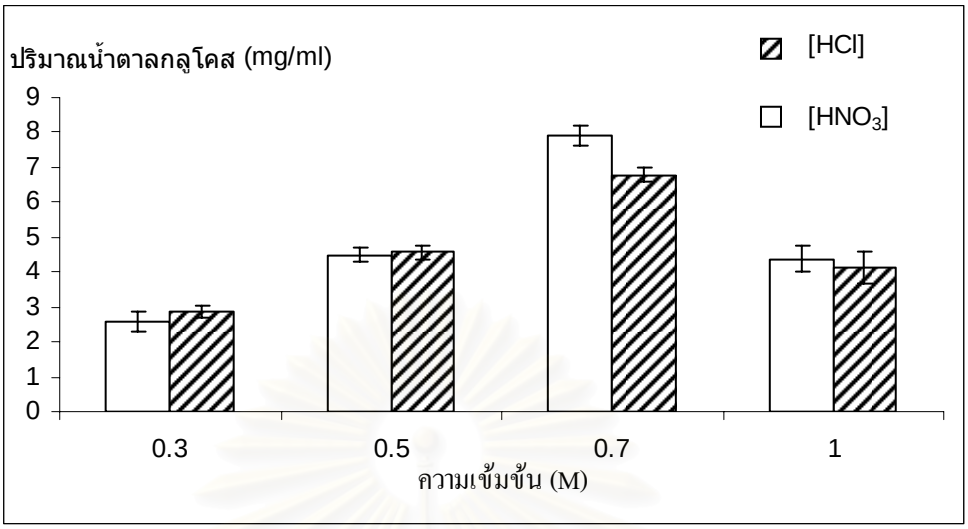
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 100^0Cใช้ระยะเวลา 30 min

จากผลการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน คือ ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 30 min ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.9 พบว่า แปรผันไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นของกรด 0.7 M. ส่วนที่ความเข้มข้นของกรด 1.0 M ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลง ในแต่ละความเข้มข้นของกรดปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกมีค่าใกล้เคียงกัน

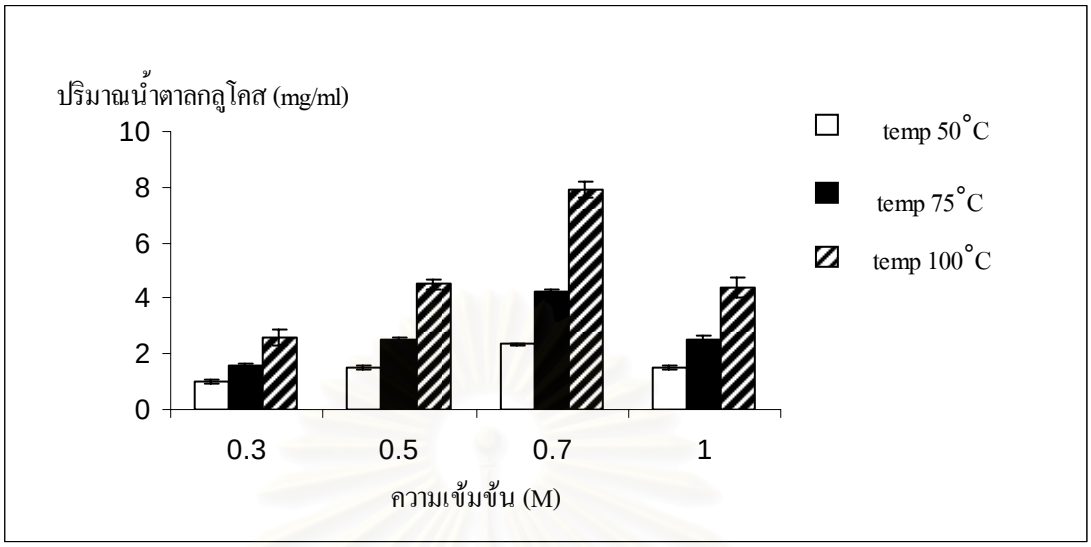
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 100^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

จากผลการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไนตริก ที่อุณหภูมิ และความเข้มข้นต่างๆ ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.10 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิที่สูงขึ้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 1.0 M ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลง และปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C ที่ความเข้มข้นของกรดไนตริก 0.3, 0.5 และ 0.7 M ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้แปรผันตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้นของกรด 1.0 M ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้แปรผันตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเพียงอย่างเดียว

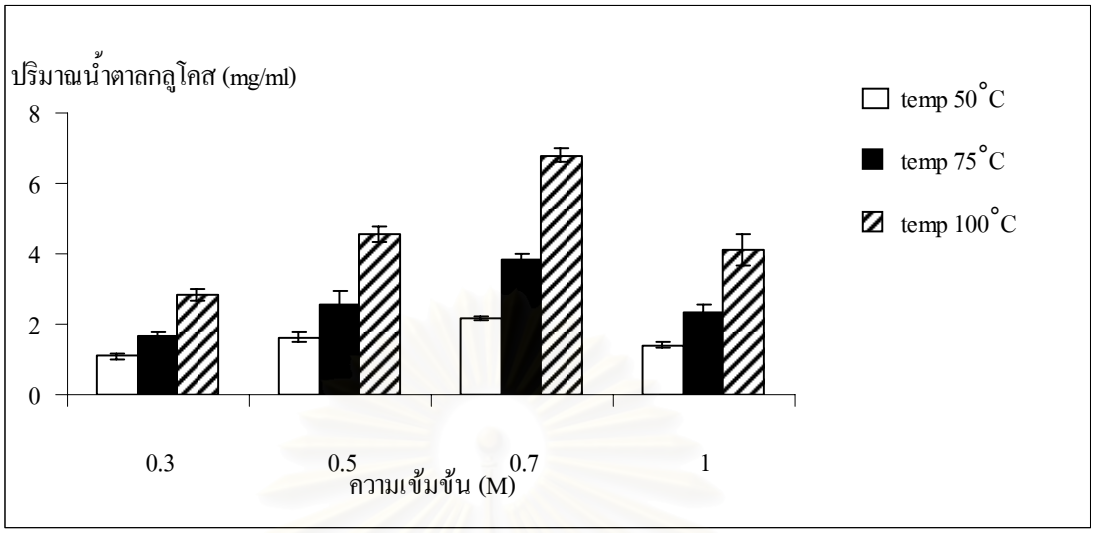
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 50, 75 และ100^{0}C ใช้ระยะเวลา 30 min

จากผลการย่อยสลายแป้งดิบด้วยกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ และความเข้มข้นต่างๆ ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.11 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิที่สูงขึ้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 1.0 M ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลง และปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^{0}C ที่ความเข้มข้นของกรด 0.3, 0.5 และ 0.7 M ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้แปรผันตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้นของกรด 1.0 M ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้แปรผันตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเพียงอย่างเดียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



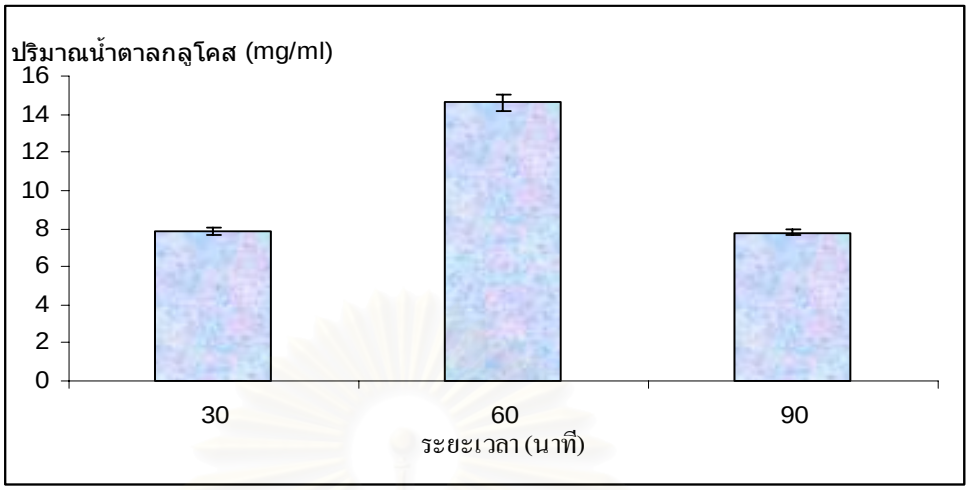
รูปที่ 4.11 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 50, 75 และ100^{0}C ใช้ระยะเวลา 30 min

4.1.7 ผลการย่อยสลลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไนตริก โดยใช้ระยะเวลา 30, 60 และ 90 min ที่อุณหภูมิ และความเข้มข้นของกรดเดียวกัน คือ ที่อุณหภูมิ 100^{0}C ความเข้มข้นของกรด 0.7 M ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.12 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้มากขึ้นในการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 14.61 mg /ml ที่ระยะเวลา 60 นาที แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 90 นาที พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลงเหลือ 7.8 mg /ml เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสที่ได้สูงสุด บางส่วนเกิดเป็นน้ำตาลไหม้

ตารางที่ 4.7 ผลการย่อยสลายแป้งดิบ โดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^{0}C และใช้ระยะเวลา 30, 60 และ 90 min

ระยะเวลา (min)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)
30	7.89 ± 0.28
60	14.61 ± 0.32
90	7.8 ± 0.24

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

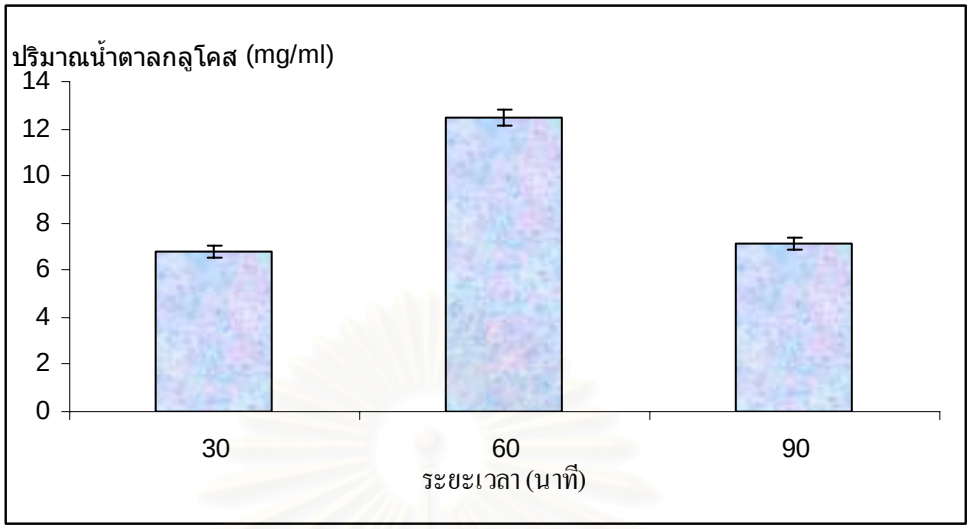


รูปที่ 4.12 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

4.1.8 ผลการย่อยสลลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไฮโดรคลอริก โดยใช้ระยะเวลา 30, 60 และ 90 min ที่อุณหภูมิ และความเข้มข้นของกรดเดียวกัน คือ ที่อุณหภูมิ 100^0C ความเข้มข้นของกรด 0.7 M ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.13 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้มากขึ้นในการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 12.48 mg /ml ที่ระยะเวลา 60 min แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 90 minพบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลงเหลือ 7.15 mg /ml เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสที่ได้สูงสุด บางส่วนเกิดเป็นน้ำตาลไหม้

ตารางที่ 4.8 ผลการย่อยสลายแป้งดิบ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C และใช้ระยะเวลา 30, 60 และ 90 min

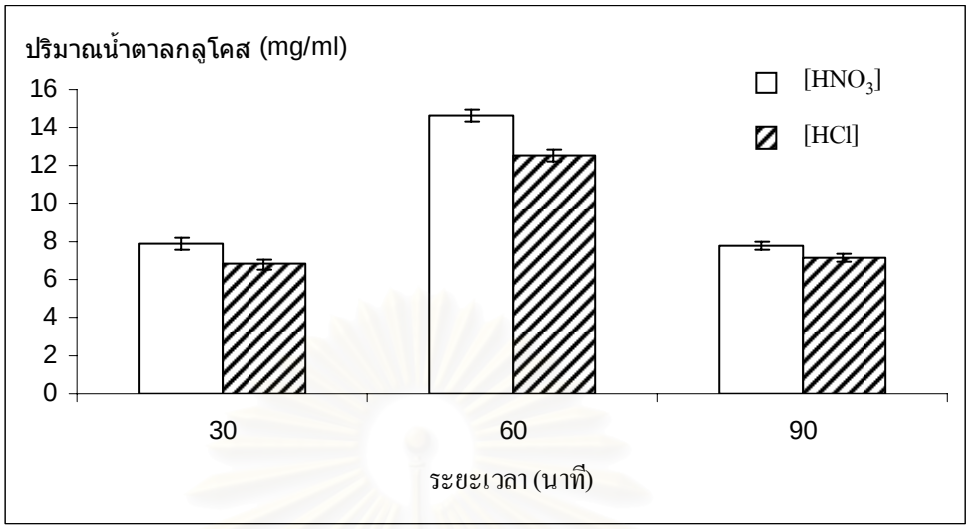
ระยะเวลา (min)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)
30	6.79 ± 0.2
60	12.48 ± 0.42
90	7.15 ± 0.12



รูปที่ 4.13 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

จากผลการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่ระยะเวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ และความเข้มข้นของกรดเดียวกัน คือ ที่อุณหภูมิ 100^0C ความเข้มข้นของกรด 0.7 M ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.14 พบว่า แปรผันไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้มากขึ้นในการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ และมีค่าสูงสุดที่ระยะเวลา 60 min แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 90 min ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการใช้กรดไนตริกย่อยสลายมีค่าใกล้เคียงกันกับกรดไฮโดรคลอริก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้กรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C ที่ระยะเวลาต่างๆ

จากผลการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างๆ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายแป้งดิบ คือ ความเข้มข้นของกรด 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นระยะเวลา 60 min มาทำการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 5, 10, 20, 50 และ100 kGy ในการทดลองต่อไป

4. 2 ผลการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบให้เป็นน้ำตาลกลูโคส โดยการฉายรังสีแกมมาร่วมกับกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก

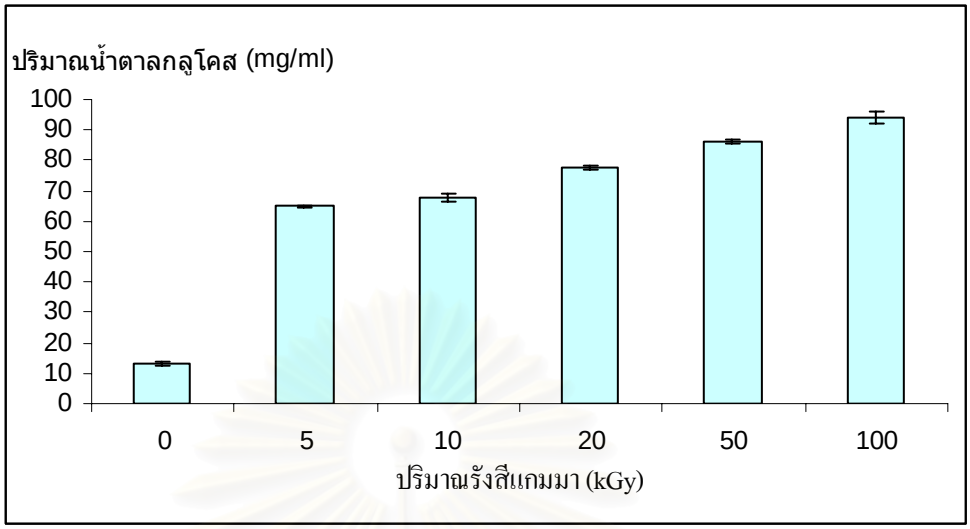
นำตัวอย่างแป้งดิบไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 5, 10, 20, 50 และ100 kGy ตามลำดับ หลังจากฉายรังสี แล้วนำตัวอย่างแป้งดิบที่ผ่านการฉายรังสี และตัวอย่างแป้งดิบที่ไม่ได้ฉายรังสีมาทำการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่สภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้นของกรด 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นระยะเวลา 60 min เพื่อหาปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ

4.2.1 ผลการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่างๆ ร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไนตริก ที่สภาวะที่เหมาะสม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.15 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 94 mg/ml คิดเป็นร้อยละ 84.6 โดยน้ำหนัก ที่ปริมาณรังสี 100 kGy ในขณะที่ตัวอย่างแป้งดิบที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพียง 13.1 mg/ml คิดเป็นร้อยละ 11.8 โดยน้ำหนัก เนื่องจากรังสีไปตัดโมเลกุลของแป้งดิบให้มีขนาดเล็กลง จนกระทั่งกรดสามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ [11]

ตารางที่ 4.9 ผลการย่อยสลายแป้งดิบ โดยการฉายรังสีแกมมาร่วมกับกรดไนตริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^{0}C เป็นระยะเวลา 60 min

ปริมาณรังสี (kGy)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส	
	(mg/ml)	ร้อยละโดยน้ำหนัก
0	13.1 ± 0.7	11.8
5	64.9 ± 0.30	58.41
10	67.7 ± 1.16	60.93
20	77.5 ± 0.68	69.75
50	86.3 ± 0.75	77.67
100	94.0 ± 1.74	84.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



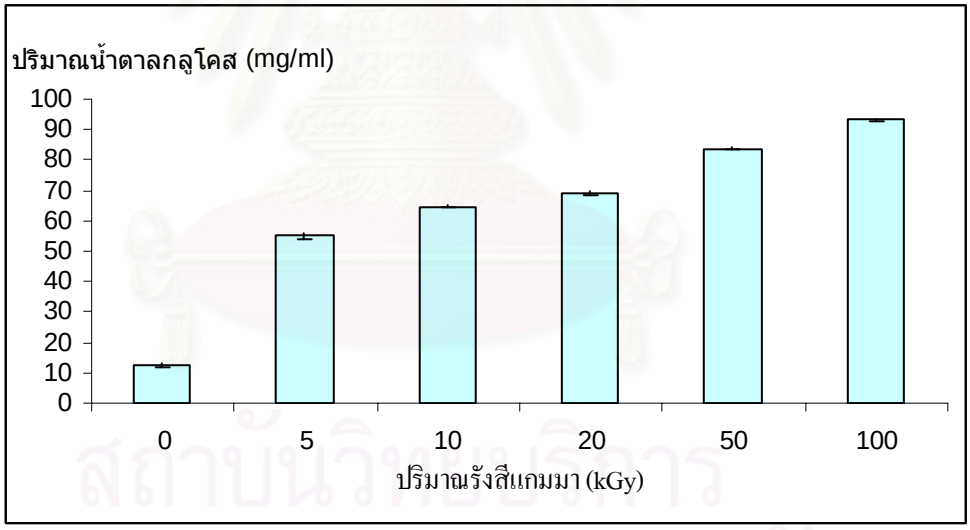
รูปที่ 4.15 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับกรดไนตริก เข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 60 min

4.2.2 ผลการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่างๆ ร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่สภาวะที่เหมาะสม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.16 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 93.2 mg/ml คิดเป็นร้อยละ 83.88 โดยน้ำหนัก ที่ปริมาณรังสี 100 kGy ในขณะที่ตัวอย่างแป้งดิบที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพียง 12.5 mg/ml คิดเป็นร้อยละ 11.3 โดยน้ำหนัก เนื่องจากรังสีไปตัดโมเลกุลของแป้งดิบให้มีขนาดเล็กลง จนกระทั่งกรดสามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ [11]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ผลการย่อยสลายแป้งดิบ โดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 60 min

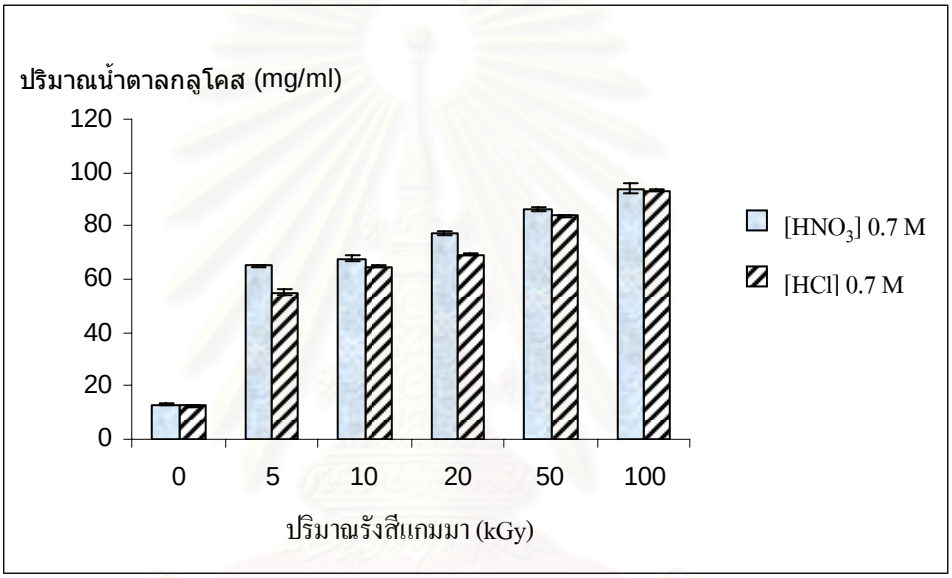
ปริมาณรังสี (kGy)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส	
	(mg/ml)	ร้อยละโดยน้ำหนัก
0	12.5 ± 0.4	11.3
5	55 ± 0.98	49.5
10	64.8 ± 0.25	58.32
20	69.1 ± 0.41	62.19
50	83.8 ± 0.42	75.42
100	93.2 ± 0.35	83.88



รูปที่ 4.16 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 60 min

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่างๆ ร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริก ที่สภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้นของกรด 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นระยะเวลา 60 min ผลการทดลองดังแสดงในรูป 4.17 พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุดที่ปริมาณรังสี 100 kGy เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริก ในทุกปริมาณรังสี พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไนตริก มีค่าใกล้เคียงกับกรดไฮโดรคลอริก



รูปที่ 4.17 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบ โดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 60 min

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้หัวมันสำปะหลังสดมาตากให้แห้ง จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดเป็นผง เรียกว่า แป้งดิบ ซึ่งจะนำมาใช้เป็นตัวอย่างสำหรับงานวิจัย การย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบมี 2 วิธี ได้แก่ การย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก และการย่อยสลายด้วยรังสีร่วมกับกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ผลการวิจัย พบว่า การย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกในแต่ละความเข้มข้นของกรด ที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 30 min จะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิที่สูงขึ้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 1.0 M ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าลดลง และมีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นของกรด 0.7 M.ที่อุณหภูมิ 100^0C และการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นระยะเวลาต่างๆ ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้มากขึ้นในการย่อยสลายโมเลกุลแป้งดิบและมีค่าสูงสุดที่เวลา 60 min ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายแป้งดิบ คือ ความเข้มข้นของกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก 0.7 M. ที่อุณหภูมิ100^0C เป็นเวลา 60 min เป็นสภาวะที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 13.1 mg/ml คิดเป็นร้อยละ 11.8 โดยน้ำหนัก ในตัวอย่างแป้งดิบที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรดไนตริก และการย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุด 12.5 mg/ml คิดเป็นร้อยละ 11.3 โดยน้ำหนัก ดังนั้น ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในตัวอย่างแป้งดิบที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 5, 10, 20, 50 และ100 kGy จากนั้นนำมาย่อยสลายต่อด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่สภาวะเหมาะสม พบว่า การฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีในช่วง 5-100 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุดที่ปริมาณรังสี 100 kGy มีค่า 94 mg/ml คิดเป็นร้อยละ 84.6 โดยน้ำหนัก และ 93.2 mg/ml คิดเป็นร้อยละ 83.88โดยน้ำหนักตามลำดับ การฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่างๆร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริกได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสมีค่าใกล้เคียงกัน

กระบวนการผลิตน้ำตาลกลูโคส โดยการย่อยสลายโมเลกุลของแป้งดิบ ด้วยการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่สภาวะที่เหมาะสมเดียวกัน พบว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการผลิตน้ำตาลกลูโคสในงานวิจัยนี้ พบว่าได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงกว่าวิธีที่ใช้กรดร่วมกับเอนไซม์ ซึ่งได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสมีค่าสูงสุดเพียงร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก [1]

สาเหตุที่งานวิจัยนี้ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสไม่ถึง 100% เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสบางส่วนได้เปลี่ยนรูปตัวเองไปเป็น aldehydes, radicals และ organic peroxide จากการได้รับรังสี และเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดน้ำตาล (aldaric acid) จากการย่อยสลายด้วยกรด

ข้อเสนอแนะ

1. การย่อยสลายด้วยกรดที่อุณหภูมิสูงมาก ๆ และเวลามากเกินไปจะทำให้น้ำตาลกลูโคสไหม้ได้
2. การใช้ปริมาณรังสีแกมมาให้สูงขึ้น เพื่อช่วยย่อยสลายโมเลกุลของแป้งให้มากขึ้น
3. การฉายรังสีในสภาพที่มีน้ำอยู่ในตัวอย่างหรือฉายรังสีในรูปเจลลาติน จะทำให้การย่อยสลายแป้งดิบด้วยรังสีมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากน้ำแตกตัวให้อนุมูลอิสระ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] สุพะไชย์ จินดาวุฒิกุล. การแปรรูป และการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง. 2000. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http: www.cassava.org/thai/index.html[2008, March 3]

[2] มนตรี จุฬาวัฒนทล และคณะ. ชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542.

[3] ชนิตา พงษ์ลิมานนท์. เคมีอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 4. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2546

[4] ชมพูนุช หาญนันทวิวัฒน์. การผลิตน้ำตาลจากการย่อยสลายโมเลกุลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยการฉายรังสีแกมมาร่วมกับกรดซัลฟูริก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[5] มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, คณะวิทยาศาสตร์. คู่มือปฏิบัติการชีวเคมีเบื้องต้น. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2546.

[6] กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

[7] Pruzinec, J. Hola, O. Starch degradation by irraadion. Journal of Radioanal Nuclear Chemistry 6 (1987): 427-431.

[8] Sing, V. and Ali, S.Z. Acid degradation of starch. The effect of acid and starch type. Journal of Carbohydrate Polymer 41 (2000): 191-195.

[9] Oreshko, V.F.; Korotchenko, K.A. On the effect of the gamma radiation of Co-60 on starch. Journal Radiation, 3(2001): 455-459.

[10] Hofreiter, B.T. Starch and degradation by Co-60 γ-irradiation. Journal of Polymer Science 12 (2003): 2755-2766.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

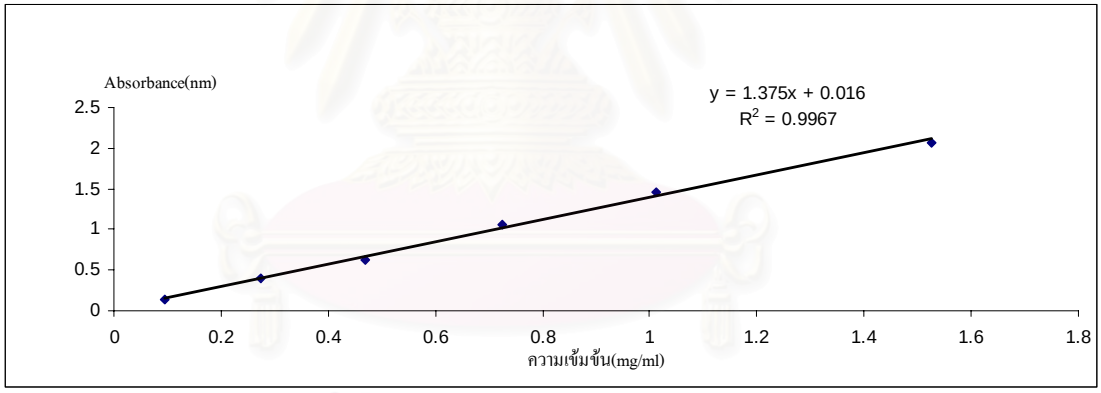
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

กลุ่มที่ 1 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริก

ตารางที่ ก.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่างๆ ของกลูโคสมาตรฐาน (กลุ่มที่ 1)

ความเข้มข้นกลูโคส (mg /ml)	Absorbance 540 nm
0.096	0.132
0.274	0.391
0.468	0.624
0.725	1.054
1.013	1.467
1.525	2.067



รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานกลูโคส ที่ Absorbance 540 nm (กลุ่มที่ 1)

คำนวณหาปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า จากสมการ ดังนี้

สมการของน้ำตาลกลูโคส คือ $y = 1.375x + 0.016$

โดย y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 nm.

x คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)

ตารางที่ ก.2 ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริก เข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 50^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml) เจือจาง 10 เท่า	
	$[HNO_3]$ temp.50^0C	[HCl] temp.50^0C
0.3	0.102 ± 0.008	0.109 ± 0.008
0.5	0.15 ± 0.007	0.162 ± 0.014
0.7	0.237 ± 0.004	0.216 ± 0.004
1.0	0.15 ± 0.007	0.141 ± 0.008

ตารางที่ ก.3 ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริก เข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 75^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml) เจือจาง 10 เท่า	
	$[HNO_3]$ temp.75^0C	[HCl] temp.75^0C
0.3	0.155 ± 0.014	0.168 ± 0.011
0.5	0.249 ± 0.012	0.256 ± 0.036
0.7	0.422 ± 0.008	0.386 ± 0.012
1.0	0.249 ± 0.018	0.232 ± 0.024

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดไนตริกเข้มข้น 0.3, 0.5, 0.7 และ1.0 M ที่อุณหภูมิ 100^0C ใช้ระยะเวลา 30 min

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml) เจือจาง 10 เท่า	
	[HCl] temp.100^0C	[HNO_3]temp.100^0C
0.3	0.285 ± 0.016	0.26 ± 0.028
0.5	0.456 ± 0.02	0.45 ± 0.019
0.7	0.679 ± 0.02	0.789 ± 0.028
1.0	0.413 ± 0.044	0.438 ± 0.038

ตารางที่ ก.5 ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่าโดยใช้ความเข้มข้น 0.7 M กรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ 100^0C และใช้ระยะเวลา 30, 60 และ90 min

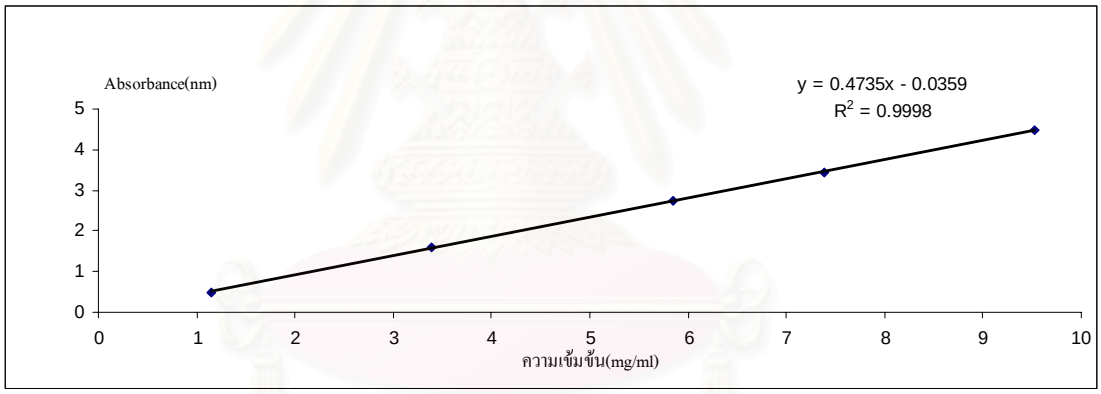
ระยะเวลา (min)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml) เจือจาง 10 เท่า	
	[HCl] 0.7 M	[HNO_{3-}] 0.7 M
30	0.679 ± 0.02	0.789 ± 0.028
60	1.248. ± 0.042	1.461 ± 0.038
90	0.715 ± 0.012	0.78 ± 0.024

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มที่ 2 ผลการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกหรือกรดไฮโดรคลอริก

ตารางที่ ก.6 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่างๆ ของกลูโคสมาตรฐาน (กลุ่มที่ 2)

ความเข้มข้นกลูโคส (mg /ml)	Absorbance 540 nm
1.15	0.501
3.39	1.584
5.85	2.748
7.38	3.423
9.52	4.487



รูปที่ ก.2 กราฟมาตรฐานกลูโคส ที่ Absorbance 540 nm (กลุ่มที่ 2)

คำนวณหาปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า จากสมการ ดังนี้

สมการของน้ำตาลกลูโคส คือ $y = 0.4735x - 0.0359$

โดย y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 nm.

x คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)

ตารางที่ ก.7 ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า โดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับกรดไนตริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 60 min

ปริมาณรังสี (kGy)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml) เจือจาง 10 เท่า $[HNO_{3-}]$ 0.7 M
0	1.31 ± 0.07
5	6.49 ± 0.03
10	6.77 ± 0.116
20	7.75 ± 0.068
50	8.63 ± 0.075
100	9.4 ± 0.174

ตารางที่ ก.8 ผลการย่อยสลายแป้งดิบที่เจือจาง 10 เท่า โดยใช้รังสีแกมมาร่วมกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 60 min

ปริมาณรังสี (kGy)	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml) เจือจาง 10 เท่า $[HCl_{-}]$ 0.7 M
0	1.25 ± 0.04
5	5.5 ± 0.098
10	6.48 ± 0.025
20	6.91 ± 0.041
50	8.38 ± 0.042
100	9.32 ± 0.035

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณน้ำตาลกลูโคส (%by weight)

ตัวอย่าง แป้งดิบที่ฉายรังสีแกมมา 100 kGy หนัก 2 g นำมาย่อยสลายต่อด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.7 M ที่อุณหภูมิ 100^0C เป็นเวลา 60 min ได้สารละลายของน้ำตาลกลูโคส 18 ml นำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคส พบว่ามีปริมาณน้ำตาลกลูโคส 9.32 mg/ml (เจือจาง 10 เท่า)

ดังนั้น ในสารละลายของน้ำตาลกลูโคส 1 ml จะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคส 9.32×10 = 93.2 mg

สารละลายของน้ำตาลกลูโคสที่เตรียมได้ 18 ml จะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคส 93.2× 18

= 1677.6 mg

หรือ 1.6776 g

แป้งดิบที่ใช้เตรียมตัวอย่างหนัก 2 g จะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคส 1.6776 g

ถ้าแป้งดิบ 100 g จะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคส (1.6776×100)/ 2 = 83.88 g

หรือ ร้อยละ83.88 โดยน้ำหนัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

วิธี Dinitrosalictlic Acid – UV Spectrophotometry และการเตรียมกราฟมาตรฐานกลูโคส (Standard curve of Glucose)

หลักการ

น้ำตาลกลูโคสเป็น reducing sugar จะรีดิวซ์ 3,5-dinitrosalicylate 3-amino-5 nitrosalicylate ซึ่งเป็นสารมีสีน้ำตาลแดง สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ 540 nm โดยใช้เครื่อง spectrophotometer

การเตรียมสาร

สารละลายกลูโคสความเข้มข้น 1 mg/ml

1. ชั่ง กลูโคสมา 0.10 g
2. ละลายด้วยน้ำกลั่นถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรถึงขีด เก็บในที่เย็น 4 ๐C

เตรียมสารละลาย DNS

1. เตรียมสารละลาย 2N NaOH โดยชั่งสาร NaOH จากกระป๋อง 8.0 g ละลายน้ำกลั่น 100 ml
2. ชั่งสาร 3.5 DNS* 1.0 g ละลายใน 2 N. NaOH (สารข้อ 1) จำนวน 20 ml
3. ชั่ง SODIUM POTASSIUM TARTRATE* 30 g ละลายในน้ำกลั่น 30 ml
4. นำสารจากข้อ 2 เทลงในข้อ 3 (ทำในตู้ควัน) คนจนละลายถ้าไม่ละลายให้นำไปอุ่นบนเตา (hot plate)
5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวด volummetric flask ขนาด 100 ml จนถึงขีด (ถ้ามีตะกอนกรองด้วยกระดาษกรอง)

*DNS : 3,5 dinitrosalictlic acid

*sodium potassium tartrate:Rochelle salt ($NakC_4H_4O_6.4H_2O$)

การทำกราฟมาตรฐานกลูโคส

สารเคมี

1. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน ความเข้มข้น 1 มก/มล
2. สารละลาย 3,5 Dinitrosalictlic Acid (DNS)

การทดลอง

นำสารละลายกลูโคสมาตรฐาน ปริมาณต่าง ๆ กันประมาณ 6 ความเข้มข้นและทดลองตามตารางต่อไปนี้สำหรับตัวอย่างให้ใส่แทนกลูโคสมาตรฐานโดยต้องปรับปริมาตรตามเหมาะสม และเติมน้ำกลั่นให้เป็น 1 ml

หลอดที่	1	2	3	4	5	6	ตัวอย่าง	Blank
ความเข้มข้นกลูโคส (มก./มล.) / สารที่ใช้ (มล.)	---	---	---	---	---	---	---	---
Working Glucose Standard	0.05	0.08	0.10	0.12	0.15	0.2	---	0.0
ตัวอย่าง	---	---	---	---	---	---	0.5	---
น้ำกลั่น	0.95	0.92	0.90	0.88	0.85	0.80	0.5	1.0
สารละลาย DNS (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	ต้มในน้ำเดือด (100 °C) นาน 5 นาที							
น้ำกลั่น	2	2	2	2	2	2	2	2
วัด O.D.ของหลอดที่ 1-6 ที่ 540 นาโนเมตร โดยใช้เทียบกับBlank								

เขียนกราฟมาตรฐานกลูโคส ระหว่าง ความเข้มข้นของ Working Glucose standard กับ $O.D._{540}$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวรัตติยาธร ตรุระจิตต์ เกิดเมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2526 สถานที่เกิด นราธิวาส สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (เคมี-ชีววิทยา) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินร์ เมื่อปี พ.ศ.2547 แล้วเข้าศึกษาต่อใน หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย