ผลของรังสีแกมมาและรังสีแกมมาร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์แคลเซียมไฮดรอกไซด์และยูเรีย ต่อการย่อยสลายโมเลกุลของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบางชนิด

นางสาววาสินี เที่ยงสุข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547
ISBN 974-53-1205-3
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF GAMMA RAY AND GAMMA RAY WITH SODIUM HYDROXIDE, CALCIUM HYDROXIDE AND UREA ON THE MOLECULAR DEGRADATION OF SOME AGRICULTURAL WASTES

Miss Wasinee Thiungsook

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Nuclear Technology
Department of Nuclear Technology
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2004

ISBN 974-53-1205-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของรังสีแกมมาและรังสีแกมมาร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรียต่อการย่อยสลายโมเลกุลของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบางชนิด
โดย	นางสาววาสินี เที่ยงสุข
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิชชา จันทรโยธา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วาสินี เที่ยงสุข : ผลของรังสีแกมมาและรังสีแกมมาร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรียต่อการย่อยสลายโมเลกุลของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบางชนิด. (EFFECTS OF GAMMA RAY AND GAMMA RAY WITH SODIUM HYDROXIDE, CALCIUM HYDROXIDE AND UREA ON THE MOLECULAR DEGRADATION OF SOME AGRICULTURAL WASTES) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล, 111 หน้า.
ISBN 974-53-1205-3

การศึกษาผลของรังสีแกมมาและรังสีแกมมาร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรีย ที่ปริมาณรังสี ระดับความเข้มข้นของสารเคมีและระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายต่าง ๆ กัน ในการย่อยสลายโมเลกุลของเปลือกถั่วลิสง ซังข้าวโพดและเปลือกมันสำปะหลัง และได้ทำการศึกษาผลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรีย ผลการวิจัย พบว่า ปริมาณเยื่อใยในตัวอย่างเปลือกมันสำปะหลังและซังข้าวโพดลดลงได้มากที่สุด เมื่อฉายรังสีแกมมา 50-100 kGy และ 75-100 kGy ตามลำดับ ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน และ 7-21 วัน ตามลำดับ สามารถย่อยสลายเยื่อใยได้ประมาณ 90% ส่วนปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง ลดลงได้มากที่สุด เมื่อฉายรังสีแกมมา 75-100 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 2-3 วัน สามารถย่อยสลายเยื่อใยได้ประมาณ 85% ผลการย่อยสลายโมเลกุลของตัวอย่างทั้งสามด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน สำหรับตัวอย่างเปลือกมันสำปะหลัง และ 21 วัน สำหรับตัวอย่างเปลือกถั่วลิสงและซังข้าวโพด พบว่า ทำให้ปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ลดลงประมาณ 80%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2547

4470533121 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: DEGRADATION / CELLULOSE / HEMICELLULOSE / LIGNIN / AGRICULTURAL WASTE

WASINEE THIUNGSOOK : EFFECTS OF GAMMA RAY AND GAMMA RAY WITH SODIUM HYDROXIDE, CALCIUM HYDROXIDE AND UREA ON THE MOLECULAR DEGRADATION OF SOME AGRICULTURAL WASTES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF.SIRIWATTANA BANCHORNDHEVAKUL, 111 pp. ISBN 974-53-1205-3.

Molecular degradation of peanut shell, corncob and cassava shell by gamma ray and gamma ray with sodium hydroxide, calcium hydroxide and urea at various dose of gamma ray irradiation, various concentrations of chemicals and degrading times were studied. Degradation with sodium hydroxide, calcium hydroxide and urea were also studied. The results indicated that combination treatment by gamma ray at 50-100 kGy with 20% $Ca(OH)_2$ in 7-21 days gave the optimum decreasing value of cellulose and hemicellulose (90% decreasing) in both corncob and cassava shell, while in peanut shell the optimum decreasing value was gamma ray irradiation at 75-100 kGy with 20% NaOH in 2-3 days (85% decreasing). Molecular degradation of cassava shell by 30% $Ca(OH)_2$ in 7 days and 21 days for peanut shell and corncob showed 80% decreasing value of cellulose and hemicellulose.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Nuclear Technology Student's signature.....
Field of study Nuclear Technology Advisor's signature.....
Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำต่าง ๆ และข้อคิดเห็นในการวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณวารุณี พานิชผล หัวหน้ากองวิเคราะห์อาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ที่ได้ให้คำแนะนำและสอนวิธีการในการวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยในอาหารสัตว์

ขอขอบคุณ อาจารย์และพี่ ๆ ทุกคน ที่สาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล ที่ช่วยอนุเคราะห์วัสดุอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณ เพื่อนนิสิตในภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลืออย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ พ่อ แม่ พี่สาว ซึ่งให้การสนับสนุนในทุกเรื่องและเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... ฎ
บทที่
1 บทนำ..... 1
1.1 ที่มาของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 3
1.4 ขั้นตอนการวิจัย..... 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้..... 4
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
2 เยื่อใยในอาหารสัตว์..... 8
3 การทดลอง..... 18
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 18
3.2 วัสดุ..... 18
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 19
3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย..... 20
4 ผลการวิจัย..... 22
4.1 เปลือกถั่วลิสง..... 22
4.2 ซังข้าวโพด..... 49
4.3 เปลือกมันสำปะหลัง..... 73
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 97
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 97
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 98

หน้า

รายการอ้างอิง..... 105
ภาคผนวก..... 106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 111

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 โพลิเมอร์ที่เกิด Cross-Linking และ Degradation ได้..... 14

4.1 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 26

4.2 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 30

4.3 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรียและเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 32

4.4 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% NaOH และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 40

4.5 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 44

4.6 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% urea และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 48

4.7 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 51

4.8 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 55

4.9 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรียและเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 59

ตารางที่ หน้า

4.10 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% NaOH และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 61
4.11 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 65
4.12 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% urea และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 69
4.13 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 75
4.14 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 77
4.15 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรียและเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 81
4.16 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% NaOH และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 85
4.17 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 89
4.18 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% urea และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน..... 93

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างอะตอมหลักของโพลิเมอร์.....	13
4.1	ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน.....	22
4.2	ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน.....	23
4.3	ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน.....	24
4.4	ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน.....	27
4.5	ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน.....	28
4.6	ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน.....	29
4.7	ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน.....	31
4.8	ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน.....	33

รูปที่ หน้า

4.9 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลาย ด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 34
4.10 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง จากเงื่อนไขความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรียที่ดีที่สุด..... 35
4.11 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง จากเงื่อนไขความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรียที่ดีที่สุด..... 35
4.12 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสง จากเงื่อนไขความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรียที่ดีที่สุด..... 36
4.13 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 37
4.14 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 38
4.15 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 39
4.16 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 41

รูปที่ หน้า

4.17 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 42

4.18 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 43

4.19 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 45

4.20 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 46

4.21 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสง ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 47

4.22 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 49

4.23 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 50

รูปที่ หน้า

4.24 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลาย
ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 52
4.25 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย
สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 53
4.26 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย
สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 54
4.27 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย
สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 56
4.28 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย
สารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 57
4.29 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย
สารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 58
4.30 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย
สารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 60
4.31 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี
กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน
และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH
เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 62

รูปที่ หน้า

4.32 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี
กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน
และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH
เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 63
4.33 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี
กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน
และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH
เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 64
4.34 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี
กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน
และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$
เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 66
4.35 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี
กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน
และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$
เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 67
4.36 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี
กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน
และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$
เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 68
4.37 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี
กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน
และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea
เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 70

รูปที่ หน้า

4.38 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 71
4.39 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 72
4.40 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 73
4.41 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 74
4.42 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 76
4.43 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 78
4.44 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 79
4.45 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 80

รูปที่ หน้า

4.46 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อย
ให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 82
4.47 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อย
ให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 83
4.48 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลาย
ด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 84
4.49 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี
กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน
และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH
เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 86
4.50 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวน
การฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH
เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับ
การย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 87
4.51 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี
กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน
และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH
เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน..... 88
4.52 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี
กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน
และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$
เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 90

รูปที่ หน้า

4.53 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 91

4.54 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 92

4.55 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 94

4.56 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 95

4.57 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการฉายรังสี กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน..... 96

5.1 เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการย่อยสลายเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเปลือกถั่วลิสง ด้วยสารเคมี..... 99

5.2 เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการย่อยสลายเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในซังข้าวโพด ด้วยสารเคมี..... 99

5.3 เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการย่อยสลายเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเปลือกมันสำปะหลัง ด้วยสารเคมี..... 100

รูปที่ หน้า

5.4 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา ร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี..... 100
5.5 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา ร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี..... 101
5.6 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา ร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี..... 101
5.7 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับ การย่อยสลายด้วยสารเคมี..... 102
5.8 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับ การย่อยสลายด้วยสารเคมี..... 102
5.9 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับ การย่อยสลายด้วยสารเคมี..... 103
5.10 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา ร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี..... 103
5.11 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉาย รังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี..... 104
5.12 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา ร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี..... 104

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มีปริมาณมากในประเทศไทย ได้แก่ ฟางข้าว ชานอ้อย เปลือกข้าวโพด ซังข้าวโพด เยื่อใยจากปาล์มน้ำมัน ฯลฯ โครงสร้างหลักของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งจัดเป็นเยื่อใยชนิดหนึ่ง โดยมีเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส อยู่ประมาณ 90% ของปริมาณเยื่อใยทั้งหมด มีลิกนินประกอบอยู่บ้างเล็กน้อย เซลลูโลส เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตพวกที่ไม่ละลายน้ำ (Water insoluble carbohydrate) มีสูตรโครงสร้างเป็นโมเลกุลของกลูโคส (glucose) มาต่อกันแบบ β 1-4 เป็นสายยาวไม่มีกิ่งก้านสาขา เฮมิเซลลูโลส เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ชั้นที่สองของพืช เป็นสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ (Water insoluble carbohydrate) ประเภท Heterogeneous polysaccharide ส่วนลิกนินเป็นสารประกอบ Polymer พวก Phenylpropanoid ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และ ไนโตรเจน

เยื่อใย (Fiber) เป็นสารประกอบพวกอินทรียวัตถุที่ปราศจากไขมัน วิธีการวิเคราะห์หาเยื่อใยด้วยวิธี Detergent analysis ของ Van Soest (1965) สามารถแยกส่วนของอาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ในรูปของวัตถุแห้งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่อยู่ภายในเซลล์พืชและส่วนที่เป็นผนังเซลล์พืช ส่วนที่อยู่ภายในเซลล์พืช เรียกว่า Cell content หรือ Neutral detergent soluble (NDS) เป็นพวกที่สามารถละลายได้ในสารละลาย detergent ที่เป็นกลาง ประกอบด้วย น้ำตาล แป้ง คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate) กรดอะมิโน โปรตีนพวก Soluble protein สารประกอบพวก Non-protein nitrogen ไขมัน เรซิน แทนนิน เพคติน และวิตามินพวกที่ละลายในน้ำ เป็นต้น ส่วนที่เป็นผนังเซลล์พืช เรียกว่า Cell wall constituents หรือ Neutral detergent fiber (NDF) เป็นเยื่อใยทั้งหมดที่ไม่ละลายในสารละลาย detergent ที่เป็นกลาง ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน สามารถแบ่ง NDF ได้เป็นอีก 2 พวก คือ เยื่อใยพวก Acid detergent soluble (ADS) และเยื่อใยพวก Acid detergent fiber (ADF) หรือ Lignocellulose เยื่อใยพวก Acid detergent soluble (ADS) เป็นเยื่อใยที่สามารถละลายได้ในสารละลาย detergent ที่เป็นกรด เยื่อใยชนิดนี้ คือ เฮมิเซลลูโลส ส่วนเยื่อใยพวก Acid

detergent fiber (ADF) หรือ Lignocellulose เป็นเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลาย detergent ที่เป็นกรด ประกอบด้วย เซลลูโลส และลิกนิน

ในภาวะที่มีการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ สามารถนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ทดแทนได้ ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณค่าทางโภชนะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณเยื่อใยที่มีอยู่ในวัสดุนั้น ๆ หากวัสดุใดมีปริมาณเยื่อใยต่ำ จะมีคุณค่าทางโภชนะสูง ในขณะที่วัสดุใดมีปริมาณเยื่อใยสูง จะมีคุณค่าทางโภชนะต่ำ จึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรก่อนการนำมาใช้ เพื่อลดขนาดโมเลกุลให้เล็กลง เพื่อให้ย่อยได้ง่ายขึ้น สัตว์จึงใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

กรรมวิธีในการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มีหลายวิธี ได้แก่ วิธีทางกายภาพ โดยการสับหรือการบด เป็นการลดขนาดของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร อาจทำให้สัตว์กินได้มากขึ้น แต่การย่อยอาจลดลงหรือไม่เปลี่ยนแปลง วิธีทางเคมี เป็นการใช้สารเคมี เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ยูเรีย มาหมักวัสดุเพื่อเพิ่มการย่อยได้ วิธีทางชีวภาพ ซึ่งเชื้อราหลายชนิดมีความสามารถในการช่วยย่อยสลายส่วนประกอบของเยื่อใย เช่น พวก white rot fungi สามารถย่อยสลายส่วนประกอบของเยื่อใย เช่น เซลลูโลส ลิกนิน เป็นต้น

การฉายรังสี เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการย่อยสลาย (Degradation) เซลลูโลส ซึ่งจัดอยู่ในวิธีทางกายภาพ แต่ถ้าใช้การฉายรังสีเพียงอย่างเดียว จะต้องใช้ปริมาณรังสีสูงมาก (100 kGy – 500 kGy) ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง จึงควรหาวิธีการร่วมที่จะนำมาใช้ เพื่อลดปริมาณรังสีที่จะใช้ลง ซึ่งเป็นแนวทางในการทำวิจัยครั้งนี้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเปลือกถั่วลิสง ซังข้าวโพด และเปลือกมันสำปะหลัง โดยการฉายรังสีแกมมา และการฉายรังสีแกมมาร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรีย เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตอาหารสัตว์ที่มีประสิทธิภาพการถูกย่อยได้สูงขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้รังสีแกมมาจาก Co-60 เป็นแหล่งกำเนิดรังสีในการทำวิจัย
2. หาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย่อยสลายโมเลกุลของ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในตัวอย่างที่ใช้ทดลอง ได้แก่ ปริมาณรังสี ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรีย และระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย
3. วิเคราะห์หาเยื่อใย โดยวิธี Detergent analysis ของ Van Soest (1965)
4. เปรียบเทียบความสามารถในการย่อยสลาย โดยใช้ค่า Neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) และ Acid detergent lignin (ADL) จากตัวอย่างที่ไม่ผ่านการย่อยสลาย ตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเคมี ตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายด้วยรังสีและเคมี และตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายด้วยรังสี

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

1. เตรียมวัสดุที่จะใช้ในงานวิจัย โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 3 – 5 วัน แล้วบดให้มีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร
2. เตรียมสารที่ใช้ในการวิเคราะห์หาเยื่อใยด้วยวิธี Detergent analysis ซึ่งได้แก่ Neutral detergent, Acid detergent และ 72% H_2SO_4
3. นำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาเยื่อใยด้วยวิธี Detergent analysis จะได้ค่าของ NDF, ADF และ ADL จากนั้นนำค่าเหล่านี้ไปคำนวณหาค่า เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน จากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\% \text{ Cellulose} = \% \text{ ADF} - \% \text{ ADL}$$

$$\% \text{ Hemicellulsoe} = \% \text{ NDF} - \% \text{ ADF}$$

$$\% \text{ Lignin} = \% \text{ ADL}$$

4. ทดลองหาเงื่อนไขที่เหมาะสม ในการย่อยสลายโมเลกุลของ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งก็คือ ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรีย ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย รวมทั้งปริมาณรังสีที่ใช้ด้วย
5. นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว ไปวิเคราะห์หาเยื่อใยด้วยวิธี Detergent analysis ซึ่งจะได้ค่า NDF, ADF และ ADL ดังที่กล่าวมาแล้ว เพื่อคำนวณค่า เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

6. เปรียบเทียบค่าที่ได้ระหว่างตัวอย่างที่ไม่ผ่านการย่อยสลาย ตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเคมี ตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายด้วยรังสีและเคมี และตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายด้วยรังสี

7. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

ได้วิธีที่เหมาะสมในการย่อยสลายโมเลกุลของ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรแต่ละชนิด เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตอาหารสัตว์ที่มีประสิทธิภาพการย่อยโดยสัตว์เลี้ยงได้สูงขึ้น

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. M.R. Al-Masri, M. Zarkawi (6) ทำงานวิจัยเรื่อง Effect of gamma irradiation on chemical compositions of some agricultural residues เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลของรังสีแกมมา (Cs-137 source) ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ crude fiber ใน ใยฝ้าย ฟางข้าวสาลี ฟางข้าวบาร์เลย์ เถาถั่วแดง เปลือกข้าวโพด และซังข้าวโพด ตัวอย่างเหล่านี้จะนำมาฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ คือ 0, 10, 50 และ 100 kGy ภายใต้อุณหภูมิและความชื้นเดียวกัน แล้ววิเคราะห์หาค่า total nitrogen (N), crude fiber (CF), neutral-detergent fiber (NDF), acid-detergent fiber (ADF) และ acid-detergent lignin (ADL) ผลการวิจัยพบว่า การฉายรังสีแกมมาไม่มีผลต่อค่า total nitrogen แต่ทำให้ปริมาณ CF ลดลง โดยเฉพาะที่ 100 kGy โดยใยฝ้าย ลดลง 30%, ฟางข้าวสาลีและเปลือกข้าวโพด 21%, และฟางข้าวบาร์เลย์ เถาถั่วแดง ซังข้าวโพด 16% NDF ลดลง 6% สำหรับใยฝ้าย ฟางข้าวสาลี และฟางข้าวบาร์เลย์, 11% สำหรับเปลือกข้าวโพด และ 9% สำหรับซังข้าวโพด

2. M.R. Al-Masri, M. Zarkawi (7) ทำงานวิจัยเรื่อง Effects of gamma irradiation on cell-wall constituents of some agricultural residues เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับผลของรังสีแกมมา 150 kGy ต่อส่วนประกอบของผนังเซลล์ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่อไปนี้ ใยฝ้าย เถาถั่วแดง กิ่งแอปเปิ้ล และกากมะกอก ตัวอย่างเหล่านี้จะถูกฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 150 kGy ภายใต้อุณหภูมิและความชื้นเดียวกัน และทำการวิเคราะห์หาค่า crude fiber (CF), neutral-detergent fiber (NDF), acid-detergent fiber (ADF) และ acid-detergent lignin (ADL) ผลการวิจัยพบว่า รังสีแกมมาทำให้ปริมาณ crude fiber ลดลง 29% สำหรับใยฝ้าย เถาถั่วแดง

และกิ่งแอปเปิ้ล, 17% สำหรับกากมะกอก ค่า NDF ลดลง 4% สำหรับใยฝ้ายและกากมะกอก, 12% สำหรับเถาถั่วแดงและกิ่งแอปเปิ้ล การฉายรังสีแกมมายังทำให้ค่า ADF ของใยฝ้ายลดลง 8%, 5% สำหรับกากมะกอก แต่สำหรับเถาถั่วแดงและกิ่งแอปเปิ้ลไม่มีการเปลี่ยนแปลง เปอร์เซ็นต์ของเซลลูโลส (CL) : crude fiber (CF) เพิ่มขึ้น 30%, 34%, 38% และ 20% สำหรับใยฝ้าย เถาถั่วแดง กิ่งแอปเปิ้ล และกากมะกอก ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์เฮมิเซลลูโลส (HCL) : CF เพิ่มขึ้น 57% สำหรับใยฝ้าย และ 16% สำหรับกากมะกอก ลดลง 7% สำหรับเถาถั่วแดงและกิ่งแอปเปิ้ล เปอร์เซ็นต์ HCL : ADL เพิ่มขึ้น 22% สำหรับใยฝ้าย แต่ลดลง 3% สำหรับเถาถั่วแดงและกิ่งแอปเปิ้ล สำหรับกากมะกอกไม่มีการเปลี่ยนแปลง และสำหรับ CL : ADL ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทั้ง 6 ตัวอย่างข้างต้น

3. M.R. Al-Masri, K.D. Guenther (5) ทำงานวิจัยเรื่อง Changes in digestibility and cell-wall constituents of some agricultural by-product due to gamma irradiation and urea treatments เป็นงานวิจัยเรื่องผลของปริมาณรังสีแกมมา (Cs-137 source) ในระดับต่าง ๆ (0, 100, 150, 200 kGy) หรือ ความเข้มข้นของยูเรียที่แตกต่างกัน (0, 2, 3, 5 g urea/100 g DM) ต่อค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (IVOMD), พลังงานการย่อยได้ (IVDE), พลังงานโดยรวม (GE) และส่วนประกอบของผนังเซลล์ ซึ่งได้แก่ NDF, ADF และ ADL ในผลพลอยได้ทางการเกษตร ดังนี้ ฟางข้าวสาลี เปลือกเมล็ดฝ้าย เปลือกถั่วลิสง เปลือกถั่วเหลือง กากมะกอก และกากเมล็ดดอกทานตะวันที่กระเทาะเปลือกแล้ว ผลการวิจัยพบว่า การฉายรังสีแกมมาหรือการใช้ยูเรีย ช่วยเพิ่ม IVDE, IVOMD และช่วยลดส่วนที่เป็นผนังเซลล์พืช ซึ่งเป็นส่วนที่ย่อยยาก และวิธีที่ให้ผลดีที่สุดต่อการเพิ่มของ IVDE คือการฉายรังสี 200 kGy ร่วมกับการใช้ยูเรียที่ความเข้มข้น 5%

4. E. Takács, L. Wojnárovits, Cs. Földváry, P. Hargittai, J. Borsa, I. Sajó (9) ทำงานวิจัยเรื่อง Effects of combined gamma-irradiation and alkali treatment on cotton-cellulose เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับ อิทธิพลของรังสีแกมมา (Co-60 source) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อโครงสร้างของ cotton-cellulose ผลการวิจัยพบว่า การฉายรังสี cotton-cellulose ทำให้เกิดการย่อยสลายโมเลกุล (degradation) ซึ่งนำไปสู่การลดลงของ degree of polymerization และการเพิ่มขึ้นของ carbonyl content (detected by FTIR : Fourier Transformed Infrared Spectroscopy) และยังพบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจาก cellulose I ไปเป็น cellulose II จากการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่ำ (detected by XRD : x-ray diffraction and SEM : electron microscopic)

5. E. Takács, L. Wojnárovits, Cs. Földváry, P. Hargittai, O. Zöld (8) ทำงานวิจัยเรื่อง Effect of γ - irradiation on cotton-cellulose เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับผลของการฉายรังสี cotton-cellulose ด้วยรังสีแกมมา ภายใต้บรรยากาศของก๊าซเฉื่อย (ไนโตรเจน) และออกซิเจน หลังจากฉายรังสีด้วยปริมาณรังสี 15 kGy (dose rate 100 Gy/h) พบว่า degree of polymerization ลดลงจาก 1200 เป็น 330 และค่อย ๆ ลดลงทีละน้อยเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีจนถึง 100 kGy เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้รับการฉายรังสี ตัวอย่างที่ได้รับการฉายรังสีต่ำ จะมี crease recovery angle เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อนำตัวอย่างนี้ไปตรวจด้วย FTIR spectra พบ absorbance ของ carbonyl groups ซึ่งเป็นผลจาก oxidative degradation และเมื่อใช้ scanning electron microscope จะพบรอยแตกที่ผิวของเยื่อใยในตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีที่ปริมาณรังสีสูงกว่า 100 kGy

6. นางสาวขวัญชนก จันทร์สว่าง (3) ทำงานวิจัยเรื่อง การย่อยสลายโมเลกุลของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับ โซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรีย วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย คือ ฟางข้าว กากอ้อย และ เถาถั่วลิสง ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณรังสี 15 kGy เป็นรังสีปริมาณต่ำ ที่สามารถย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินได้บางส่วน และเป็นระดับรังสีที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างได้ด้วย การใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้ปริมาณ NDF ลดลงได้มากกว่าการใช้สารละลายยูเรีย โดยในกรณีฟางข้าว การใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ปริมาณ NDF ลดลง 50-52% ถ้าใช้สารละลายยูเรีย NDF ลดลง 25% ในกรณีกากอ้อย ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ปริมาณ NDF ลดลง 48-49% ถ้าใช้สารละลายยูเรีย NDF ลดลง 19% ในกรณีเถาถั่วลิสง ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ปริมาณ NDF ลดลง 46% ถ้าใช้สารละลายยูเรีย NDF ลดลง 14-17%

7. B.C. Granzin, G. McL. Dryden (10) ทำงานวิจัยเรื่อง Effects of alkalis, oxidants and urea on the nutritive value of Rhodes grass (*Chloris gayana* cv. Callide) การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองผลกระทบของการใช้ alkalis หรือ oxidants ต่อคุณค่าทางโภชนาการของหญ้า (*Chloris gayana* cv. Callide) โดยใช้ alkalis 3 ชนิด ได้แก่ $Ca(OH)_2$, NaOH, CaO และ oxidants 2 ชนิด คือ H_2O_2, NaOCl ปริมาณที่ใช้แตกต่างกัน ดังนี้ 0, 20, 40, 60 หรือ 80 g/kg DM ผลการทดลองพบว่า NaOH, $Ca(OH)_2$, และ CaO มี negative linear effects (p<0.05) ต่อปริมาณ NDF และมี positive linear effects (p<0.05) ต่อค่า DM, organic matter (OM), NDF และ ADF ของ 48 h in sacco disappearances NaOCl ลดค่า NDF แต่ไม่มีผลต่อ in sacco disappearances H_2O_2 ไม่มีผลต่อการย่อยในครั้งนี้ การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของยูเรีย (0, 20, 40, 60 และ 80 g urea/kg DM) และน้ำ (250, 500 และ 750 g/kg DM) ที่มีต่อหญ้าชนิดดังกล่าว ผล

การทดลองพบว่า การใช้น้ำและยูเรียร่วมกัน จะได้ค่า crude protein (CP) และ OMD สูงสุด คือ 250±80 และ 500±80 ตามลำดับ สรุปคือ NaOH, $Ca(OH)_2$, CaO และยูเรีย มีผลให้ปริมาณ NDF และการย่อยได้ของหญ้าชนิดดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป โดย NaOH ให้ผลในการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด รองลงมาคือ $Ca(OH)_2$, CaO, urea, NaOCl และ H_2O_2 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เยื่อใยในอาหารสัตว์

เยื่อใย (Fiber) เป็นสารประกอบพวกอินทรียวัตถุที่ปราศจากไขมัน ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน โดยทั่วไปแล้วสัตว์ทั้งหลายไม่สามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยได้ เพราะน้ำย่อยของสัตว์เหล่านี้ไม่สามารถย่อยเยื่อใยเหล่านี้ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminant) ม้า และกระต่าย เช่น ในกระเพาะรูเมน (Rumen) ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง หรือในลำไส้ส่วน Caecum ของม้าและกระต่าย มีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยเยื่อใยพวกเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสได้ ทำให้สัตว์เหล่านี้ สามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยเหล่านี้ได้

ชนิดของเยื่อใย

1. ส่วนที่อยู่ภายในเซลล์พืชทั้งหมด เรียกว่า Cell Contents หรือ Neutral Detergent Soluble (NDS) ประกอบด้วย น้ำตาล แป้ง คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate) กรดอะมิโน โปรตีนพวก Soluble protein สารประกอบพวก Non-protein nitrogen ไขมัน เวซิน แทนนิน เพคติน และวิตามินพวก Water soluble vitamin เป็นต้น น้ำย่อยของสัตว์ทุกชนิดสามารถย่อยวัตถุแห้งส่วนนี้ได้เกือบทั้งหมด และสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. ส่วนที่เป็นผนังเซลล์ของพืชทั้งหมด เรียกว่า Cell wall constituents หรือ Neutral Detergent Fiber (NDF) ได้แก่ เยื่อใยทั้งหมด คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน นอกจากนี้ยังมี คิวติน ซิลิกา และ เคราติน ประกอบอีกบ้างเล็กน้อย น้ำย่อยในกระเพาะหรือลำไส้ของสัตว์ทั่วไปไม่สามารถย่อยเยื่อใยเหล่านี้ได้ สัตว์เหล่านี้จึงไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ยกเว้นสัตว์เคี้ยวเอื้องและสัตว์จำพวกม้าและกระต่าย ซึ่งมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ให้เป็น Volatile Fatty Acid (VFA) ได้ NDF แบ่งได้เป็น 2 พวก คือ

2.1 เยื่อใยพวก Acid Detergent Soluble เยื่อใยชนิดนี้ คือ เฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ชั้นที่สองของพืช เป็นสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ (Water insoluble carbohydrate) ประเภท Heterogeneous polysaccharides คือมีโมเลกุลของน้ำตาลหลายชนิดมาเกาะติดกัน ได้แก่ กลูโคส (D-glucose) แกแลคโตส (D-galactose) แมนโนส (D-mannose) ไซโรส (D-xylose) อะราบิโนส (D-arabinose) และ กรดยูโรนิค (Uronic acid) เฮมิเซลลูโลสสามารถละลายได้ดีในกรดอ่อนและด่างอ่อน

2.2 เยื่อใยพวก Lignocellulose หรือ Acid Detergent Fiber (ADF) ประกอบด้วย เซลลูโลส และลิกนิน

- เซลลูโลส ส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชส่วนใหญ่จะเป็นเซลลูโลส ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตพวกที่ไม่ละลายน้ำ (Water insoluble carbohydrate) มีสูตรโครงสร้างที่มีโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส มาต่อกันแบบ β 1-4 เป็น chain ยาว ไม่มีกิ่งก้านสาขา (side chain) โดยมีออกซิเจนเป็นตัวเชื่อมระหว่างโมเลกุลของกลูโคส แต่ละโมเลกุลของเซลลูโลสจะประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสอย่างน้อย 1,000 โมเลกุล นั่นคือ น้ำตาลกลูโคสที่ผนังเซลล์ของพืชจะอยู่ที่เซลลูโลสทั้งหมด การที่โมเลกุลของกลูโคสมาต่อกันแบบ β ทำให้โมเลกุลของเซลลูโลสมีความแข็งแรง ถูกย่อยด้วยกรดอ่อนและด่างอ่อนได้ยาก แต่กรดแก่สามารถ hydrolyze เซลลูโลสให้เป็นกลูโคสได้ การย่อยได้ของเซลลูโลสจะมากหรือน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของลิกนิน

- ลิกนิน เป็นเยื่อใยที่เป็นสารประกอบ Polymer ของพวก Phenylpropanoid ประกอบด้วยธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน โดยมีไนโตรเจนประกอบอยู่ประมาณ 1-5% ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพืช นอกจากนี้โมเลกุลลิกนินของพืชทุกชนิดยังมี Methoxy group ประกอบอยู่ประมาณ 5-15% ลิกนินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์พืช ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรง พบได้มากที่ส่วนของ middle lamella, primary wall และ secondary wall ลิกนินเป็นส่วนประกอบของเปลือก ซัง หรือ ส่วนที่เป็นเยื่อใยของราก ลำต้น และจะถูกสร้างจากส่วนโคนต้นไปสู่ยอด เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นปริมาณลิกนินก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย

กรรมวิธีในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะ

การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้จากการเกษตรสามารถทำได้หลายวิธี คือ

1. วิธีทางกายภาพ (physical treatment)
2. วิธีทางเคมี (chemical treatment)
3. วิธีทางกายภาพ – เคมี (physico – chemical treatment)
4. วิธีทางชีวภาพ (biological treatment)

วิธีทางกายภาพ

การสับหรือการบดเป็นการลดขนาดของอาหาร ซึ่งจะมีผลทำให้สัตว์กินอาหารได้เพิ่มขึ้น แต่การย่อยอาจลดลงหรือไม่เปลี่ยนแปลง Chaturvedi et al. (1973) พบว่าการสับฟางและแช่

น้ำค้างคืนทำให้โคและกระบือสามารถกินฟางได้มากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณพลังงานที่สัตว์ได้รับ

อย่างไรก็ตาม จากการทดลองของ Devendra (1982) และ Castillo et al. (1982) รายงานว่า การสับและแช่น้ำไม่ได้ทำให้สัตว์กินอาหารได้เพิ่มขึ้น นอกจากนั้น การย่อยได้ยังลดลงด้วย และการใช้กัมมันตภาพรังสีแกมมาทำให้ OMD เพิ่มจาก 38% เป็น 61%

Al-Masri (1994) ได้ศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ crude fiber ในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้ปริมาณรังสี 0 – 100 kGy พบว่า การฉายรังสีแกมมาไม่มีผลต่อค่า total nitrogen แต่ทำให้ปริมาณ crude fiber ลดลง โดยเฉพาะที่ 100 kGy

นอกจากนี้ Al-Masri (1994) ยังได้ศึกษาผลของรังสีแกมมา 150 kGy ต่อส่วนประกอบของผนังเซลล์ ของวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร ซึ่งพบว่า รังสีแกมมา 150 kGy ทำให้ปริมาณ crude fiber, NDF และ ADF ในใยฝ้าย เถาถั่วแดงและกิ่งแอปเปิ้ล ลดลง

E. Takács (1999) ได้ศึกษาผลของการฉายรังสี cotton-cellulose ด้วยรังสีแกมมา พบว่าเมื่อนำตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีไปตรวจด้วย FTIR spectra พบ absorbance ของ carbonyl group ซึ่งเป็นผลจาก oxidative degradation และเมื่อใช้ scanning electron microscope จะพบรอยแตกที่ผิวของเยื่อใยในตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีที่ปริมาณรังสีสูงกว่า 100 kGy

นอกจากนี้ E. Takács (2000) ยังได้ศึกษาอิทธิพลของรังแกมมาและโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อโครงสร้างของ cotton-cellulose ผลการวิจัยพบว่า การฉายรังสี cotton-cellulose ทำให้เกิดการย่อยสลายโมเลกุล (degradation) และพบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจาก cellulose I ไปเป็น cellulose II จากการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่ำ (detected by XRD : x-ray diffraction and SEM : scanning electron microscope)

วิธีทางเคมี

ได้มีการศึกษาถึงประโยชน์ของการใช้สารเคมีมากมาย ทั้งในด้านการเพิ่มการย่อยได้ของอาหารหยาบ ประสิทธิภาพของการใช้ รวมถึงระยะเวลาของการทำปฏิกิริยา ความสะดวกของการใช้ และราคาของสารเคมีที่เลือกใช้ จะพบว่า โซเดียมไฮดรอกไซด์ได้รับความสนใจมากที่สุด ส่วน

สารเคมีชนิดอื่นที่นำมาใช้ทดลองมี ammonia (anhydrous, aqueous, urea-ammonia) calcium hydroxide, sodium chloride, sodium chlorite, chlorine gas และ sulphur dioxide จุดประสงค์ของการใช้สารเคมีเพื่อเป็นการเพิ่มการย่อยได้ และเพิ่มปริมาณอาหารที่สัตว์สามารถกินได้

การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์

จากการทดลอง พบว่า การแช่ฟางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำให้การย่อยได้และปริมาณฟางที่กินได้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการใช้ความเข้มข้นระหว่าง 3 - 6 g NaOH / 100 g DM การที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะด่างช่วยทำให้ลิกนินสามารถละลายได้มากขึ้น หรือทำให้การจับตัวระหว่างลิกนินหรือกลุ่ม phenolic กับส่วนประกอบของ cell wall หลวมตัวขึ้น นอกจากนั้น อาจจะเป็นเพราะด่างช่วยทำให้ fractional digestion rate และ fractional passage rate ของฟางเร็วขึ้น

วิธีของ Beckmann ได้ใช้ฟางแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 1.0-1.5% เป็นเวลา 18-20 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำ 40-50 ลิตร/ฟาง 1 กก. จะได้ฟางที่สัตว์สามารถย่อยได้ดี การใช้ไม่เป็นอันตราย เพราะด่างที่ใช้เจือจางมาก แต่ข้อเสียคือ ฟางที่ได้มีความชื้นสูงและอาจทำให้เกิดมลพิษได้ เนื่องจากการชะล้างสารละลายลงไปในแม่น้ำ

Torgrimsby (1971) พยายามที่จะพัฒนาดัดแปลงวิธีของ Beckmann โดยใช้ถังแช่ 3 ใบ ใบที่ 1 บรรจุสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (10 ลิตร/ฟาง 1 กก.) ใบที่ 2 และที่ 3 บรรจุน้ำเพื่อใช้ล้างฟาง ระบบนี้สามารถควบคุมได้ จึงเป็นการป้องกันการเกิดมลพิษได้

Rexen et al. (1976) ใช้วิธีการแช่ฟางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 12% ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที และทำการอัดบีบด้วยความดัน 25 กก./cm^2 เพื่อกำจัดด่างที่ไม่ต้องการทิ้งไป นำฟางที่ได้มาทำให้เป็นกลางด้วยแก๊ซร้อน (CO_2 และ SO_2) วิธีนี้จะทำให้ฟางที่ได้มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูง แต่จะมีความเข้มข้นของโซเดียมในฟางสูงกว่า

Piatkowski (1977) ได้เสนอกรรมวิธีโดยแช่ฟางในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1 กก./20 ลิตร ที่มีความเข้มข้น 1.5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชะล้างด้วยน้ำ 4 ลิตร ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย แต่จะมีการสูญเสียสิ่งแห้งสูงมาก

การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์

ปฏิกิริยาของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จะเกิดขึ้นช้ากว่าของโซเดียมไฮดรอกไซด์ จึงต้องใช้เวลานานกว่าในการทรีท

Granzin (2003) ได้ทำการศึกษาผลของ alkalis, oxidants และ urea ต่อคุณค่าทางโภชนะของหญ้า (*Chloris gayana* cv. Callide) พบว่า การใช้ NaOH มีผลทำให้ปริมาณ NDF และการย่อยได้ของหญ้าเปลี่ยนแปลงมากที่สุด รองลงมาคือ $Ca(OH)_2$, CaO, urea, NaOCl และ H_2O_2 ตามลำดับ

การใช้ anhydrous ammonia/ammonium hydroxide/urea-ammonia

Sundstøl (1978) รายงานว่า การใช้สารประกอบพวกไนโตรเจน เช่น แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์หรือยูเรีย มีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับด่างชนิดอื่น คือ สารประกอบพวกนี้จะเป็นแหล่งที่ให้ NPN ด้วย แต่ระยะเวลาในการหมักอาจจะนานกว่า

จากรายงานผลการทดลองเกี่ยวกับการใช้ฟางหมักยูเรีย ที่มีผลต่อการย่อยได้ของสัตว์และปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ พบว่า การหมักฟางด้วยยูเรียทำให้สัตว์กินฟางได้เพิ่มขึ้น แต่การย่อยได้ของสัตว์แตกต่างกันออกไป ทั้งที่ไม่เปลี่ยนแปลงและเพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่แล้วพบว่าการย่อยได้ของสัตว์เพิ่มขึ้น

วิธีทางกายภาพ – เคมี

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพแบบง่าย ๆ คือ การสับ การบด แล้วทรีทด้วยสารเคมี

Al-Masri (1999) ได้ศึกษาผลของปริมาณรังสีแกมมาระดับต่าง ๆ และความเข้มข้นของยูเรีย ต่อค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (IVOMD) , พลังงานการย่อยได้ (IVDE), พลังงานโดยรวม (GE) และส่วนประกอบของผนังเซลล์ ซึ่งได้แก่ NDF, ADF และ ADL ในผลพลอยได้ทางการเกษตร พบว่า การฉายรังสีและการใช้ยูเรีย ช่วยเพิ่ม IVDE, IVOMD และช่วยลดส่วนที่เป็นผนังเซลล์พืช โดยวิธีที่ให้ผลดีที่สุด คือ การฉายรังสีแกมมา 200 kGy ร่วมกับการใช้ยูเรียที่ความเข้มข้น 5%

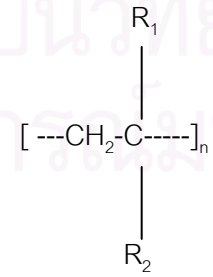
วิธีทางชีวภาพ

การใช้น้ำย่อยบริสุทธิ์สามารถที่จะเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของอาหารหยาบคุณค่าต่ำได้ แต่ราคาแพงมาก และไม่สะดวกต่อการนำมาใช้ในทางปฏิบัติ พวก white rot fungi สามารถที่จะย่อยสลายส่วนประกอบของเยื่อใย เช่น เซลลูโลส ลิกนิน เป็นต้น Seal (1981) รายงานว่า *Coprinus cinereus* สามารถย่อยสลายฟางข้าวบาร์เลย์ทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้นเป็น 60% ที่อุณหภูมิ 35°C โดยใช้เวลา 10 วัน Vijchulata and Sanpote (1982) พบว่า ฟางข้าวที่ใช้เพาะเห็ดโดยเชื้อ *Volvariella volvacea* เมื่อนำมาเลี้ยงแกะแล้วสามารถย่อยสิ่งแห้ง โปรตีน และเยื่อใยได้เพิ่มขึ้น Flegel et al. (1985) ทดลองใช้เชื้อรา *Pleurotus florida, Chrysosporium sp.* และ *Coprinus sp.* ในการย่อยฟางข้าว พบว่าค่าการย่อยได้และค่าของโปรตีนหยาบสูง

การฉายรังสีโพลิเมอร์

เมื่อโพลิเมอร์ถูกฉายรังสี ปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดที่เกิดขึ้น คือ การเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่ของโมเลกุล (cross-linking) ส่วนปฏิกิริยาอื่นที่เกิดขึ้น ได้แก่ การย่อยสลายโมเลกุล (degradation) ซึ่งมีการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การปรับปรุงอาหารสัตว์ การปรับปรุง butyl rubber

Cross-linking และ degradation เป็นกระบวนการทางเคมี-รังสีที่ไม่สมดุล เพราะเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและคุณสมบัติทางกายภาพของโพลิเมอร์ โดย cross-linking จะเพิ่มมวลโมเลกุล ในขณะที่ degradation จะลดมวลโมเลกุล ตามกฎแล้วทั้งสองปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นทันทีทันใด โดยสัดส่วนของอัตราการเกิดจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของโพลิเมอร์ สภาพทางกายภาพ และเงื่อนไขในการฉายรังสี โพลิเมอร์ที่มีโครงสร้างอะตอมของคาร์บอนเป็นสายโซ่หลัก แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างอะตอมหลักของโพลิเมอร์

ถ้า R_1 เป็นอะตอมของไฮโดรเจน (H-atom) และ R_2 เป็นอะตอมชนิดอื่น เมื่อโพลิเมอร์ถูกฉายรังสีจะเกิด cross-link ขึ้น

แต่ถ้า R_1 และR_2 ไม่ใช่อะตอมของไฮโดรเจน เมื่อโพลิเมอร์ถูกฉายรังสีจะเกิด degradation ขึ้น ตัวอย่างของการเกิดผลเนื่องจากรังสีในแต่ละโครงสร้างของโพลิเมอร์ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โพลิเมอร์ที่เกิด Cross-linking และ Degradation ได้ (Wood and Alexei, 1994)

Polymer	Structural Unit	Predominant Radiation Induced Change
Polyethylene	---CH_2---CH_2---	Cross-linking
Polypropylene	---CH_2---$CH(CH_3)$---	Cross-linking
Poly (vinyl fluoride)	---CH_2---CHF---	Cross-linking
Poly (vinyl chloride)	---CH_2---CHCl---	Cross-linking
Polyvinyl alcohol	---CH_2---CH(OH)---	Degradation
Polystyrene	---CH_2---$CH(C_6H_5)$---	Cross-linking
Polyisobutylene	---$CH_2C(CH_3)_2$---	Degradation
Polytetrafluoroethylene	---CF_2---CF_2---	Degradation
Polytrifluorochloroethylene	---CF_2---CFCl---	Degradation
Polymethacrylamide	---CH_2---$C(CH_3)(CONH_2)$---	Degradation
Polymethacrylic acid	---CH_2---$C(CH_3)(CO_2H)$---	Degradation
Polymethacrylonitrile	---CH_2---$C(CH_3)$(CN)---	Degradation
Poly (methyl methacrylate)	---$CH_2C(CH_3)(CO_2CH_3)$---	Degradation
Polyethylene oxide	---CH_2---CH_2---O---	Cross-linking
Natural rubber	---$CH_2C(CH_3)$=$CHCH_2$---	Cross-linking
Polyamides	---CO---NH---	Cross-linking
Cellulose	---$C_6H_7O_2(OH)_3$---	Degradation
Cellulose acetate	---$C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCOCH_3)_x$---	Degradation
Cellulose nitrate	---$C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(ONO_2)_x$---	Degradation

การย่อยสลายโมเลกุล (Degradation)

ผลของ degradation ที่มีต่อโพลิเมอร์ คือ จะเกิดการลดขนาดโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ โดยสุดท้ายจะได้เป็นสารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์โพลิเมอร์ (monomer)

จากที่กล่าวไปแล้วว่า โพลิเมอร์ที่มีอะตอมของคาร์บอนเป็นสายโซ่หลักที่จะเกิด degradation ภายหลังได้รับรังสี มักจะมีโครงสร้างเป็นแบบ $-CH_2CR_1R_2CH_2-$ เมื่อ R_1 และ R_2 ไม่ใช่อะตอมของไฮโดรเจน และตำแหน่งที่มักจะเกิดการตัดขาด คือ ตำแหน่งพันธะ C-C

โดยกลไกในการทำงานของรังสีที่ทำให้โพลิเมอร์เกิด degradation อธิบายได้ดังนี้

กระบวนการที่ 1 รังสีจะถ่ายเทพลังงานให้แก่โมเลกุลของโพลิเมอร์ ทำให้โมเลกุลนั้นเกิดการแตกตัว (ionization) เป็นอิออนบวกและลบ หรือถูกกระตุ้นให้อยู่ในสภาวะกระตุ้น (excitation) คือ โมเลกุลที่มีระดับพลังงานสูงกว่าระดับพลังงานสภาวะพื้นฐาน (ground state)

กระบวนการที่ 2 โมเลกุลที่อยู่ในสภาวะกระตุ้นอาจจะถูกตัดขาดที่สายโซ่หลักทำให้อนุมูลอิสระ (free radical) เกิดการแตกตัวออกมา

กระบวนการที่ 3 หรืออาจจะเกิดรอยร้าวขึ้น และอาจจะมีการปล่อยก๊าซออกมาในขณะที่อะตอมของ H แตกตัวออกจากสายโซ่หลัก

กระบวนการที่ 4 หรืออาจจะปล่อยอะตอมของ RH แล้วเกิดเป็นพันธะคู่ขึ้นในสายโซ่หลัก

กระบวนการที่ 5 อนุมูลอิสระจากกระบวนการที่ 2 จะพยายามเข้าสู่เสถียรที่ไม่ได้สัดส่วนโดยแยกออกเป็น 2 ส่วน

กระบวนการที่ 6 หรืออาจจะรวมตัวกลับเป็นโมเลกุลเริ่มต้น (recombination)

กระบวนการที่ 7 โมเลกุลจากกระบวนการที่ 3 ที่เกิดรอยร้าวจะเกิดการตัดขาดของสายโซ่หลัก และสร้างพันธะคู่ขึ้นที่ปลายของสายโซ่

กระบวนการที่ 8 หรือโมเลกุลที่เกิดรอยร้าวอาจจะเชื่อมโยงโมเลกุลขึ้นใหม่ (cross-linking)

การฉายรังสีพลังงานสูงได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในเทคโนโลยีทางด้านสิ่งทอ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการทำให้เกิดกระบวนการ polymerization (coating หรือ grafting) (Walsh Oraby, 1984) นอกจากนี้การฉายรังสีพลังงานสูงยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเยื่อใยรวมไปถึงเซลลูโลสด้วย

การฉายรังสีพลังงานสูง เช่น รังสีแกมมา หรือ อิเล็กตรอน เป็นวิธีที่ทำให้เกิดกระบวนการ degradation ของเซลลูโลส (Krässig, 1996) ทำให้เซลลูโลสมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี ปริมาณรังสีระดับต่ำ (ต่ำกว่า 10 kGy) จะทำให้เกิดกระบวนการ crosslinking (Pruzinec et. al., 1981) ในขณะที่ปริมาณรังสีระดับสูงกว่าจะทำให้เกิดกระบวนการ degradation ซึ่งกระบวนการที่เกิดส่วนใหญ่ คือ การขาดของสายโซ่ตรงบริเวณ glucosidic bond (Lee, 1987)

ข้อจำกัดของการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นอาหารสัตว์ คือ เยื่อใยพวก lignocellulose ซึ่งทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของสัตว์ต่ำ วิธีการที่จะปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ มีทั้งวิธีทางกายภาพและเคมี การฉายรังสีเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะได้ ซึ่งการฉายรังสีช่วยลด crude fiber, NDF, ADF และ ADL ได้ (Al-Masri and Zarkawi, 1993 ; Gralak et. al., 1989 ; Leonhardt et. al., 1983 ; Baer et. al., 1980)

การเพาะปลูกหลาย ๆ ชนิด ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์มีอยู่หลายวิธี เช่น การผลิตก๊าซชีวภาพ หรือการใช้เป็นอาหารสัตว์ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่าง ๆ เหล่านี้มีปริมาณเยื่อใยประเภท lignocellulose สูง ทำให้การย่อยได้ต่ำ และค่าพลังงานที่ได้รับจากอาหารก็ต่ำด้วย โดยทั่วไป สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถย่อยเซลลูโลสได้ด้วยเอนไซม์ที่อยู่ในรูเมน แต่หากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านั้นมีปริมาณลิกนินอยู่จำนวนมาก ลิกนินจะไปขัดขวางการย่อยสลายเซลลูโลส

กรรมวิธีในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มีทั้งวิธีทางกายภาพและวิธีทางเคมี การปรับปรุงทางเคมีด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Raininko et. al., 1981) และยูเรีย (Ballet et. al., 1997) ใช้ในการย่อยสลายเยื่อใยประเภท lignocellulose ทำให้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีคุณค่าทางโภชนะเพิ่มขึ้น

การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะด้วยยูเรีย สามารถย่อยเฮมิเซลลูโลส ได้ (Van Soest et. al., 1984) และช่วยเพิ่ม freecarboxyl groups ด้วย (Terashima et. al., 1984)

การฉายรังสีมีส่วนช่วยลดส่วนประกอบของผนังเซลล์ในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบางชนิด (Al-Masri and Zarkawi, 1994) ปริมาณเยื่อใยลดลงได้มากขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น จากกระบวนการ depolymerization และ delignification (Sandev and Karaivanov, 1977)

ข้อจำกัดของการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นอาหารสัตว์ คือ มีเยื่อใยประเภท lignocellulose ทำให้การย่อยได้ต่ำ วิธีทางเคมีโดยใช้ ammonia (Waiss et. al., 1972) และ

โซเดียมไฮดรอกไซด์ไฮดรอกไซด์ (Rex and Thomsen, 1976 ช่วยเพิ่มการย่อยได้ของหญ้าแห้ง การฉายรังสีแกมมาเป็นวิธีทางกายภาพวิธีหนึ่งซึ่งช่วยลดปริมาณ crude fiber และช่วยเพิ่มปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในฟางข้าวสาลี โดยเฉพาะ glucose และ xylose (Leonhardt et. al., 1985) การฉายรังสีทำให้เกิดกระบวนการ depolymerization และ decomposition ของเซลลูโลส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate)
2. ไดโซเดียมเอทธิลีนไดอะมีนเตตระอะซีเตท (E.D.T.A.) ไดไฮเดรต
3. โซเดียมบอเรต ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)
4. ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4)
5. 2 – เอทธอกซี่ เอทธานอล (2 – Ethoxyethanol)
6. น้ำกลั่น
7. โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3)
8. อะซีโตน
9. กรดซัลฟูริค (H_2SO_4)
10. ซิติลไตรเมทธิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (Cetyl trimethyl ammoniumbromide)
11. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
12. แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)
13. ยูเรีย
14. กรดไฮโดรคลอริค (HCl)

3.2 วัสดุ

1. เปลือกถั่วลิสง
2. ซังข้าวโพด
3. เปลือกมันสำปะหลัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องฉายรังสีแกมมาแบบอุตสาหกรรมของบริษัท Isotron (Thailand) Ltd. ความแรงรังสี 5 MCi
2. ตู้อบ (hot air oven) ของ Heraeus รุ่น VT 5042
3. เตาเผา
4. Filter crucible
5. Buchner funnel
6. Suction filtering flask
7. Volumetric flask
8. บีกเกอร์
9. จุกยาง
10. แท่งแก้วคนสาร
11. ผ้าขาวบาง
12. Hot plate
13. Pipette
14. เครื่องชั่งน้ำหนัก ของ Sartorius Basic รุ่น BA 310 s
15. ขวดแก้ว
16. ถุงซิป
17. ช้อนตักสาร
18. กระบอกตวง
19. เครื่องปั่น
20. ตะแกรงร่อน
21. Desiccator

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

3.4.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1.1 นำวัสดุที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ชนิด อันได้แก่ เปลือกถั่วลิสง ซังข้าวโพด และเปลือกมันสำปะหลัง ไปอบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลาประมาณ 3 – 5 วัน

3.4.1.2 นำวัสดุแต่ละชนิดที่ได้ไปปั่นและร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 1 มิลลิเมตร

3.4.1.3 เก็บวัสดุแต่ละชนิดไว้ในถุงซิป เพื่อป้องกันความชื้น

3.4.2 การทดลองหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้แก่ ปริมาณรังสี ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายยูเรีย และระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.4.2.1 เตรียมสารเคมีที่ใช้ในการปล่อยให้ย่อยสลาย โดยจะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายยูเรีย ที่มีความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ดังนี้

1) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10% เตรียมโดยชั่ง NaOH 4.5 g นำมาละลายในน้ำ 45 ml

สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10% เตรียมโดยชั่ง $Ca(OH)_2$ 4.5 g นำมาละลายในน้ำ 45 ml

สารละลายยูเรียความเข้มข้น 10% เตรียมโดยชั่ง urea 4.5 g นำมาละลายในน้ำ 45 ml

2) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 20% เตรียมโดยชั่ง NaOH 9 g นำมาละลายในน้ำ 45 ml

สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 20% เตรียมโดยชั่ง $Ca(OH)_2$ 9 g นำมาละลายในน้ำ 45 ml

สารละลายยูเรียความเข้มข้น 20% เตรียมโดยชั่ง urea 9 g นำมาละลายในน้ำ 45 ml

3) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 30% เตรียมโดยชั่ง NaOH 13.5 g นำมาละลายในน้ำ 45 ml

สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 30% เตรียมโดย ชั่ง $Ca(OH)_2$ 13.5 g นำมาละลายในน้ำ 45 ml

สารละลายยูเรียความเข้มข้น 30% เตรียมโดย ชั่ง urea 13.5 g นำมาละลายในน้ำ 45 ml

3.4.2.2 นำตัวอย่างจากทั้ง 3 วัสดุ คือ เปลือกถั่วลิสง ซังข้าวโพด และเปลือกมันสำปะหลัง ไปแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ ปิดฝาแล้วเก็บไว้ในถุงซิป ปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 1 วัน 2วัน และ 3 วัน ตามลำดับ

3.4.2.3 นำตัวอย่างจากทั้ง 3 วัสดุ คือ เปลือกถั่วลิสง ซังข้าวโพด และเปลือกมันสำปะหลัง ไปแช่ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ ปิดฝาแล้วเก็บไว้ในถุงซิป ปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 7 วัน 14วัน และ 21 วัน ตามลำดับ

3.4.2.4 นำตัวอย่างจากทั้ง 3 วัสดุ คือ เปลือกถั่วลิสง ซังข้าวโพด และเปลือกมันสำปะหลัง ไปแช่ด้วยสารละลายยูเรีย ความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ ปิดฝาแล้วเก็บไว้ในถุงซิป ปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 7 วัน 14วัน และ 21 วัน ตามลำดับ

3.4.2.5 นำตัวอย่างจากทั้ง 3 วัสดุ คือ เปลือกถั่วลิสง ซังข้าวโพด และเปลือกมันสำปะหลัง ไปฉายรังสีแกมมา โดยใช้ปริมาณรังสี 50 kGy 75 kGy และ 100 kGy

3.4.2.6 นำตัวอย่างจากข้อ 3.4.2.5 มาแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 20% แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ

3.4.2.7 ทำตามข้อ 3.4.2.6 โดยเปลี่ยนสารละลายเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรีย แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

3.4.2.8 นำตัวอย่างทั้งหมดที่ไม่ผ่านการย่อยสลาย ผ่านการย่อยสลายด้วยสารเคมีเพียงอย่างเดียว ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว และผ่ารการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี ไปวิเคราะห์หาค่า NDF, ADF และ ADL แล้วคำนวณหาค่า %Cellulose %Hemicellulose และ %Lignin จากความสัมพันธ์ดังนี้

% Cellulose = % ADF - % ADL

% Hemicellulose = % NDF - % ADF

% Lignin = % ADL

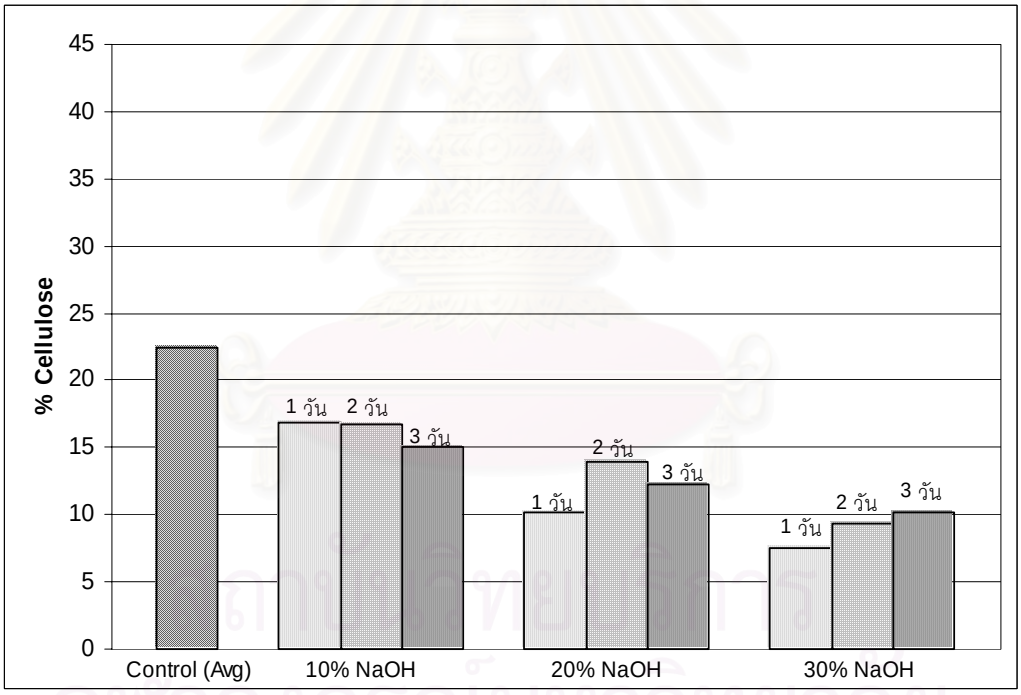
บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 เปลือกถั่วลิสง

4.1.1 การย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ และระยะเวลาในการปล่อยตัวอย่างให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงใน รูปที่ 4.1, 4.2, 4.3 และตารางที่ 4.1

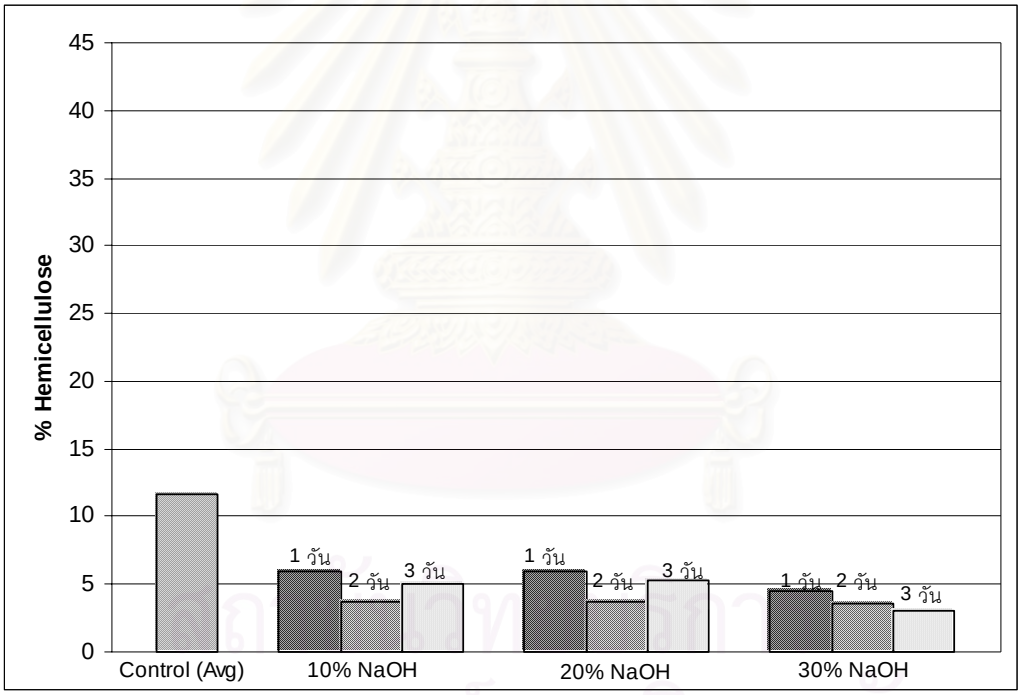


รูปที่ 4.1 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง จะลดลงได้มากขึ้นตามค่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ค่าความเข้มข้นเดียวกัน พบว่า การย่อยสลายด้วย 10% NaOH เป็นเวลา 3 วัน ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากที่สุด ในขณะที่การย่อยสลายด้วย 20% NaOH และ 30% NaOH เป็นเวลา 1 วัน มีผลทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากที่สุด

สำหรับการย่อยสลายเปลือกถั่วลิสงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเซลลูโลสจะลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% NaOH เป็นเวลา 1 วัน คือ ปริมาณเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 7.59% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 66.15%

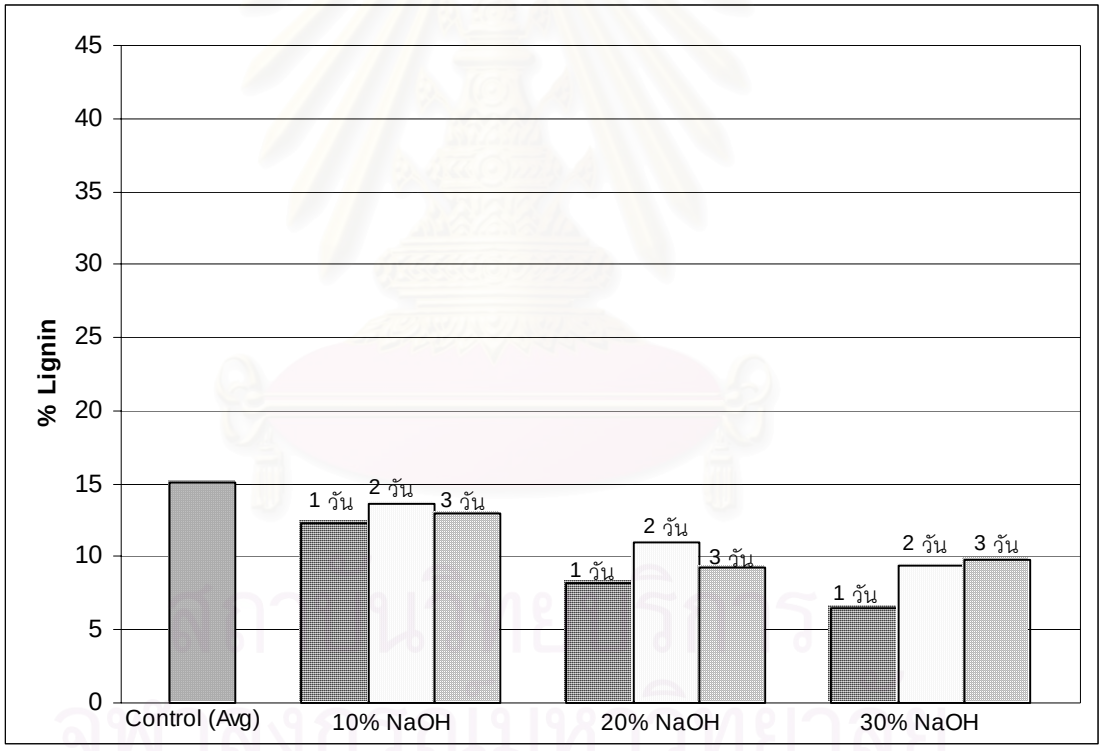


รูปที่ 4.2 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน พบว่า การย่อยสลายด้วย 10% NaOH และ 20% NaOH เป็นเวลา 2 วัน มีผลทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากที่สุด ในขณะที่การย่อยสลายด้วย 30% NaOH เป็นเวลา 3 วัน มีผลทำให้ปริมาณ เฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากที่สุด และเมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้น 30% NaOH พบว่าปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากขึ้นตามระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่มากขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกถั่วลิสงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเฮมิเซลลูโลส จะลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% NaOH เป็นเวลา 3 วัน คือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 3.08% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 73.43%



รูปที่ 4.3 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณลิกนิน

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน และ 2 วัน เท่ากัน พบว่าปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสง จะลดลงได้มากขึ้นตามค่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกถั่วลิสงด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณลิกนินจะลดลงได้มากที่สุดเมื่อย่อยสลายด้วย 30% NaOH เป็นเวลา 1 วัน คือ ปริมาณลิกนินมีค่าเท่ากับ 6.44% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 57.29%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

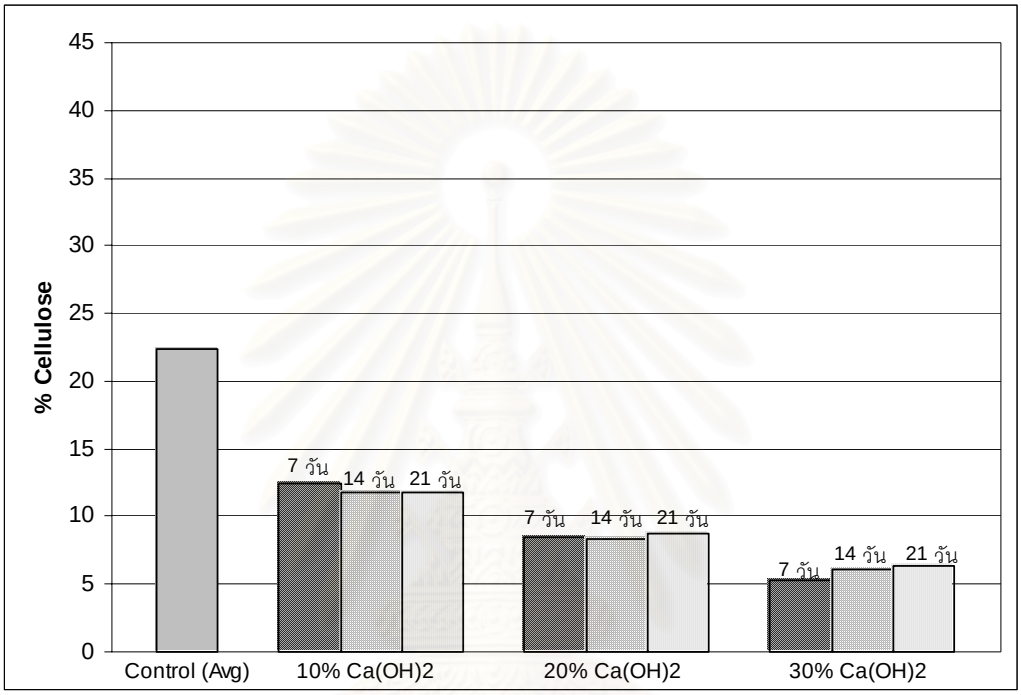
เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	49.09	37.49	15.08	-	11.59	-	22.42	-
10% NaOH + 1 วัน	34.91	28.99	12.27	18.63	5.91	49.01	16.86	24.80
10% NaOH + 2 วัน	33.72	30.00	13.65	9.48	3.73	67.82	16.72	25.42
10% NaOH + 3 วัน	32.37	27.40	12.93	14.26	4.97	57.12	15.05	32.87
20% NaOH + 1 วัน	23.38	17.46	8.20	45.62	5.92	48.92	10.14	54.77
20% NaOH + 2 วัน	27.97	24.24	10.92	27.59	3.73	67.82	13.90	38.00
20% NaOH + 3 วัน	26.04	20.71	9.26	38.59	5.33	54.01	12.20	45.58
30% NaOH + 1 วัน	18.17	13.72	6.44	57.29	4.45	61.60	7.59	66.15
30% NaOH + 2 วัน	21.82	18.29	9.42	37.53	3.53	69.54	9.29	58.56
30% NaOH + 3 วัน	22.47	19.39	9.80	35.01	3.08	73.43	10.15	54.73

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 การย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ และระยะเวลาในการปล่อยตัวอย่างให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.4, 4.5, 4.6 และตารางที่ 4.2

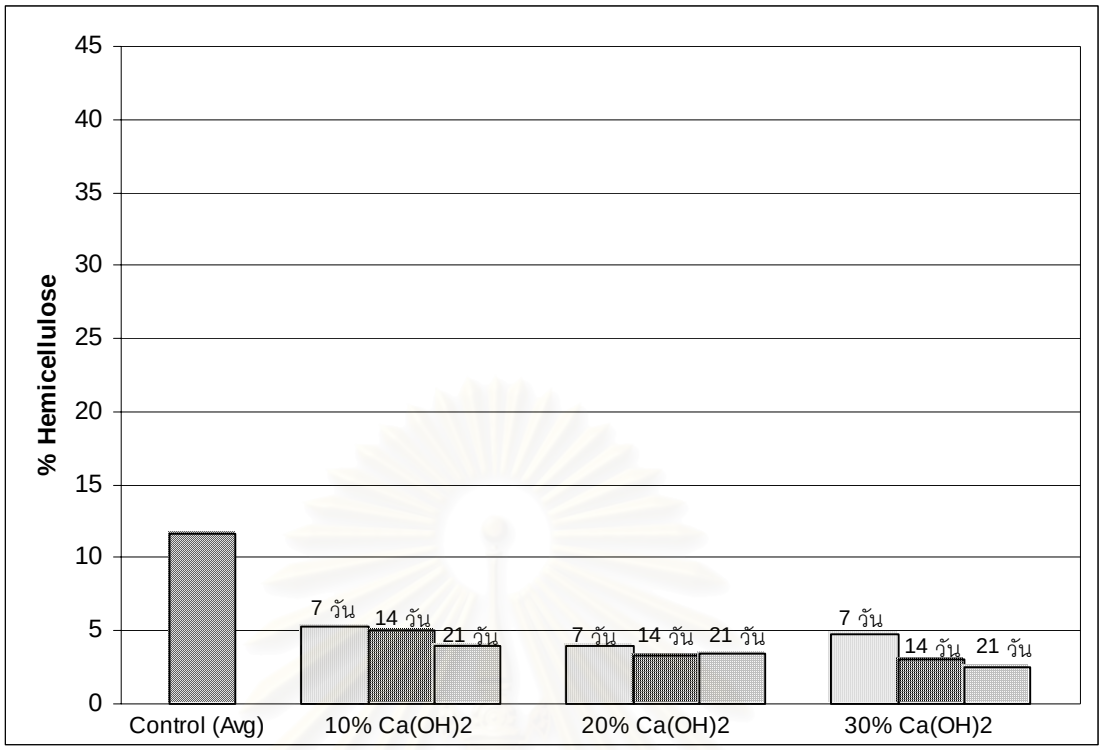


รูปที่ 4.4 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเซลลูโลส ในเปลือกถั่วลิสง จะลดลงได้มากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกถั่วลิสงด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณเซลลูโลสจะลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน คือ ปริมาณเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 5.35% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 76.14%

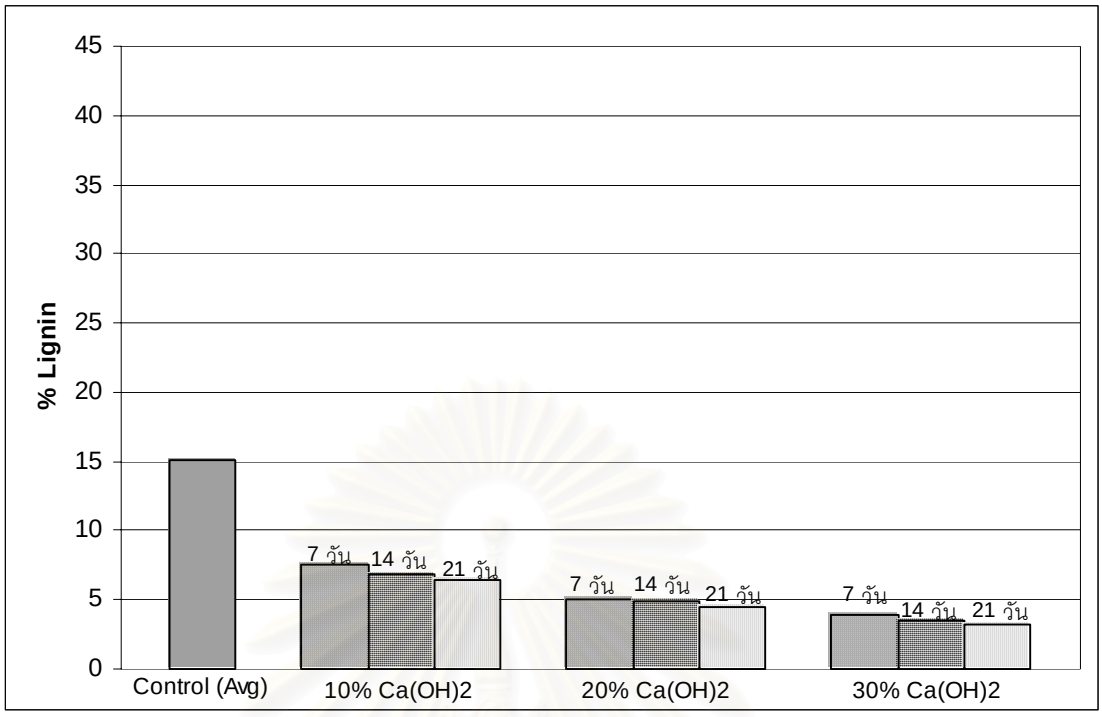


รูปที่ 4.5 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกถั่วลิสง จะลดลงได้มากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้น 10% $Ca(OH)_2$ และ 30% $Ca(OH)_2$ พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงจะลดลงได้มากขึ้นตามระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่มากขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกถั่วลิสงด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณเฮมิเซลลูโลส จะลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน คือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 2.49% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 78.52%



รูปที่ 4.6 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณลิกนิน

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสง จะลดลงได้มากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เท่ากัน พบว่าปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากขึ้นตามระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่มากขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกถั่วลิสงด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณลิกนินจะลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน คือ ปริมาณลิกนินมีค่าเท่ากับ 3.28% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 78.25%

ตารางที่ 4.2 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

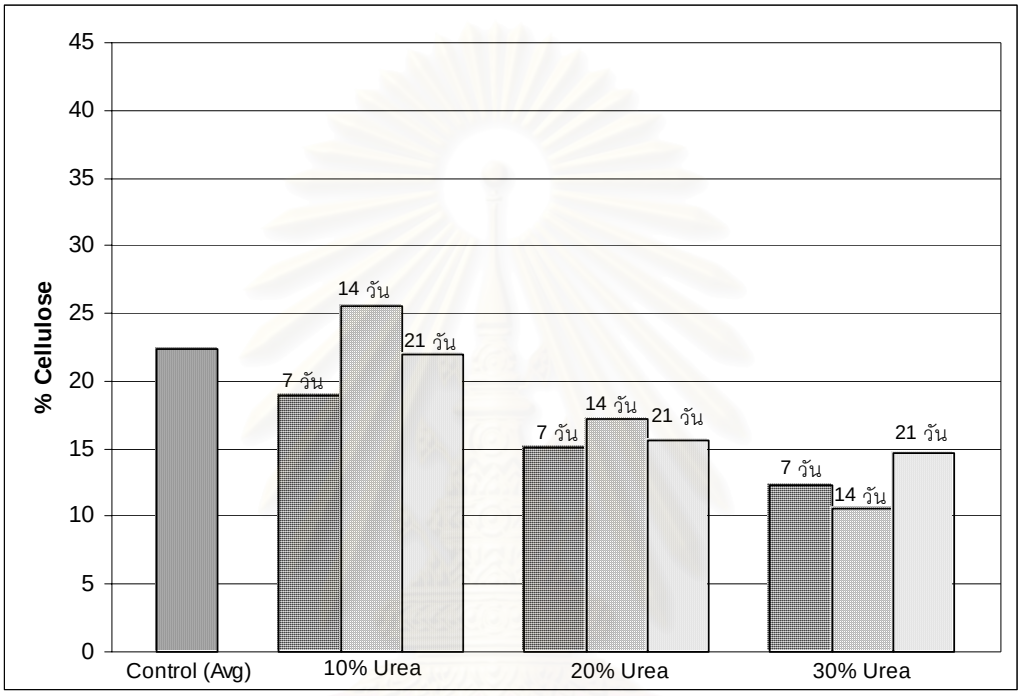
เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	49.09	37.49	15.08	-	11.59	-	22.42	-
10% Ca(OH)2 + 7 วัน	25.28	20.01	7.61	49.54	5.27	54.53	12.40	44.69
10% Ca(OH)2 + 14 วัน	23.69	18.67	6.85	54.58	5.03	56.60	11.82	47.28
10% Ca(OH)2 + 21 วัน	22.26	18.26	6.44	57.29	4.00	65.49	11.82	47.28
20% Ca(OH)2 + 7 วัน	17.38	13.38	4.97	67.04	4.00	65.49	8.41	62.49
20% Ca(OH)2 + 14 วัน	16.56	13.25	4.92	67.37	3.30	71.53	8.34	62.80
20% Ca(OH)2 + 21 วัน	16.57	13.18	4.47	70.36	3.38	70.84	8.71	61.15
30% Ca(OH)2 + 7 วัน	13.99	9.23	3.88	74.27	4.77	58.84	5.35	76.14
30% Ca(OH)2 + 14 วัน	12.68	9.61	3.46	77.06	3.07	73.51	6.14	72.61
30% Ca(OH)2 + 21 วัน	12.09	9.60	3.28	78.25	2.49	78.52	6.32	71.81

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 การย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย

โดยใช้สารละลายยูเรียความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ และระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.7, 4.8, 4.9 และตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.7 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน และ 21 วัน เท่ากัน พบว่า ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง จะลดลงได้มากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่เพิ่มขึ้น

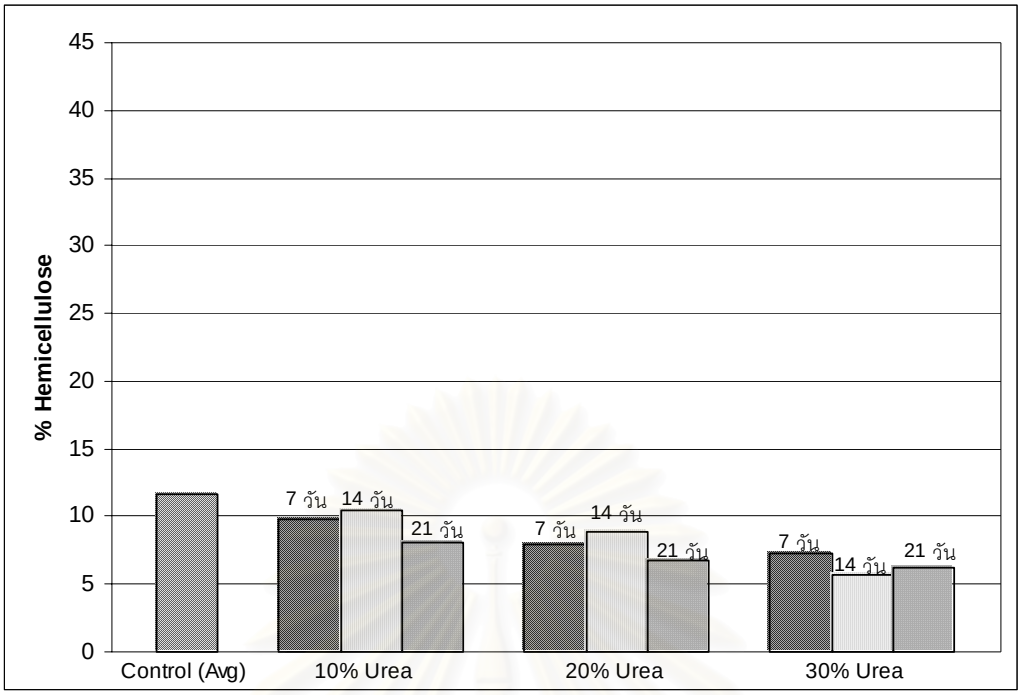
สำหรับการย่อยสลายเปลือกถั่วลิสงด้วยสารละลายยูเรีย ปริมาณเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% urea เป็นเวลา 14 วัน คือ ปริมาณเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 10.59% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 52.77%

ตารางที่ 4.3 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรียและเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	49.09	37.49	15.08	-	11.59	-	22.42	-
10% urea + 7 วัน	43.84	34.00	15.03	0.33	9.85	15.01	18.97	15.39
10% urea + 14 วัน	54.56	44.07	18.52	-22.81	10.49	9.49	25.55	-13.96
10% urea + 21 วัน	44.29	36.19	14.25	5.50	8.10	30.11	21.94	2.14
20% urea + 7 วัน	34.76	26.77	11.69	22.48	7.99	31.06	15.08	32.74
20% urea + 14 วัน	37.98	29.12	11.94	20.82	8.86	23.55	17.17	23.42
20% urea + 21 วัน	31.75	25.05	9.47	37.20	6.71	42.11	15.58	30.51
30% urea + 7 วัน	27.84	20.53	8.27	45.16	7.30	37.01	12.27	45.27
30% urea + 14 วัน	22.74	16.99	6.40	57.56	5.75	50.39	10.59	52.77
30% urea + 21 วัน	29.63	23.44	8.74	42.04	6.18	46.68	14.70	34.43

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



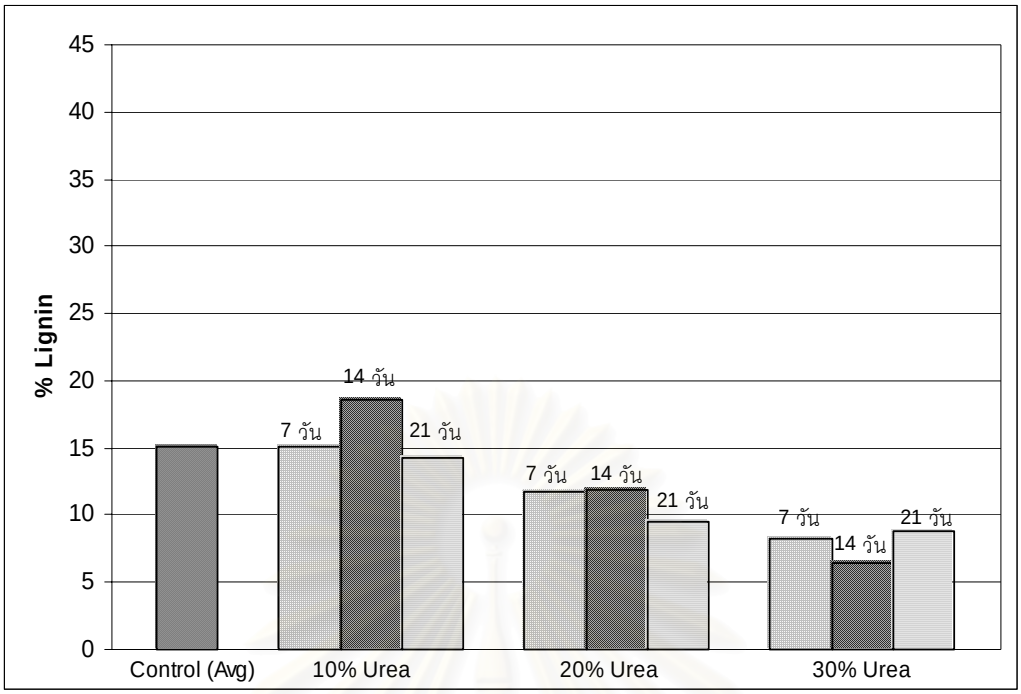
รูปที่ 4.8 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกถั่วลิสง จะลดลงได้มากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกถั่วลิสงด้วยสารละลายยูเรีย ปริมาณเฮมิเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% urea เป็นเวลา 14 วัน คือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 5.75% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 50.39%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



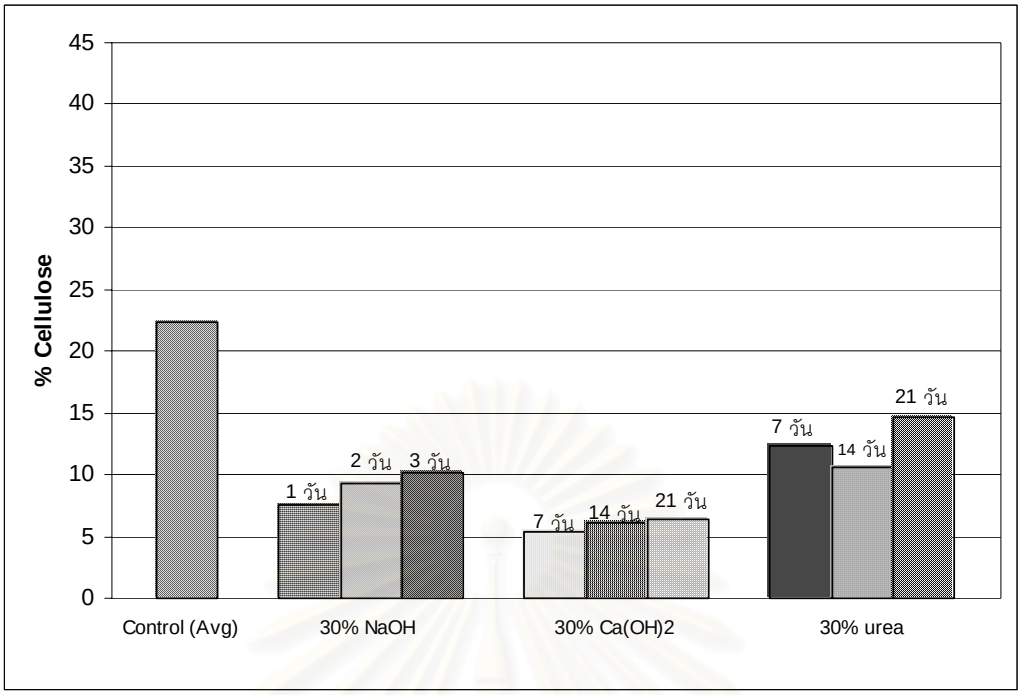
รูปที่ 4.9 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณลิกนิน

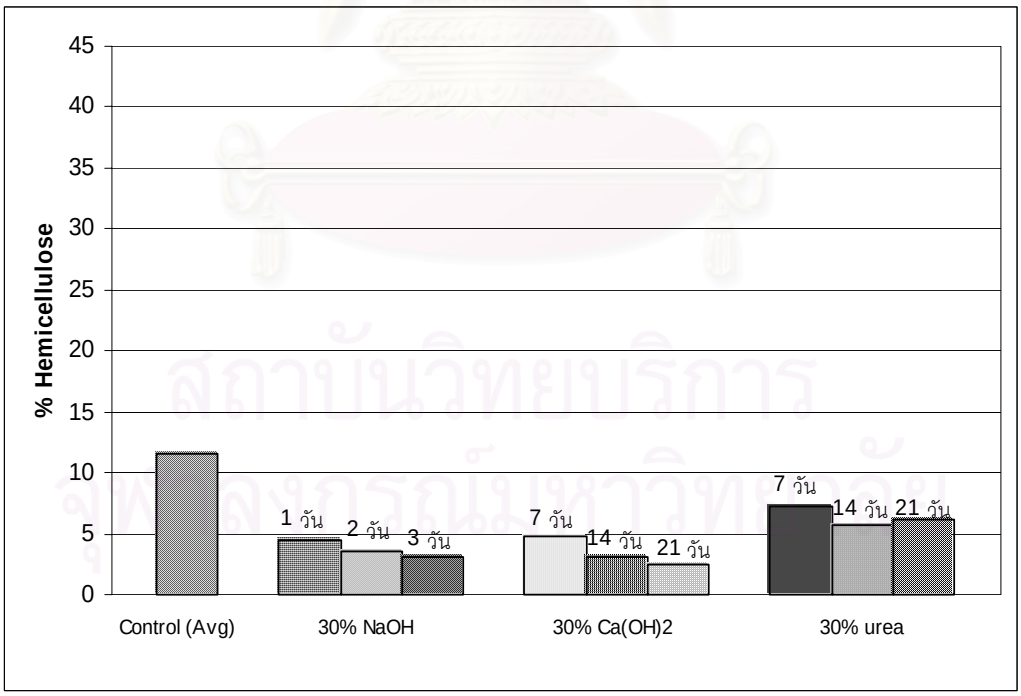
เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน และ 21 วัน เท่ากัน พบว่า ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสง ลดลงได้มากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกถั่วลิสงด้วยสารละลายยูเรีย ปริมาณลิกนินจะลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% urea เป็นเวลา 14 วัน คือ ปริมาณลิกนินมีค่าเท่ากับ 6.40% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 57.56%

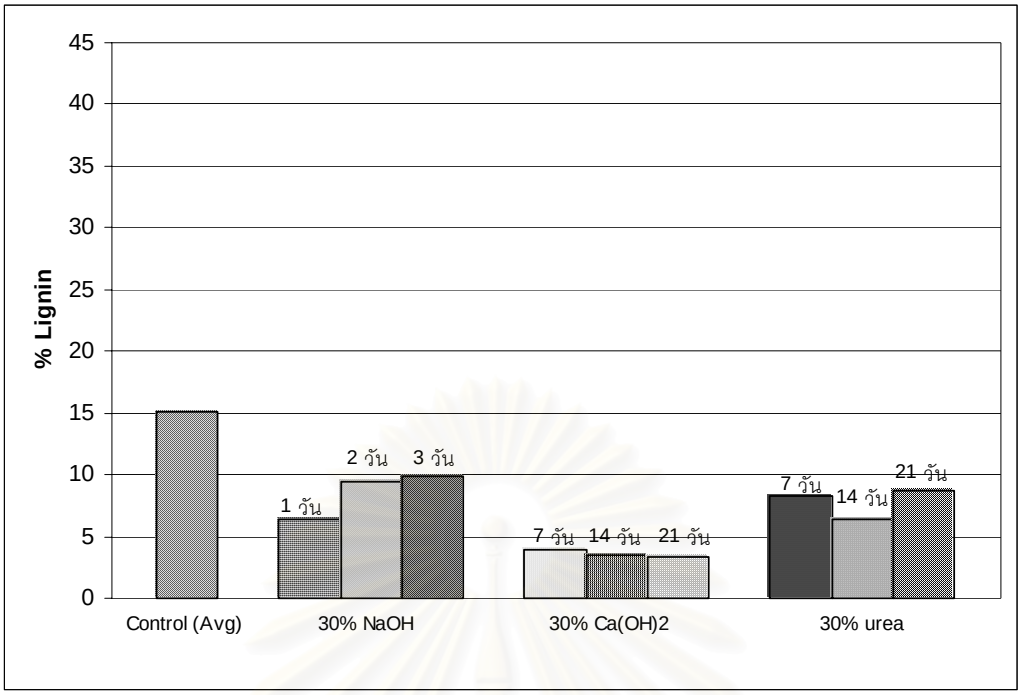
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเปลือกถั่วลิสงจากเงื่อนไขความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรียที่ดีที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.10, 4.11 และ 4.12



รูปที่ 4.10 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง จากเงื่อนไขความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรียที่ดีที่สุด



รูปที่ 4.11 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสง จากเงื่อนไขความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรียที่ดีที่สุด



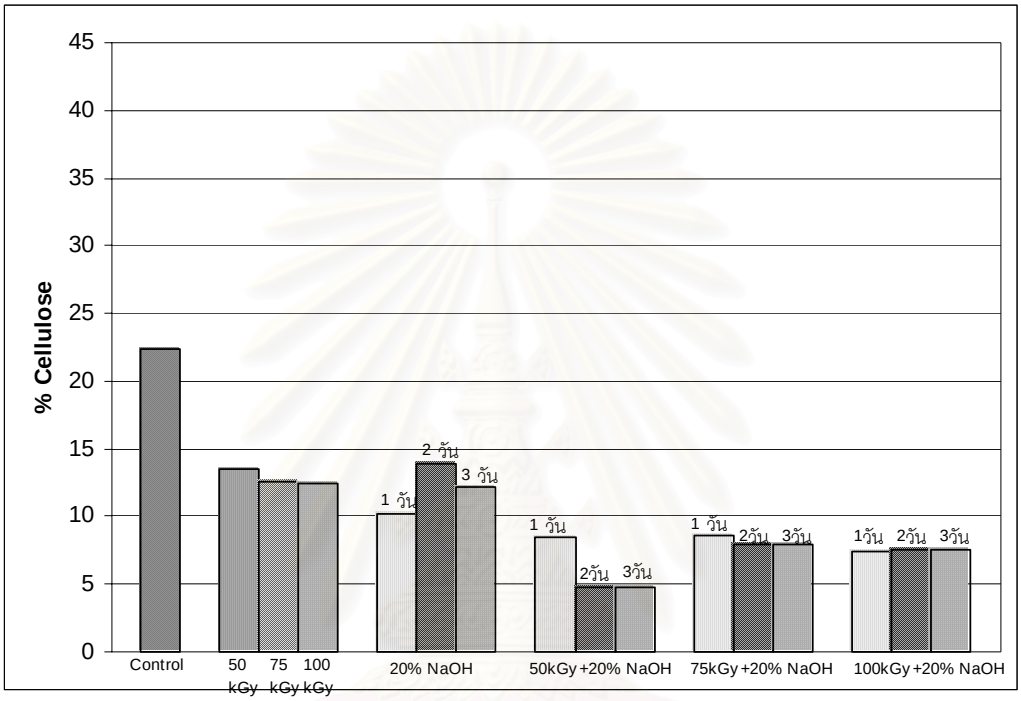
รูปที่ 4.12 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสง จากเงื่อนไขความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และยูเรียที่ดีที่สุด

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า เงื่อนไขความเข้มข้นที่ดีที่สุดของสารเคมีแต่ละชนิดอยู่ที่ระดับความเข้มข้น 30% เมื่อพิจารณาปริมาณเซลลูโลส พบว่า 30% $Ca(OH)_2$ เป็นสารเคมีที่ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้ดีที่สุด รองลงมาคือ 30% NaOH และ 30% urea ตามลำดับ โดยระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายของ 30% $Ca(OH)_2$ อยู่ที่ 7 วัน เมื่อพิจารณาปริมาณเฮมิเซลลูโลส พบว่า 30% NaOH และ 30% $Ca(OH)_2$ ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้ใกล้เคียงกัน แต่การย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด และเมื่อพิจารณาปริมาณลิกนิน พบว่า 30% $Ca(OH)_2$ ทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้ดีที่สุด ในขณะที่ 30% NaOH และ 30% urea ทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้ใกล้เคียงกัน โดยการย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน ทำให้ปริมาณลิกนินลดลงได้มากที่สุด

เนื่องจากที่ระดับความเข้มข้น 30% ของสารเคมีแต่ละชนิด สามารถทำให้ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากแล้ว การทดลองต่อไปจึงเลือกระดับความเข้มข้น 20% ของสารเคมีแต่ละชนิด ซึ่งทำให้ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้บางส่วน มาใช้ร่วมกับกระบวนการฉายรังสีแกมมา

4.1.4 การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

โดยใช้ปริมาณรังสีแกมมา 50 kGy, 75 kGy และ 100 kGy ร่วมกับ 20% NaOH แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.13, 4.14, 4.15 และตารางที่ 4.4

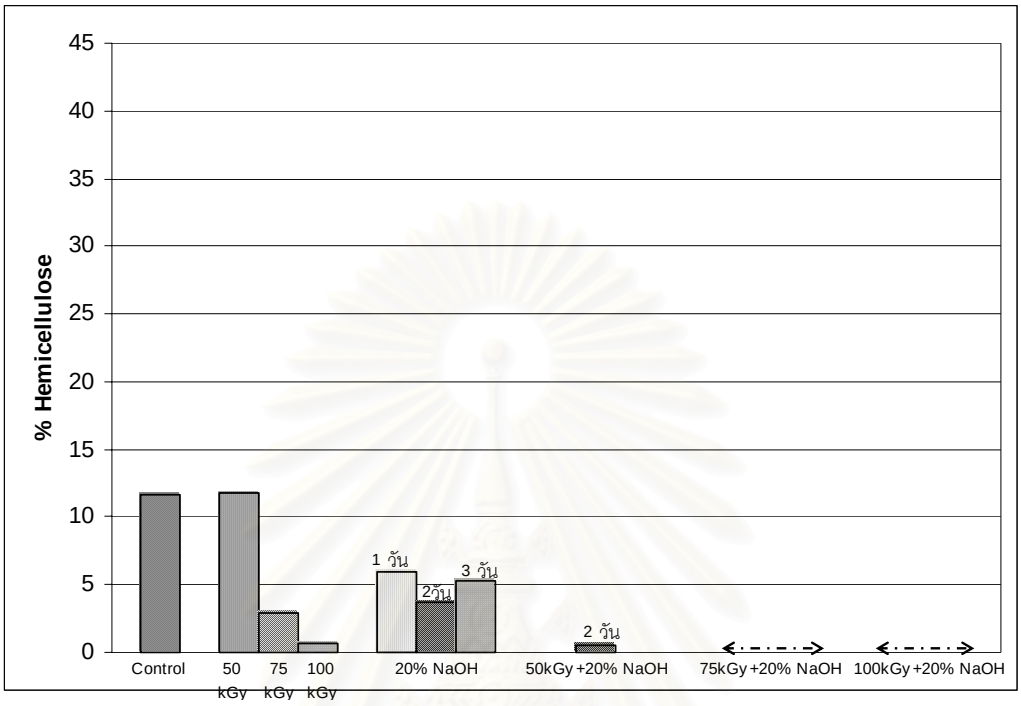


รูปที่ 4.13 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้ใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เพียงอย่างเดียว และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากกว่าการใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง โดยเฉพาะเมื่อใช้ปริมาณรังสี 50 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 2-3 วัน จะทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มาก

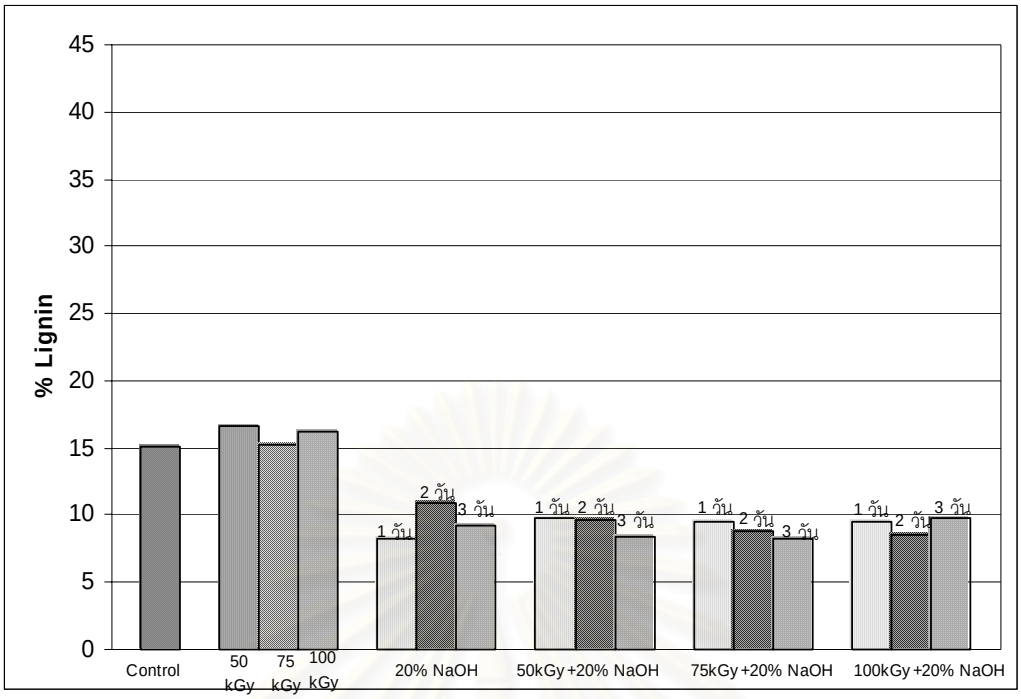
ที่สุด เนื่องจากรังสีแกมมาจะช่วยย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลสบางส่วน ทำให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้าไปย่อยเซลลูโลสได้ดีขึ้น



รูปที่ 4.14 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy เพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากกว่าตัวอย่างที่ย่อยสลายด้วย 20% NaOH เพียงอย่างเดียว และเมื่อเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากกว่าการใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง ที่ปริมาณรังสี 75 kGy และ 100 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ลดลงหมด



รูปที่ 4.15 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณลิกนิน

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว ไม่ทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH ทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้ใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ย่อยสลายด้วย 20% NaOH เพียงอย่างเดียว คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 40% ดังตารางที่ 4.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

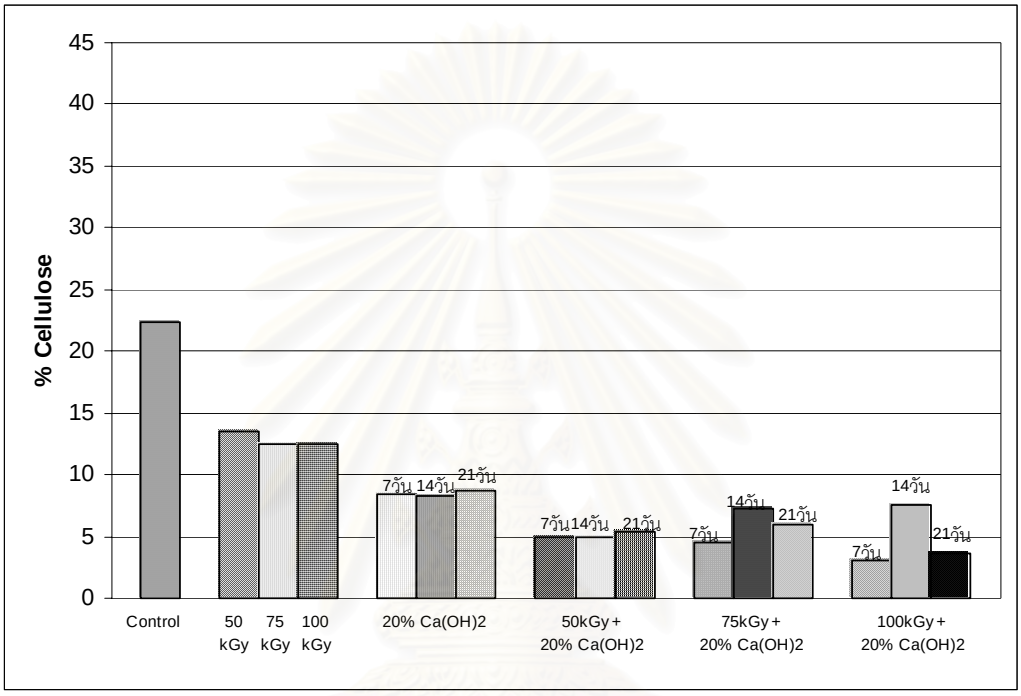
ตารางที่ 4.4 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% NaOH และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	49.09	37.49	15.08	-	11.59	-	22.42	-
50 kGy	41.87	30.07	16.63	-10.28	11.80	-1.81	13.44	40.05
75 kGy	30.61	27.73	15.17	-0.60	2.89	75.06	12.55	44.02
100 kGy	29.45	28.75	16.26	-7.82	0.70	93.96	12.49	44.29
50 kGy + 20% NaOH 1 วัน	6.09	18.29	9.80	35.01	0.00	100.00	8.49	62.13
50 kGy + 20% NaOH 2 วัน	14.90	14.34	9.62	36.21	0.56	95.17	4.72	78.95
50 kGy + 20% NaOH 3 วัน	3.81	13.14	8.32	44.83	0.00	100.00	4.82	78.50
75 kGy + 20% NaOH 1 วัน	8.19	15.31	9.56	36.60	0.00	100.00	8.61	61.60
75 kGy + 20% NaOH 2 วัน	3.68	16.74	8.78	41.78	0.00	100.00	7.96	64.50
75 kGy + 20% NaOH 3 วัน	3.78	16.17	8.26	45.23	0.00	100.00	7.91	64.72
100 kGy + 20% NaOH 1 วัน	5.81	10.64	9.53	36.80	0.00	100.00	7.43	66.86
100 kGy + 20% NaOH 2 วัน	6.00	8.56	8.57	43.17	0.00	100.00	7.53	66.41
100 kGy + 20% NaOH 3 วัน	5.71	13.96	9.72	35.54	0.00	100.00	7.48	66.64

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

4.1.5 การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

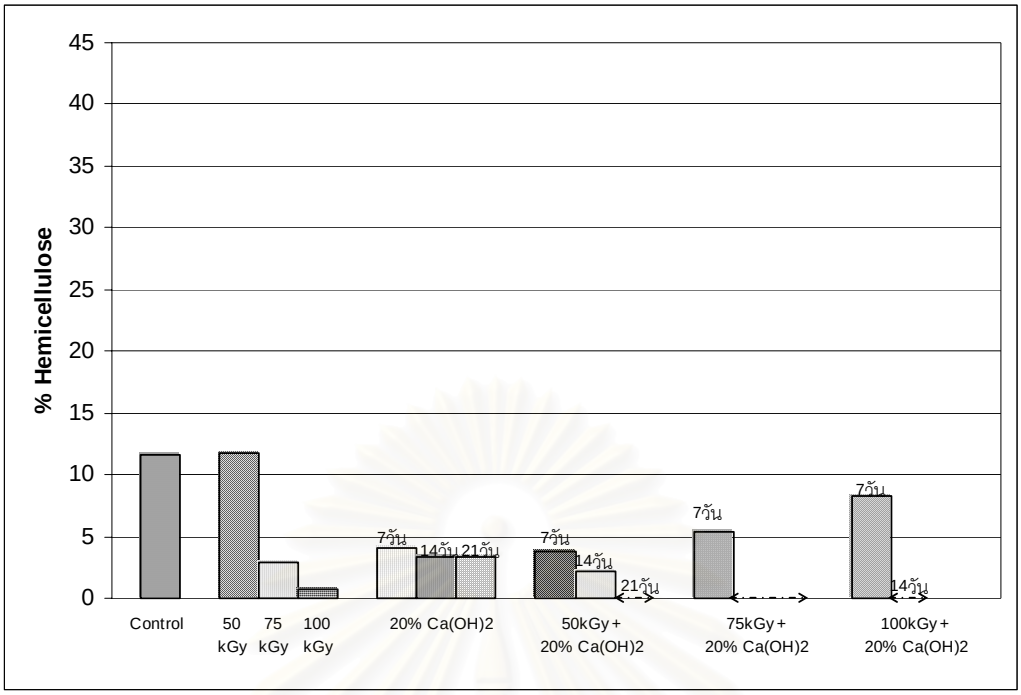
โดยใช้ปริมาณรังสีแกมมา 50 kGy, 75 kGy และ 100 kGy ร่วมกับ 20% $Ca(OH)_2$ แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.16, 4.17, 4.18 และตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.16 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

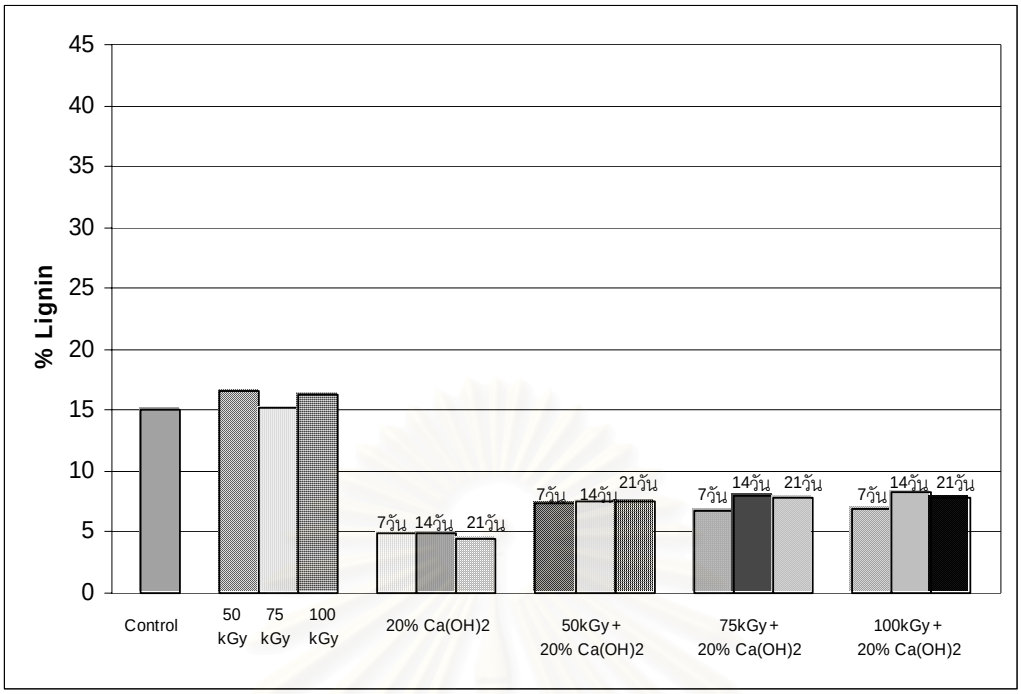
ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว ไม่ทำให้ ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากกว่าการใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 80%



รูปที่ 4.17 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีที่ 75 kGy และ 100 kGy เพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากกว่าการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมา 50 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน การฉายรังสีแกมมา 75 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 14 วัน และ 21 วัน และการฉายรังสีแกมมา 100 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 14 วัน ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงหมด



รูปที่ 4.18 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณลิกนิน

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว ไม่ทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงลดลง ส่วนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากกว่าการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 70%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

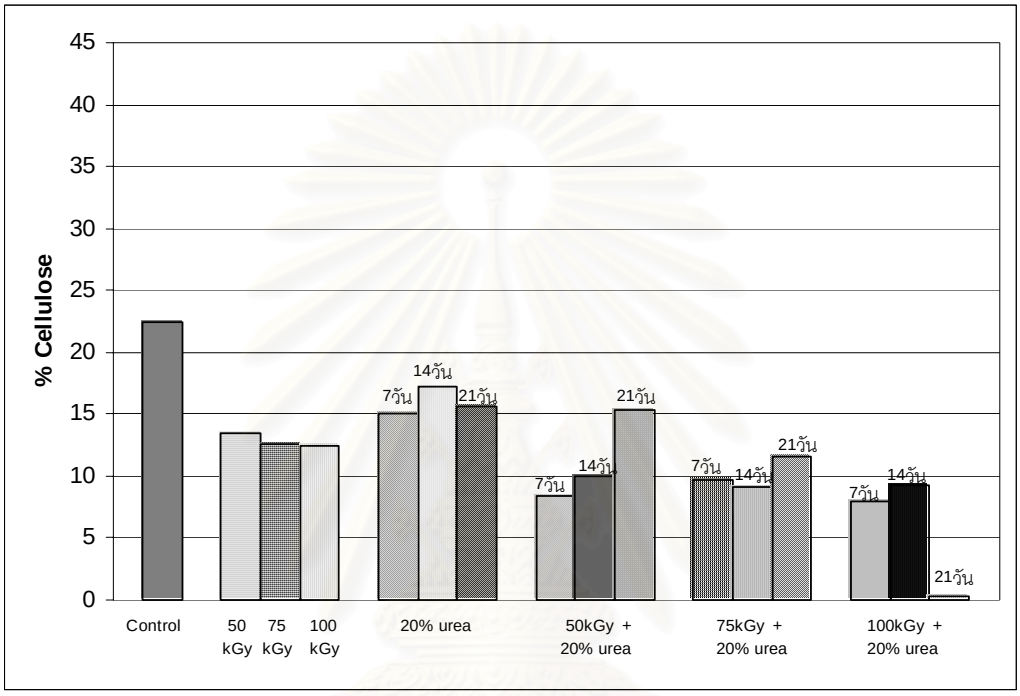
เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	49.09	37.49	15.08	-	11.59	-	22.42	-
50 kGy	41.87	30.07	16.63	-10.28	11.80	-1.81	13.44	40.05
75 kGy	30.61	27.73	15.17	-0.60	2.89	75.06	12.55	44.02
100 kGy	29.45	28.75	16.26	-7.82	0.70	93.96	12.49	44.29
50 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 7 วัน	16.02	12.29	7.40	50.93	3.72	67.90	4.89	78.19
50 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 14 วัน	14.64	12.42	7.52	50.13	2.21	80.93	4.90	78.14
50 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 21 วัน	8.02	12.47	7.59	49.67	0.00	100.00	5.36	76.09
75 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 7 วัน	16.70	11.39	6.83	54.71	5.31	54.18	4.56	79.66
75 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 14 วัน	3.40	15.27	8.00	46.95	0.00	100.00	7.27	67.57
75 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 21 วัน	7.60	13.79	7.87	47.81	0.00	100.00	5.92	73.60
100 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 7 วัน	18.21	9.87	6.87	54.44	8.34	28.04	3.01	86.57
100 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 14 วัน	4.94	15.84	8.36	44.56	0.00	100.00	7.48	66.64
100 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 21 วัน	17.89	11.38	7.79	48.34	ND	-	3.59	83.99

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

ND = No data

4.1.6 การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย

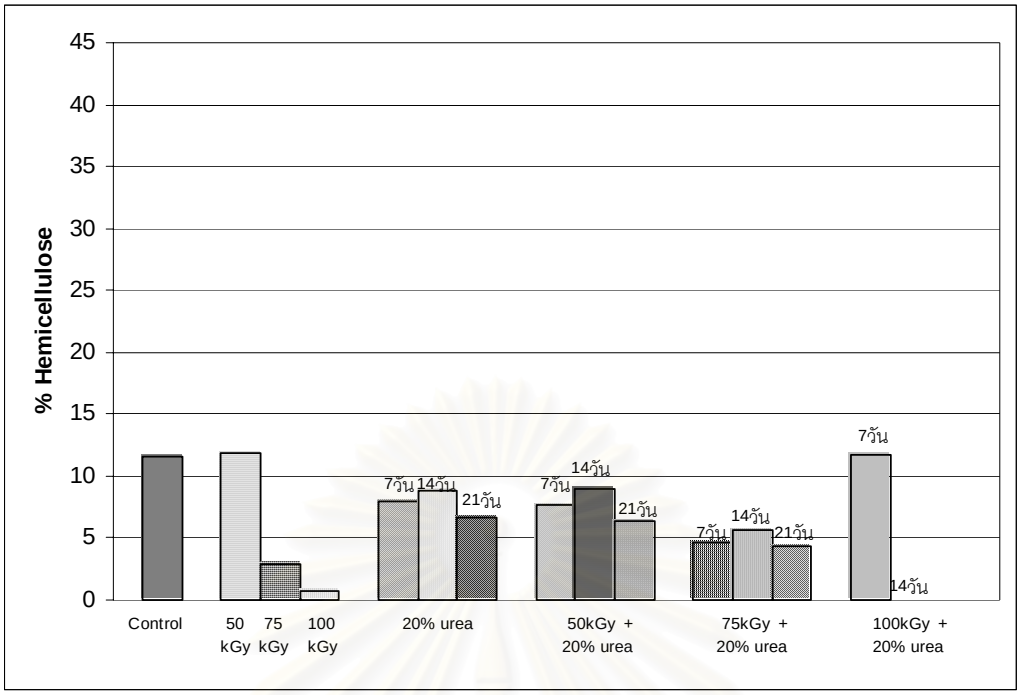
โดยใช้ปริมาณรังสีแกมมา 50 kGy, 75 kGy และ 100 kGy ร่วมกับ 20% urea แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.19, 4.20, 4.21 และตารางที่ 4.6



รูปที่ 4.19 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากกว่าการย่อยสลายด้วย 20% urea เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea มีแนวโน้มทำให้ปริมาณเซลลูโลสเปลือกถั่วลิสงลดลงได้ดีกว่าการย่อยสลายด้วย 20% urea เพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะการฉายรังสีแกมมา 100 kGy ร่วมกับ 20% urea เป็นเวลา 21 วัน มีผลทำให้ปริมาณเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ประมาณ 99%

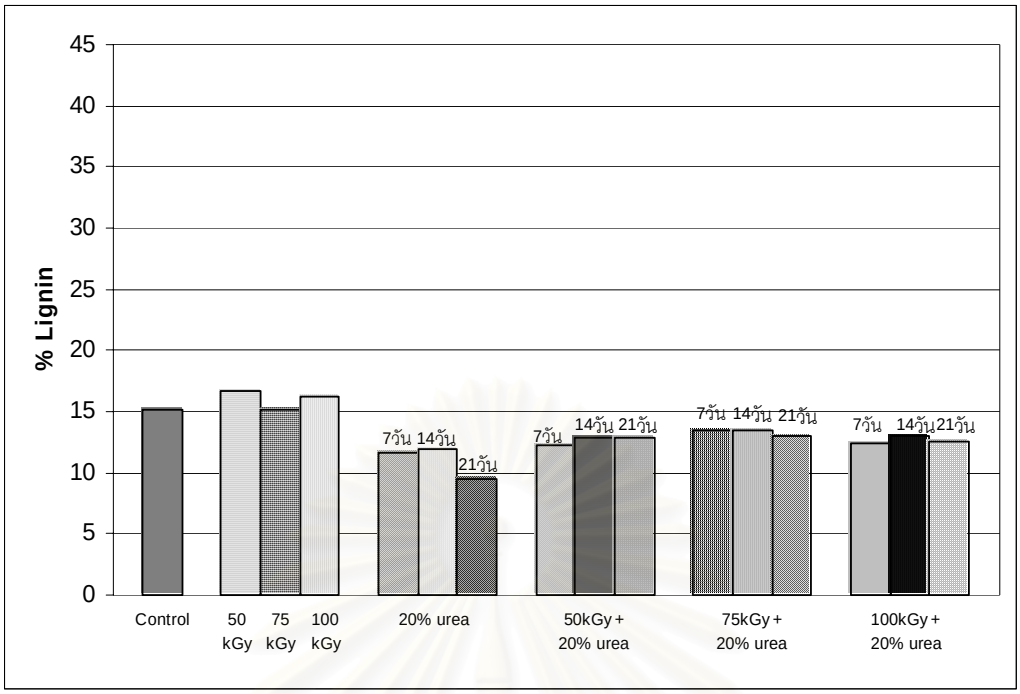


รูปที่ 4.20 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy เพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้มากกว่าการย่อยสลายด้วย 20% urea เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสี 100 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 14 วัน ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.21 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณลิกนิน

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว ไม่ทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงลดลง ส่วนการย่อยสลายด้วย 20% urea เพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงลดลงได้ดีกว่าการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 30%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% urea และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	49.09	37.49	15.08	-	11.59	-	22.42	-
50 kGy	41.87	30.07	16.63	-10.28	11.80	-1.81	13.44	40.05
75 kGy	30.61	27.73	15.17	-0.60	2.89	75.06	12.55	44.02
100 kGy	29.45	28.75	16.26	-7.82	0.70	93.96	12.49	44.29
50 kGy + 20% urea 7 วัน	28.29	20.65	12.28	18.57	7.64	34.08	8.37	62.67
50 kGy + 20% urea 14 วัน	31.78	22.78	12.85	14.79	9.00	22.35	9.94	55.66
50 kGy + 20% urea 21 วัน	34.52	28.09	12.79	15.19	6.42	44.61	15.30	31.76
75 kGy + 20% urea 7 วัน	27.85	23.15	13.47	10.68	4.70	59.45	9.67	56.87
75 kGy + 20% urea 14 วัน	28.20	22.57	13.42	11.01	5.62	51.51	9.15	59.19
75 kGy + 20% urea 21 วัน	29.09	24.72	13.08	13.26	4.37	62.30	11.64	48.08
100 kGy + 20% urea 7 วัน	32.08	20.33	12.38	17.90	11.75	-1.38	7.95	-64.54
100 kGy + 20% urea 14 วัน	22.21	22.15	12.94	14.19	0.07	99.40	9.21	-58.92
100 kGy + 20% urea 21 วัน	28.05	12.68	12.51	17.04	ND	-	0.33	-98.53

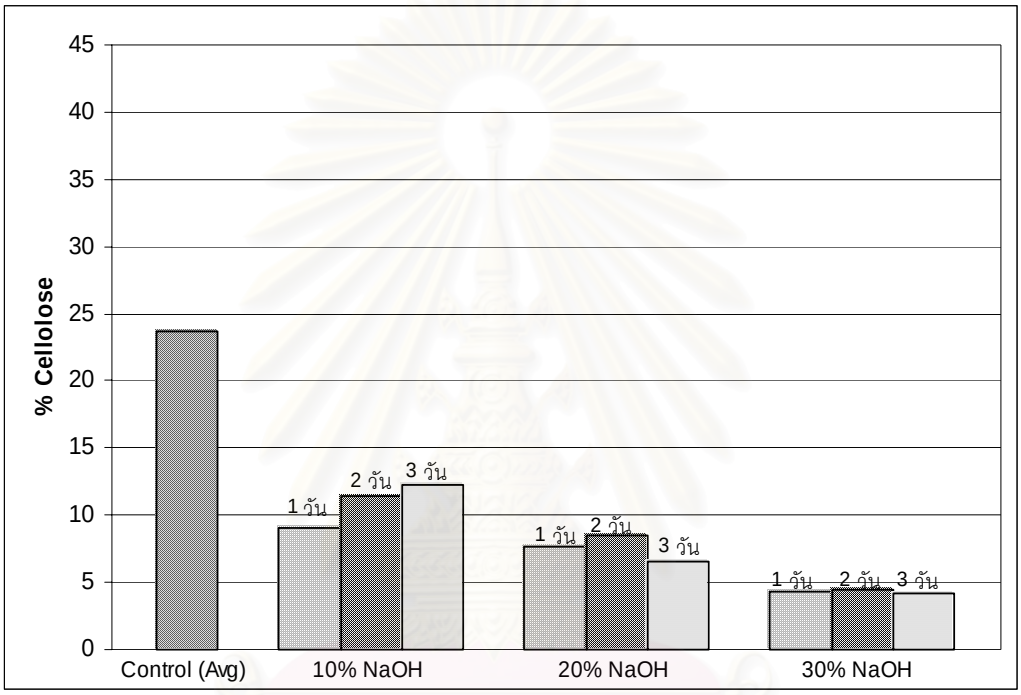
หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

ND = No data

4.2 ซังข้าวโพด

4.2.1 การย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ และระยะเวลาในการปล่อยตัวอย่างให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงใน รูปที่ 4.22, 4.23, 4.24 และตารางที่ 4.7

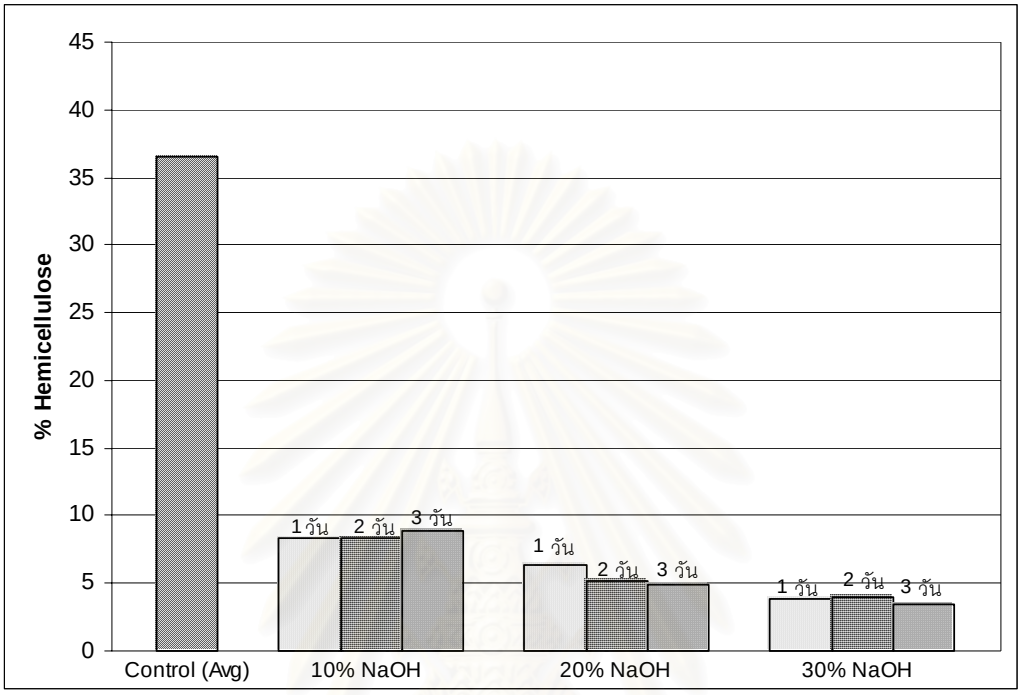


รูปที่ 4.22 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้มากขึ้น ตามค่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มากขึ้น

สำหรับการย่อยสลายซังข้าวโพดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% NaOH เป็นเวลา 3 วัน คือ ปริมาณเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 4.12% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 82.62%



รูปที่ 4.23 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้มากขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มากขึ้นและเมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้น 20% NaOH พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในซังข้าวโพดลดลงได้มากขึ้น ตามระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่มากขึ้น

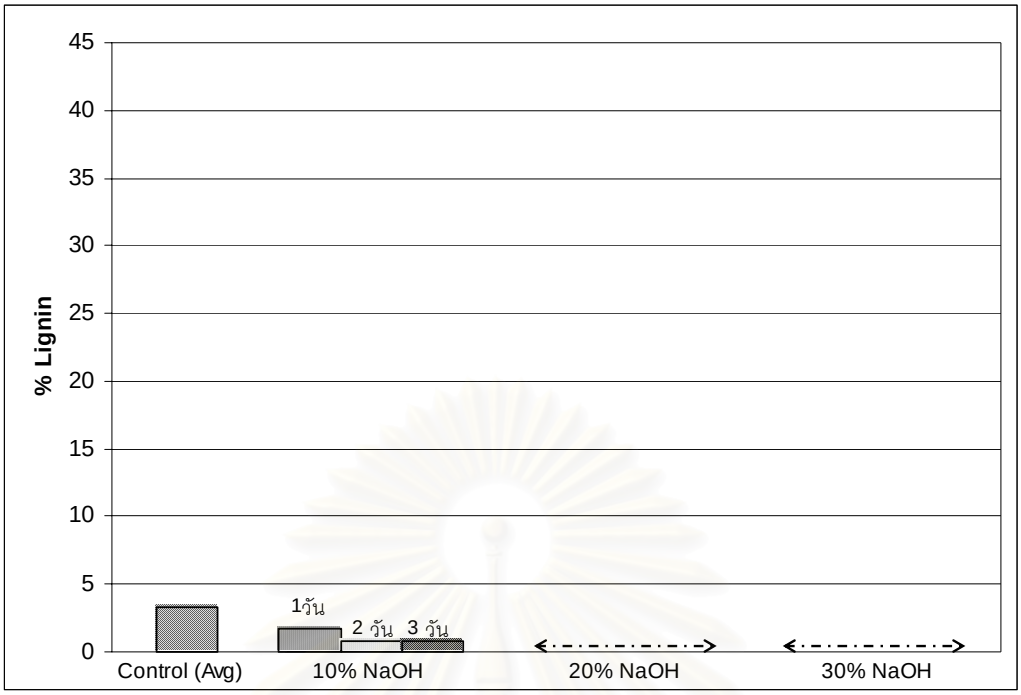
สำหรับการย่อยสลายซังข้าวโพดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% NaOH เป็นเวลา 3 วัน คือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 3.47% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 90.50%

ตารางที่ 4.7 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing Of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	63.58	27.07	3.36	-	36.51	-	23.71	-
10% NaOH + 1 วัน	18.76	10.36	1.66	50.60	8.40	76.99	9.06	61.79
10% NaOH + 2 วัน	20.20	11.81	0.76	77.38	8.39	77.02	11.38	52.00
10% NaOH + 3 วัน	21.72	12.79	0.76	77.38	8.93	75.54	12.21	48.50
20% NaOH + 1 วัน	12.48	6.11	0.00	100.00	6.37	82.55	7.70	67.52
20% NaOH + 2 วัน	11.60	6.50	0.00	100.00	5.10	86.03	8.48	64.23
20% NaOH + 3 วัน	10.49	5.56	0.00	100.00	4.93	86.50	6.50	72.59
30% NaOH + 1 วัน	7.49	3.63	0.00	100.00	3.86	89.43	4.37	81.57
30% NaOH + 2 วัน	7.92	3.95	0.00	100.00	3.98	89.10	4.49	81.06
30% NaOH + 3 วัน	6.78	3.31	0.00	100.00	3.47	90.50	4.12	82.62

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



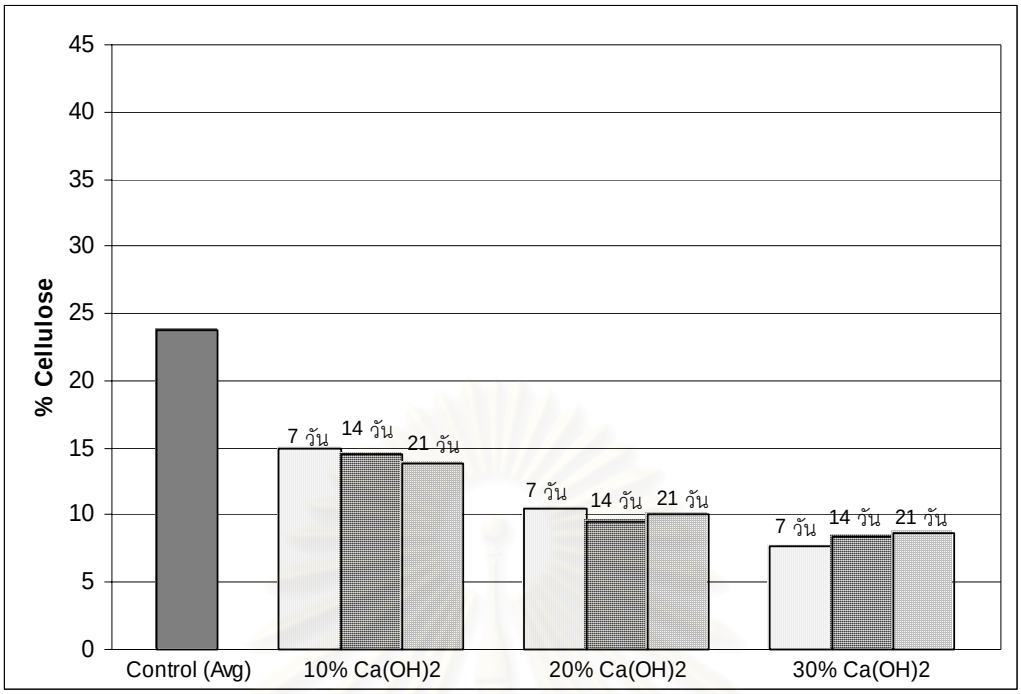
รูปที่ 4.24 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณลิกนิน

สำหรับการย่อยสลายซังข้าวโพดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณลิกนินลดลงหมด เมื่อย่อยสลายด้วย 20% NaOH หรือ 30% NaOH เป็นเวลา 1-3 วัน

4.2.2 การย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ และระยะเวลาในการปล่อยตัวอย่างให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงใน รูปที่ 4.25, 4.26, 4.27 และตารางที่ 4.8

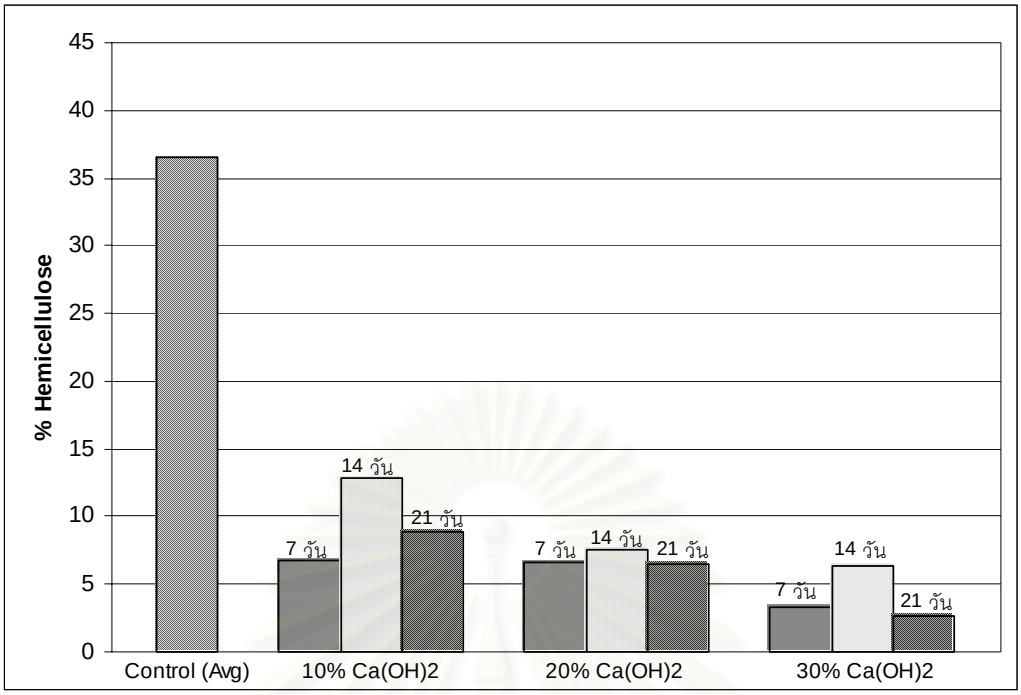


รูปที่ 4.25 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้มากขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มากขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้น 10% $Ca(OH)_2$ พบว่า ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้มากขึ้นตามระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่มากขึ้น

สำหรับการย่อยสลายซังข้าวโพดด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน คือ ปริมาณเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 7.64% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 67.78%



รูปที่ 4.26 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในซังข้าวโพดลดลงได้มากขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มากขึ้น

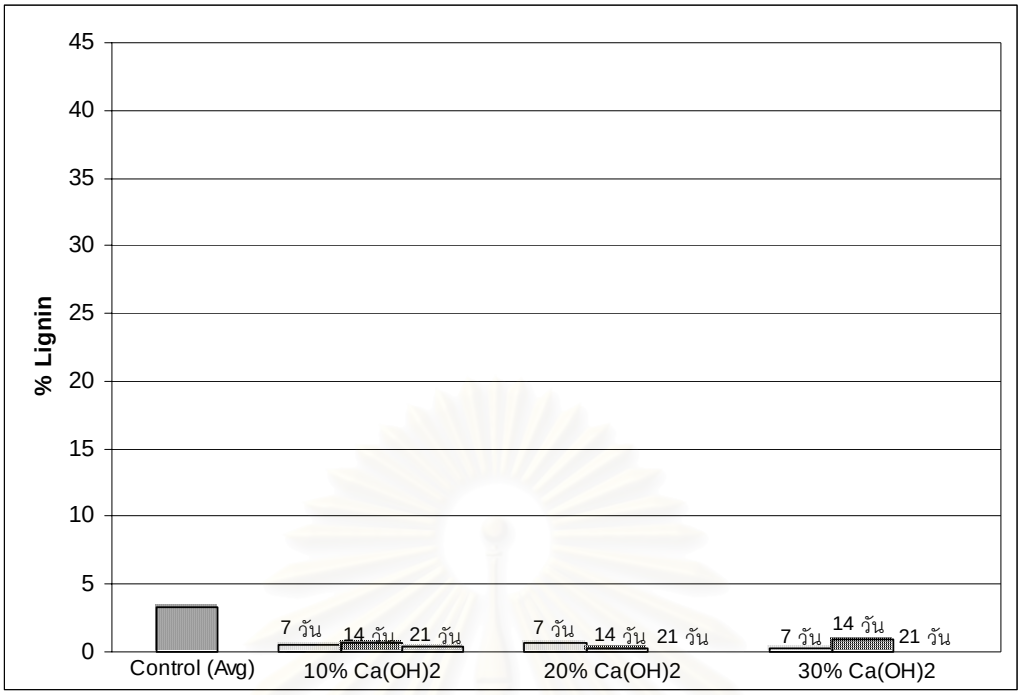
สำหรับการย่อยสลายซังข้าวโพดด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน คือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 2.67% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 92.69%

ตารางที่ 4.8 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	63.58	27.07	3.36	-	36.51	-	23.71	-
10% Ca(OH)2 + 7 วัน	22.18	15.49	0.54	83.93	6.70	81.65	14.95	36.95
10% Ca(OH)2 + 14 วัน	28.04	15.19	0.70	79.17	12.85	64.80	14.52	38.76
10% Ca(OH)2 + 21 วัน	23.11	14.23	0.35	89.58	8.88	75.68	13.88	41.46
20% Ca(OH)2 + 7 วัน	17.37	10.69	0.65	80.65	6.68	81.70	10.55	55.50
20% Ca(OH)2 + 14 วัน	17.13	9.53	0.21	93.75	7.60	79.18	9.47	60.06
20% Ca(OH)2 + 21 วัน	14.78	8.29	0.00	100.00	6.49	82.22	10.00	57.82
30% Ca(OH)2 + 7 วัน	11.26	7.89	0.25	92.56	3.37	90.77	7.64	67.78
30% Ca(OH)2 + 14 วัน	15.65	9.31	0.89	73.51	6.35	82.61	8.42	64.49
30% Ca(OH)2 + 21 วัน	11.04	8.38	0.00	100.00	2.67	93.69	8.70	63.31

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.27 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

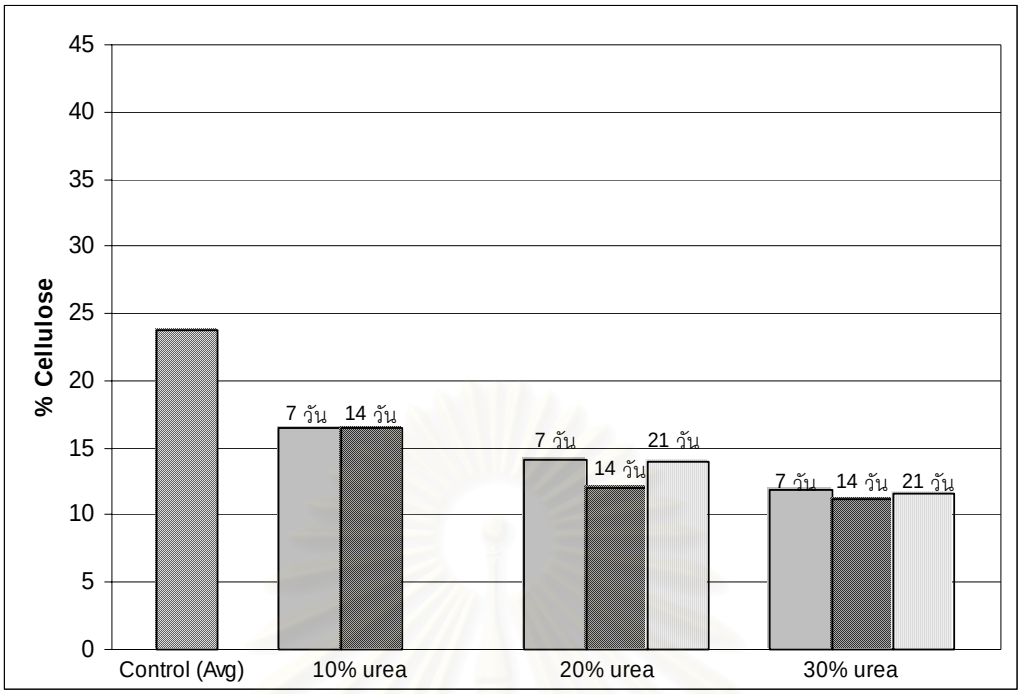
ปริมาณลิกนิน

ในระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เท่ากัน พบว่าระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 21 วัน ทำให้ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพดลดลงได้มากที่สุด

สำหรับการย่อยสลายซังข้าวโพดด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณลิกนิน ลดลงหมด เมื่อย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ หรือ 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน

4.2.3 การย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย

โดยใช้สารละลายยูเรียความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ และระยะเวลาในการปล่อยตัวอย่างให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงใน รูปที่ 4.28, 4.29, 4.30 และตารางที่ 4.9



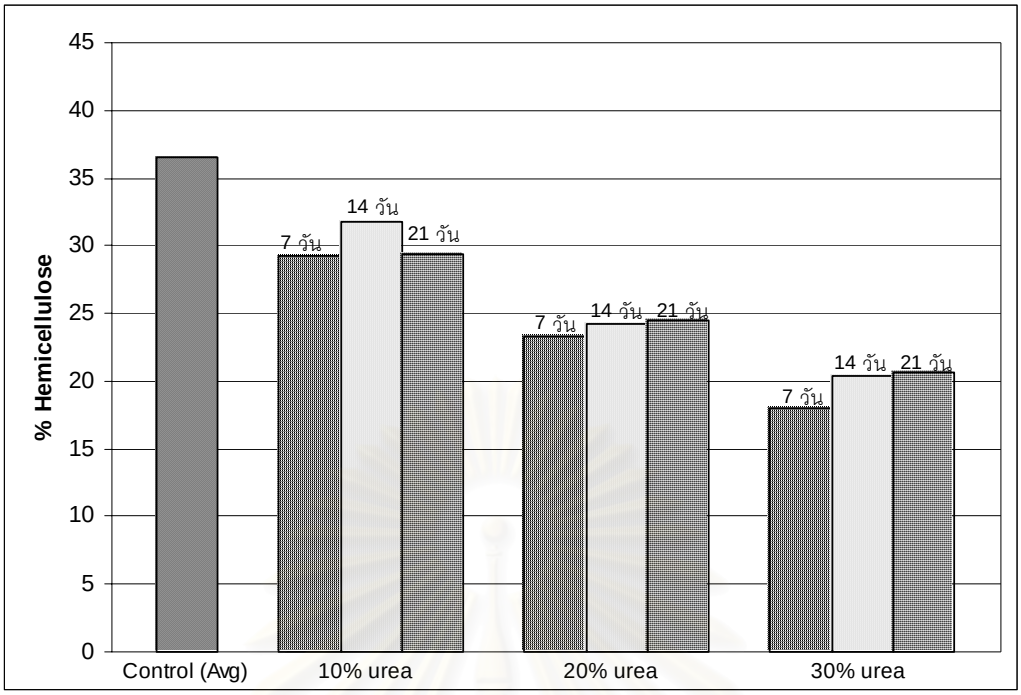
รูปที่ 4.28 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้มากขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่มากขึ้น

สำหรับการย่อยสลายซังข้าวโพดด้วยสารละลายยูเรีย ปริมาณเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% urea เป็นเวลา 14 วัน คือ ปริมาณเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 11.19% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 52.80%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.29 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในซังข้าวโพดลดลงได้มากขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่มากขึ้น และในระดับความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่เท่ากัน ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในซังข้าวโพดลดลงได้มากที่สุด

สำหรับการย่อยสลายซังข้าวโพดด้วยสารละลายยูเรีย ปริมาณเฮมิเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% urea เป็นเวลา 7 วัน คือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 17.97% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 50.78%

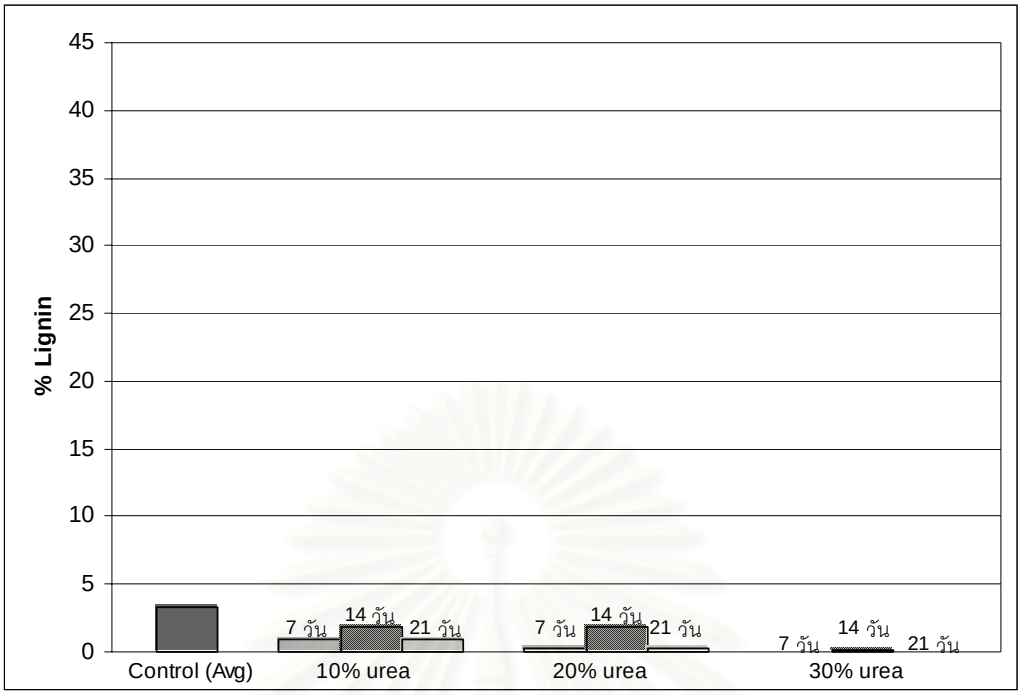
ตารางที่ 4.9 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรียและเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	63.58	27.07	3.36	-	36.51	-	23.71	-
10% urea + 7 วัน	46.66	17.41	0.90	73.21	29.25	28.10	16.51	30.37
10% urea + 14 วัน	50.06	18.31	1.80	46.43	31.75	13.04	16.51	30.37
10% urea + 21 วัน	51.62	22.22	0.97	71.13	29.40	19.47	ND	-
20% urea + 7 วัน	37.55	14.30	0.24	92.86	23.25	36.32	14.07	40.66
20% urea + 14 วัน	38.01	13.84	1.85	44.94	24.17	33.80	11.99	49.43
20% urea + 21 วัน	38.72	14.19	0.21	93.75	24.53	32.81	13.98	41.04
30% urea + 7 วัน	29.54	11.56	0.00	100.00	17.97	50.78	11.81	50.19
30% urea + 14 วัน	31.60	11.21	0.10	97.02	20.39	44.15	11.19	52.80
30% urea + 21 วัน	32.17	11.50	0.01	99.70	20.67	43.39	11.65	50.86

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

ND = No data

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.30 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพด ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณลิกนิน

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน และ 21 วัน เท่ากัน พบว่า ปริมาณลิกนิน ในซังข้าวโพดลดลงได้มากขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการย่อยสลายซังข้าวโพดด้วยสารละลายยูเรีย ปริมาณลิกนินลดลงได้หมด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% urea เป็นเวลา 7 วัน

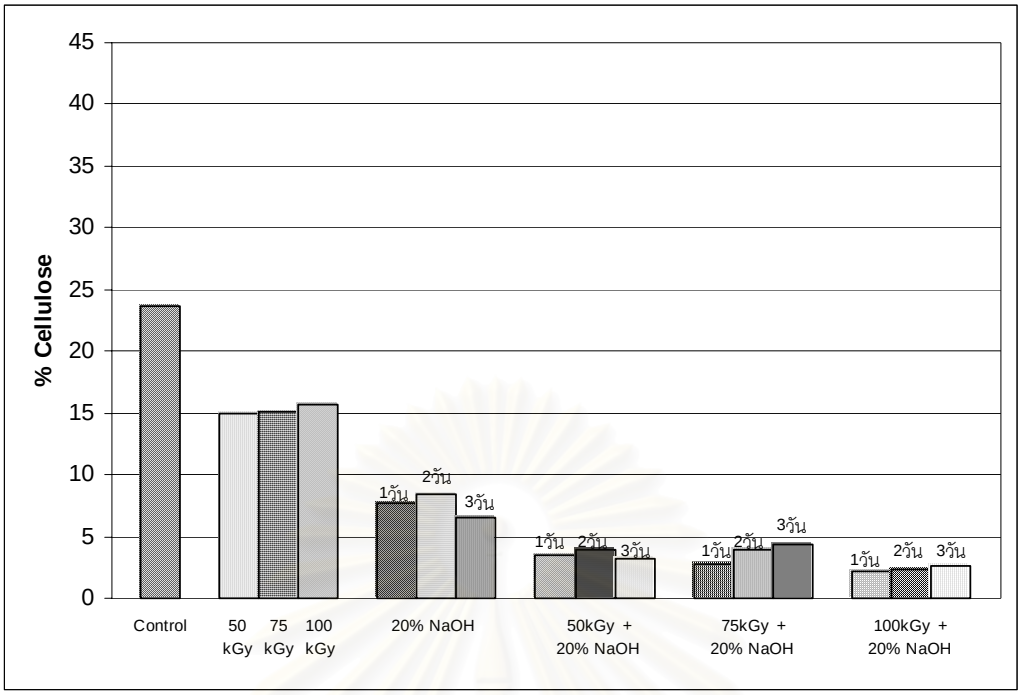
4.2.4 การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

โดยใช้ปริมาณรังสีแกมมา 50 kGy, 75 kGy และ 100 kGy ร่วมกับ 20% NaOH แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.31, 4.32, 4.33 และตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% NaOH และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	63.58	27.07	3.36	-	36.51	-	23.71	-
50 kGy	49.72	16.36	1.47	56.25	33.36	8.63	14.89	37.20
75 kGy	29.52	17.58	2.50	25.60	11.94	67.30	15.08	36.40
100 kGy	59.24	17.16	1.48	55.95	42.08	-15.26	15.68	33.87
50 kGy + 20% NaOH 1 วัน	14.41	3.34	0.38	88.69	11.07	69.68	3.55	85.03
50 kGy + 20% NaOH 2 วัน	15.80	3.67	0.38	88.69	12.13	66.78	3.91	83.51
50 kGy + 20% NaOH 3 วัน	14.73	3.68	0.58	82.74	11.04	69.76	3.22	86.42
75 kGy + 20% NaOH 1 วัน	12.81	2.14	0.43	87.20	9.68	73.49	2.71	88.57
75 kGy + 20% NaOH 2 วัน	12.17	4.33	0.41	87.80	7.85	78.50	3.92	83.47
75 kGy + 20% NaOH 3 วัน	15.53	4.12	0.24	92.86	11.41	68.75	4.42	81.36
100 kGy + 20% NaOH 1 วัน	11.70	2.68	0.53	84.23	9.02	75.29	2.15	90.93
100 kGy + 20% NaOH 2 วัน	13.59	1.93	0.35	89.58	11.66	68.06	2.35	90.09
100 kGy + 20% NaOH 3 วัน	10.65	3.28	0.66	80.36	7.38	79.79	2.61	88.99

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

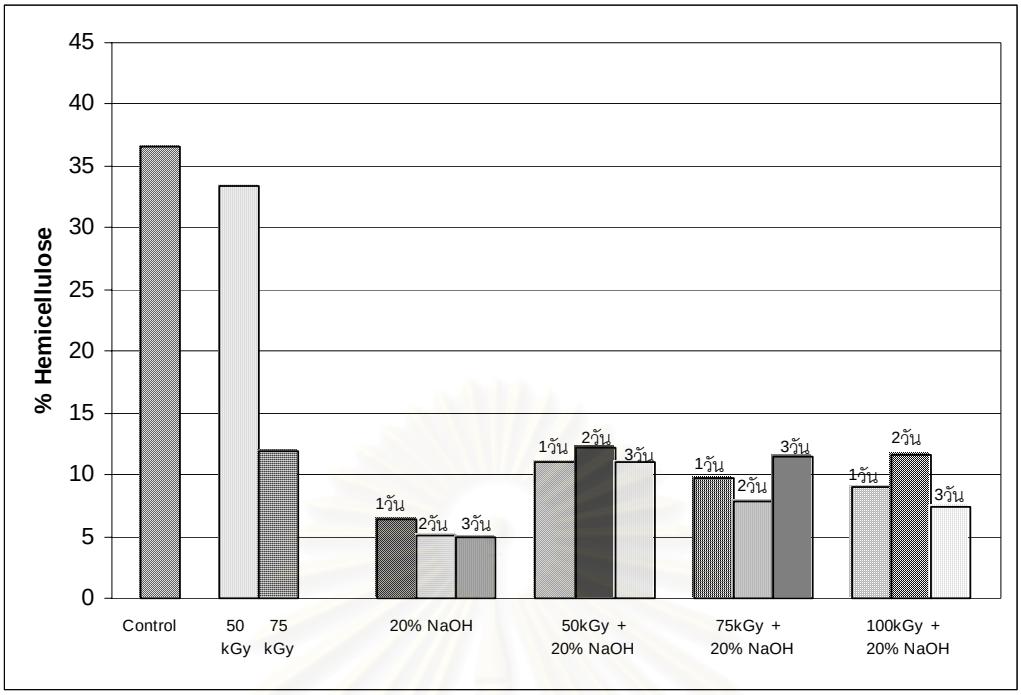


รูปที่ 4.31 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้ดีเท่ากับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้มากกว่าการใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 85%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

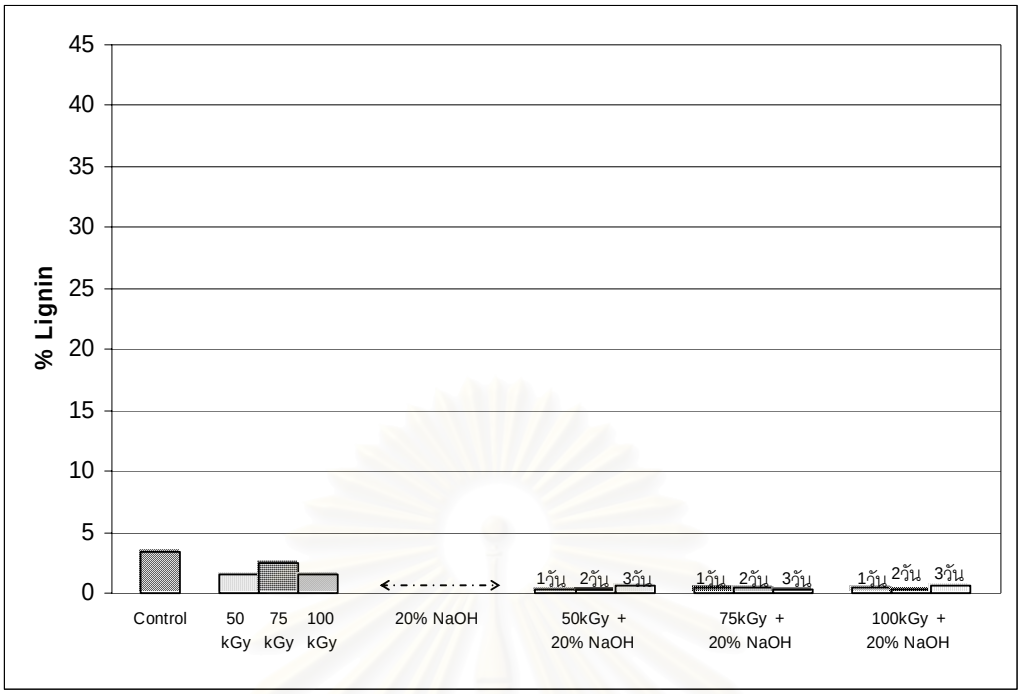


รูปที่ 4.32 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้ดีเท่ากับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เพียงอย่างเดียว และการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในซังข้าวโพดลดลงได้ดีกว่าการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 85%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.33 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณลิกนิน

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว และการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH ทำให้ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพดลดลงได้น้อยกว่าการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เพียงอย่างเดียว

4.2.5 การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

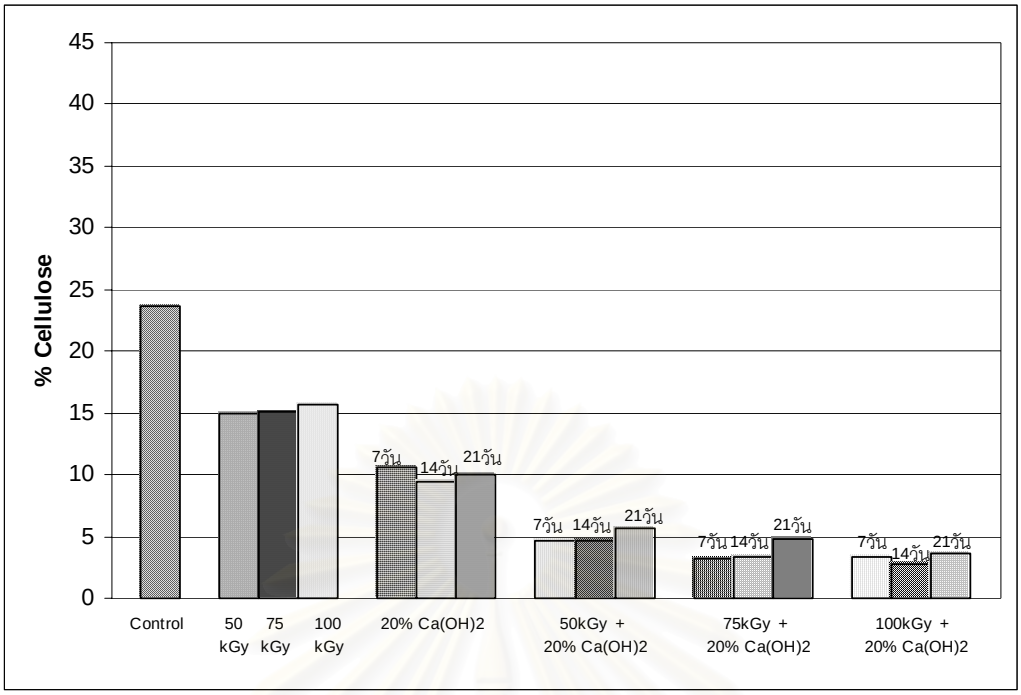
โดยใช้ปริมาณรังสีแกมมา 50 kGy, 75 kGy และ 100 kGy ร่วมกับ 20% $Ca(OH)_2$ แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.34, 4.35, 4.36 และตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	63.58	27.07	3.36	-	36.51	-	23.71	-
50 kGy	49.72	16.36	1.47	56.25	33.36	8.63	14.89	37.20
75 kGy	29.52	17.58	2.50	25.60	11.94	67.30	15.08	36.40
100 kGy	59.24	17.16	1.48	55.95	ND	-15.26	15.68	33.87
50 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 7 วัน	11.03	5.09	0.85	74.70	5.94	83.73	4.61	80.56
50 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 14 วัน	13.03	5.82	1.12	66.67	7.21	80.25	4.70	80.18
50 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 21 วัน	13.36	6.21	0.53	84.23	7.15	80.42	5.68	76.04
75 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 7 วัน	7.94	4.47	1.31	61.01	3.47	90.50	3.16	86.67
75 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 14 วัน	8.05	4.36	0.95	71.73	3.69	89.89	3.41	85.62
75 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 21 วัน	9.28	5.60	0.88	73.81	3.68	89.92	4.72	80.09
100 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 7 วัน	11.95	4.06	1.33	60.42	7.89	78.39	3.35	85.87
100 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 14 วัน	9.07	3.63	0.87	74.11	5.43	85.13	2.76	88.36
100 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 21 วัน	6.73	4.82	1.14	66.07	1.91	94.77	3.68	84.48

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

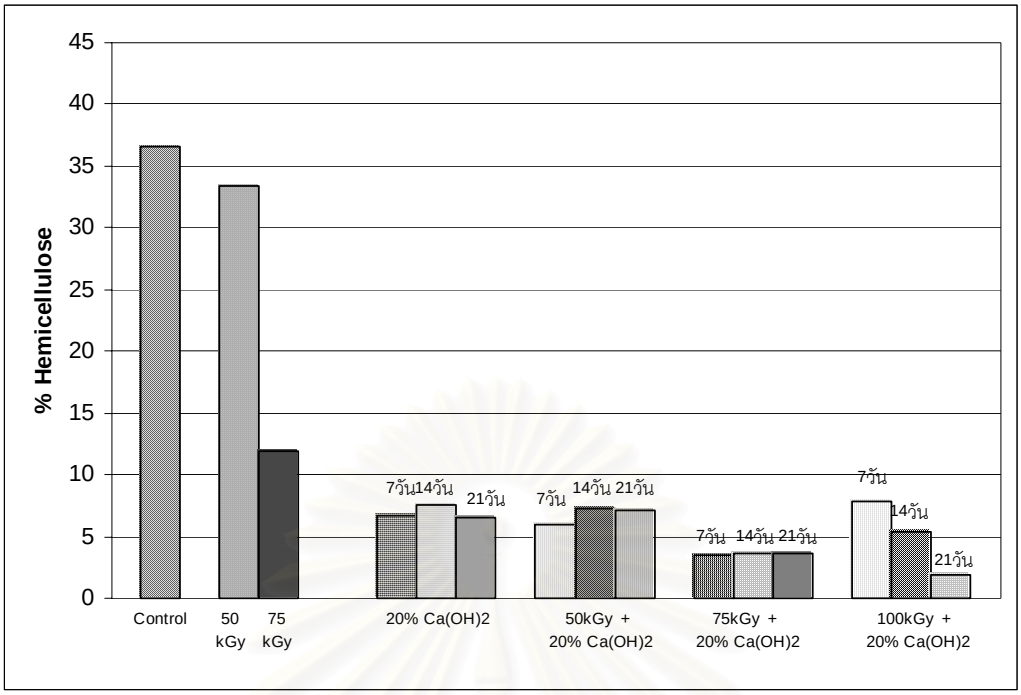
ND = No data



รูปที่ 4.34 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

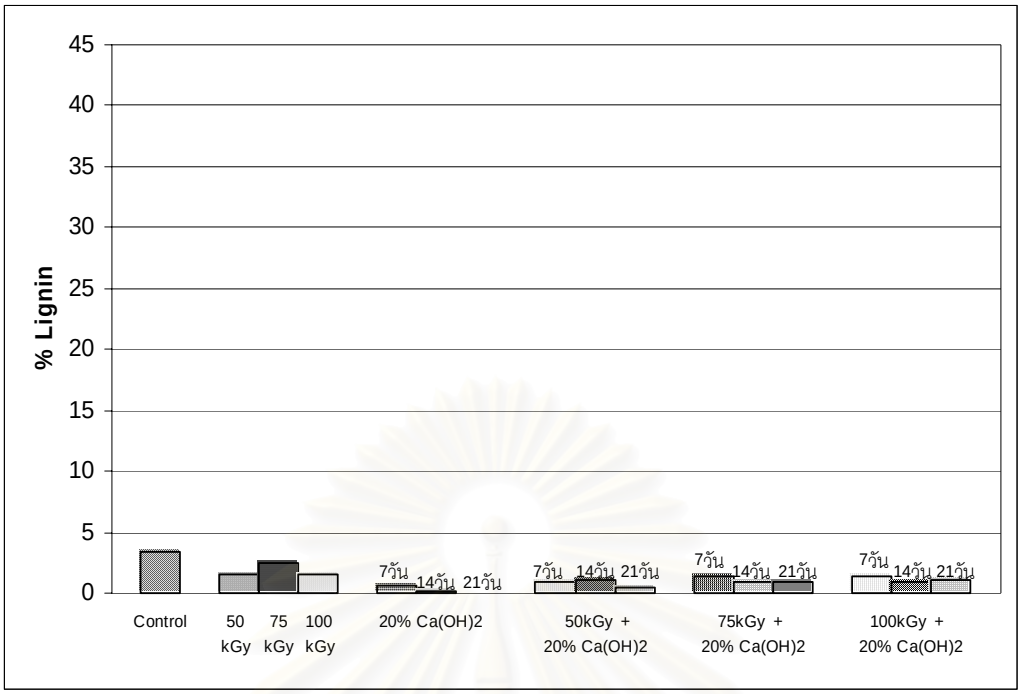
ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้ดีเท่ากับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้มากกว่าการใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 85%



รูปที่ 4.35 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้ดีเท่ากับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ มีแนวโน้มทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสลดลงได้มากกว่าการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เพียงอย่างเดียว คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 85%



รูปที่ 4.36 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณลิกนิน

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว และการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ ทำให้ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพดลดลงได้น้อยกว่าการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เพียงอย่างเดียว

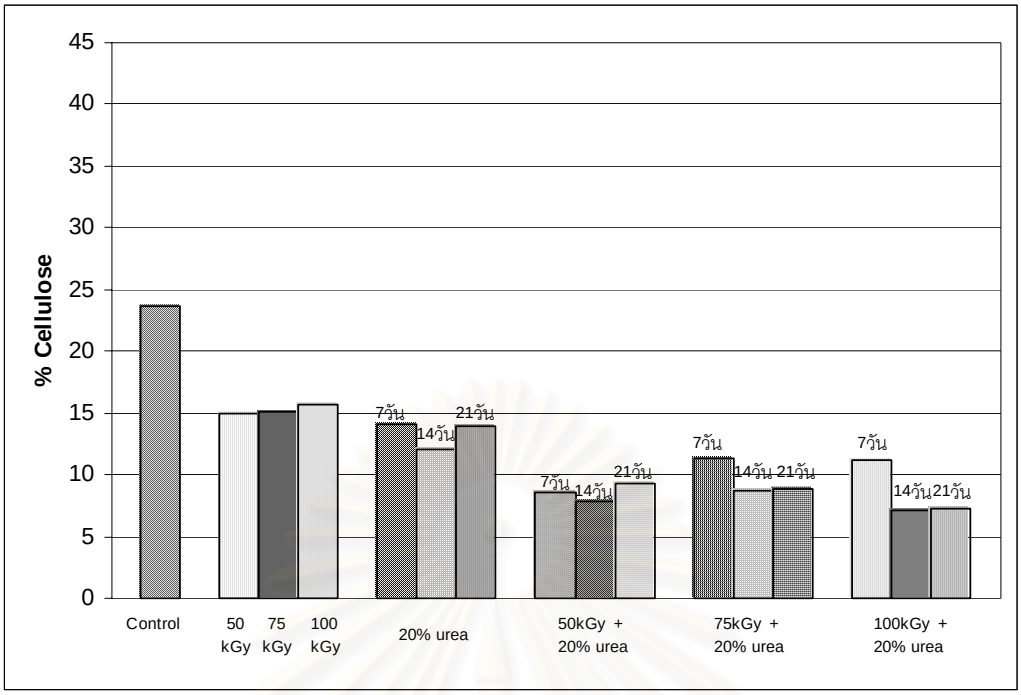
4.2.6 การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย

โดยใช้ปริมาณรังสีแกมมา 50 kGy, 75 kGy และ 100 kGy ร่วมกับ 20% urea แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.37, 4.38, 4.39 และตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณเยื่อใยในซังข้าวโพด เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% urea และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	63.58	27.07	3.36	-	36.51	-	23.71	-
50 kGy	49.72	16.36	1.47	56.25	33.36	8.63	14.89	37.20
75 kGy	29.52	17.58	2.50	25.60	11.94	67.30	15.08	36.40
100 kGy	59.24	17.16	1.48	55.95	42.08	-15.26	15.68	33.87
50 kGy + 20% urea 7 วัน	26.69	10.15	1.62	51.79	16.54	54.70	8.53	64.02
50 kGy + 20% urea 14 วัน	28.35	9.61	1.79	46.73	18.74	48.67	7.82	67.02
50 kGy + 20% urea 21 วัน	27.01	10.97	1.63	51.49	16.04	56.07	9.34	60.61
75 kGy + 20% urea 7 วัน	28.49	12.10	0.80	76.19	16.39	55.11	11.31	52.30
75 kGy + 20% urea 14 วัน	28.18	10.01	1.27	62.20	18.17	50.23	8.74	63.14
75 kGy + 20% urea 21 วัน	24.89	10.53	1.70	49.40	14.37	60.64	8.83	62.76
100 kGy + 20% urea 7 วัน	23.76	13.00	1.87	44.35	10.76	70.53	11.13	53.06
100 kGy + 20% urea 14 วัน	26.67	8.29	1.18	64.88	18.37	49.69	7.11	70.01
100 kGy + 20% urea 21 วัน	22.63	8.94	1.69	49.70	13.69	62.50	7.25	69.42

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

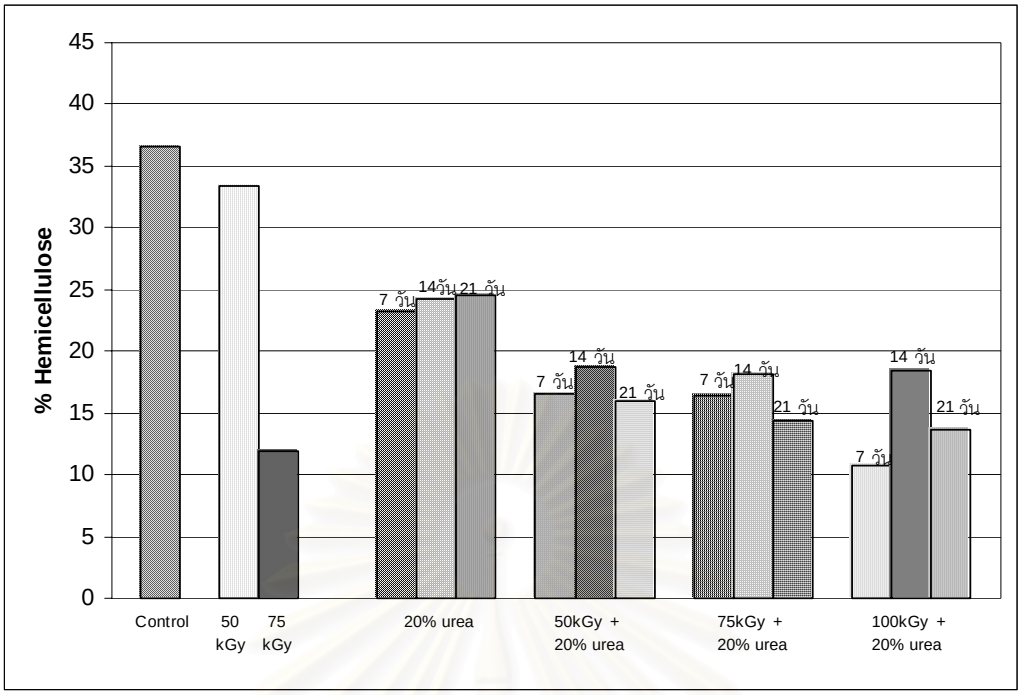


รูปที่ 4.37 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้ดีเท่ากับการย่อยสลายด้วย 20% urea เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้ดีกว่าการใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 60%

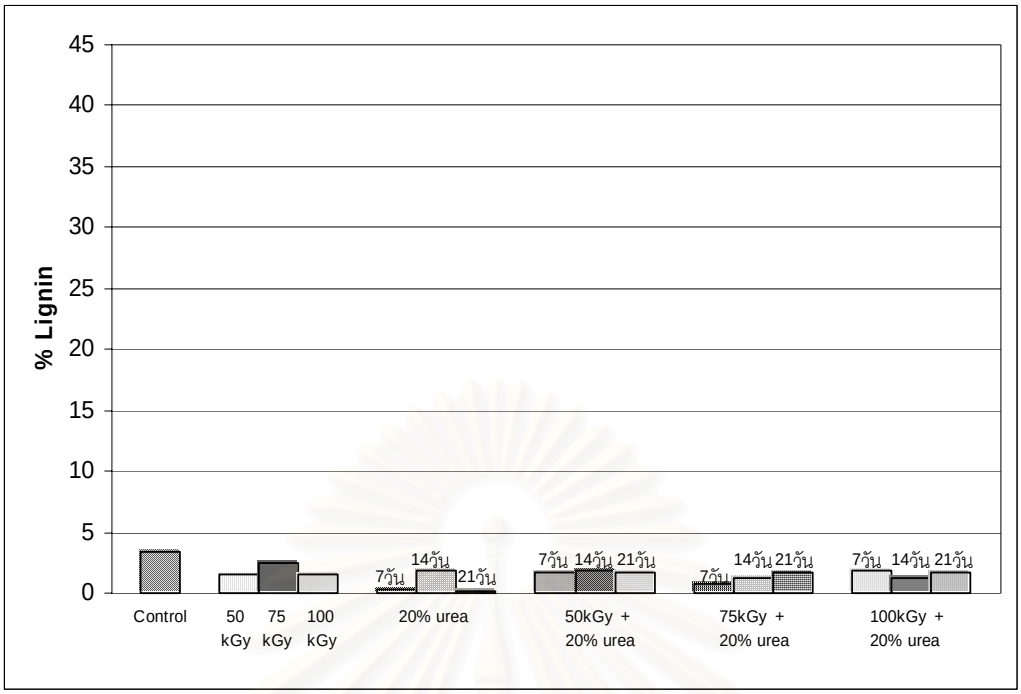
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.38 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา 75 kGy เพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้ดีกว่าย่อยสลายด้วย 20% urea เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea มีแนวโน้มทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพดลดลงได้มากกว่าการย่อยสลายด้วย 20% urea เพียงอย่างเดียว คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 55%



รูปที่ 4.39 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณลิกนิน

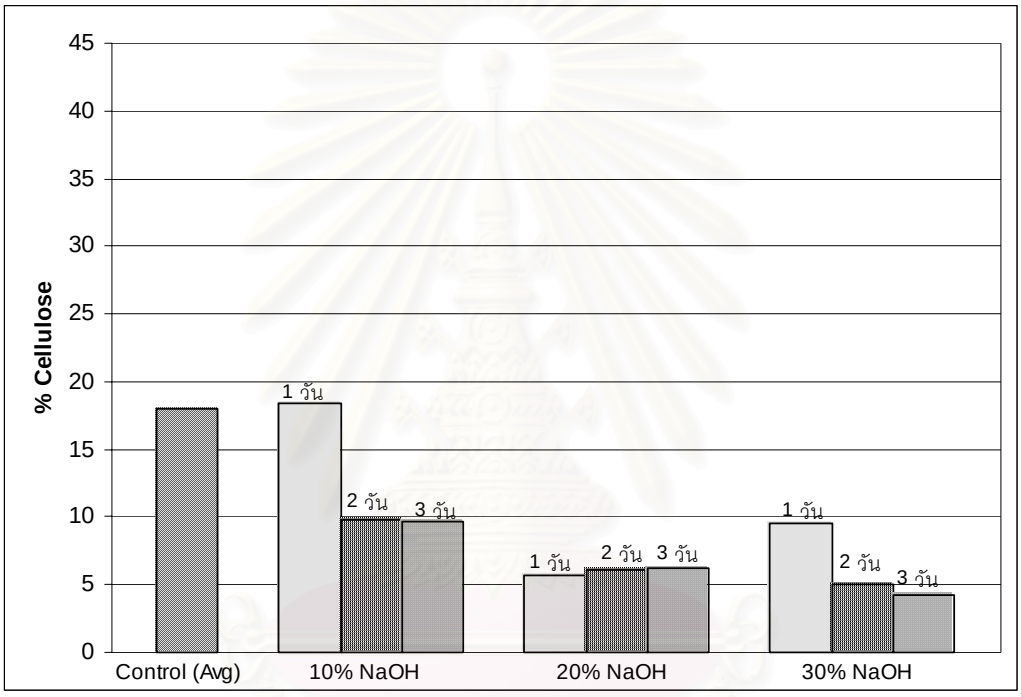
การย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน และ 21 วัน เพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพดลดลงได้ดีกว่าการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียวและการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 90%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 เปลือกมันสำปะหลัง

4.3.1 การย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ และระยะเวลาในการปล่อยตัวอย่างให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงใน รูปที่ 4.40, 4.41, 4.42 และตารางที่ 4.13

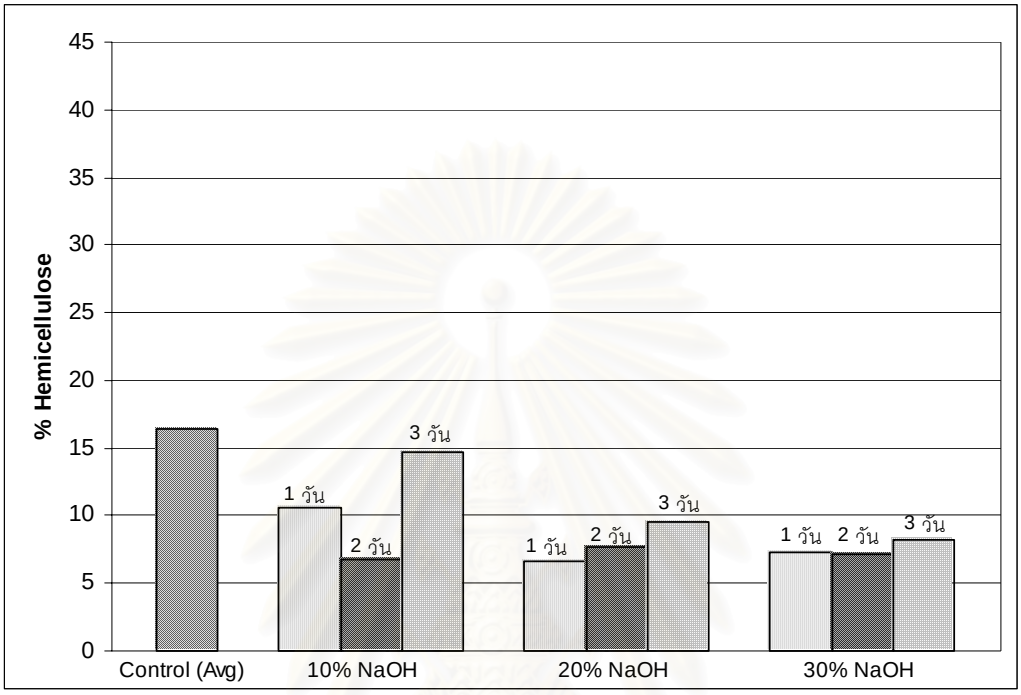


รูปที่ 4.40 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 2 วัน และ 3 วัน เท่ากัน พบว่าปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น และที่ระดับความเข้มข้น 30% NaOH พบว่า ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากขึ้นตามระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่มากขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกมันสำปะหลัง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% NaOH เป็นเวลา 3 วัน คือ ปริมาณเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 4.27% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 76.36%



รูปที่ 4.41 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 3 วัน พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น

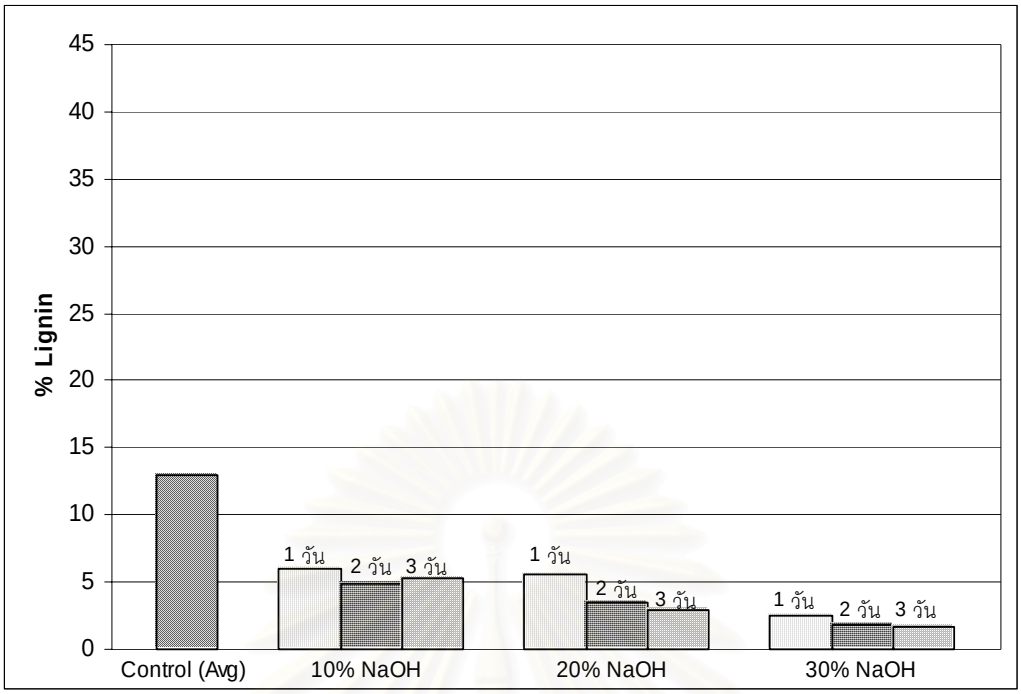
สำหรับการย่อยสลายเปลือกมันสำปะหลัง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน คือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 6.59% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 59.91%

ตารางที่ 4.13 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	46.60	30.16	12.99	-	16.44	-	18.06	-
10% NaOH + 1 วัน	30.14	19.52	5.95	54.20	10.62	35.40	18.36	-1.66
10% NaOH + 2 วัน	21.41	14.73	4.94	61.97	6.69	59.31	9.78	45.85
10% NaOH + 3 วัน	29.29	14.57	5.23	59.74	14.72	10.46	9.61	46.79
20% NaOH + 1 วัน	17.88	11.29	5.63	56.66	6.59	59.91	5.66	68.66
20% NaOH + 2 วัน	17.24	9.57	3.43	73.60	7.67	53.35	6.14	66.00
20% NaOH + 3 วัน	18.15	8.58	2.92	77.52	9.57	41.79	6.21	65.61
30% NaOH + 1 วัน	12.85	5.60	2.44	81.22	7.24	55.96	9.49	47.45
30% NaOH + 2 วัน	13.04	5.90	1.79	86.22	7.14	56.57	5.08	71.87
30% NaOH + 3 วัน	13.98	5.71	1.74	86.61	8.27	49.70	4.27	76.36

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.42 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณลิกนิน

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น และที่ระดับความเข้มข้น 20% NaOH และ 30% NaOH พบว่า ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากขึ้น ตามระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่มากขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกมันสำปะหลัง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณลิกนิน ลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% NaOH เป็นเวลา 3 วัน คือ ปริมาณลิกนินมีค่าเท่ากับ 1.74% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 86.61%

ตารางที่ 4.14 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

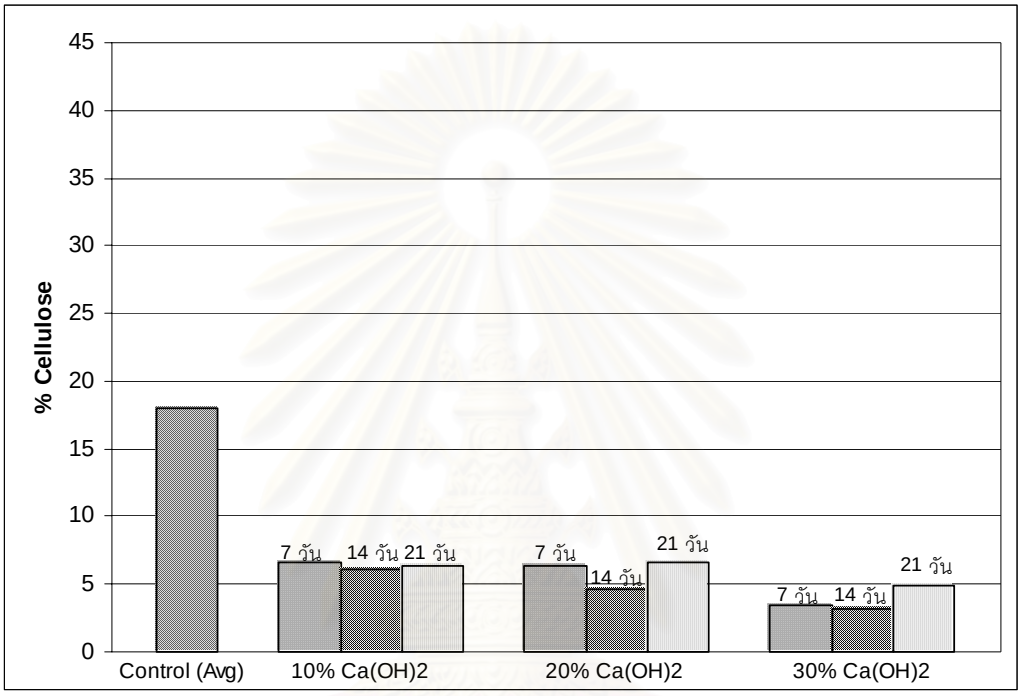
เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	46.60	30.16	12.99	-	16.44	-	18.06	-
10% Ca(OH)2 + 7 วัน	18.48	13.12	6.49	50.04	5.35	67.46	6.64	63.23
10% Ca(OH)2 + 14 วัน	19.25	14.91	8.83	32.02	4.34	73.60	6.08	66.33
10% Ca(OH)2 + 21 วัน	19.15	15.13	8.83	32.02	4.02	75.55	6.29	65.17
20% Ca(OH)2 + 7 วัน	13.37	10.00	3.69	71.59	3.37	79.50	6.31	65.06
20% Ca(OH)2 + 14 วัน	12.03	9.77	5.10	60.74	2.26	86.25	4.67	74.14
20% Ca(OH)2 + 21 วัน	11.33	9.59	2.94	77.37	1.73	89.48	6.65	63.18
30% Ca(OH)2 + 7 วัน	7.53	6.18	2.69	79.29	1.36	91.73	3.49	80.68
30% Ca(OH)2 + 14 วัน	12.60	7.53	4.29	66.97	5.07	69.16	3.24	82.06
30% Ca(OH)2 + 21 วัน	8.71	7.35	2.45	81.14	1.35	91.79	4.90	72.87

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2 การย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

โดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ และระยะเวลาในการปล่อยตัวอย่างให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงใน รูปที่ 4.43, 4.44, 4.45 และตารางที่ 4.14

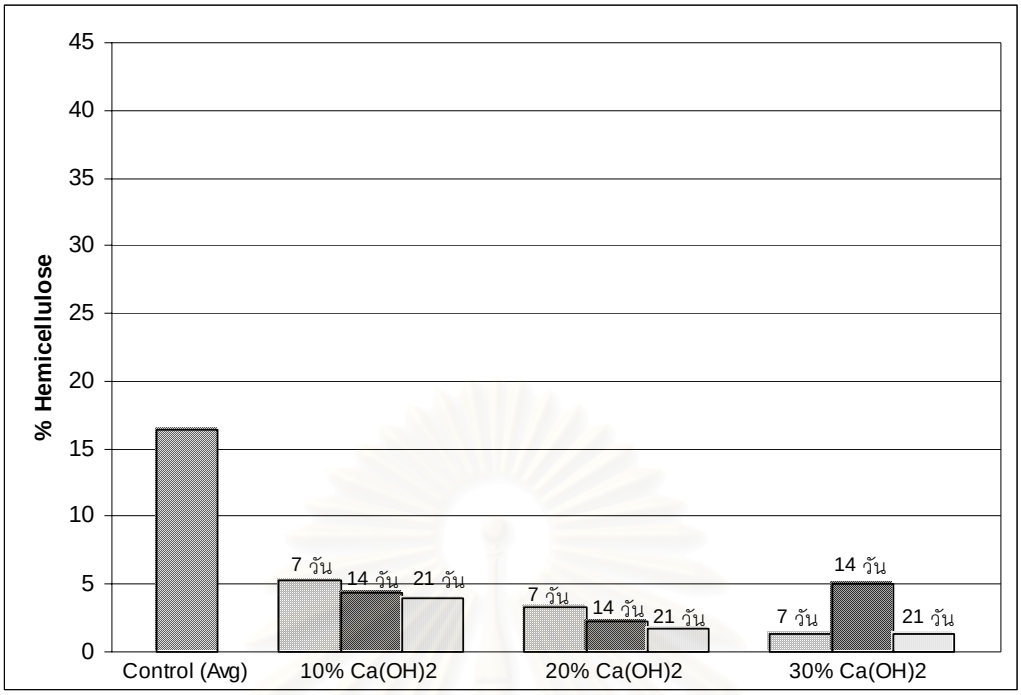


รูปที่ 4.43 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน และ 14 วัน พบว่าปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกมันสำปะหลัง ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 14 วัน คือ ปริมาณเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 3.24% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 82.06%



รูปที่ 4.44 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน และ 21 วัน พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกมันสำปะหลัง ลดลงได้มากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น และที่ระดับความเข้มข้น 10% $Ca(OH)_2$ และ 20% $Ca(OH)_2$ พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากขึ้นตามระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่มากขึ้น

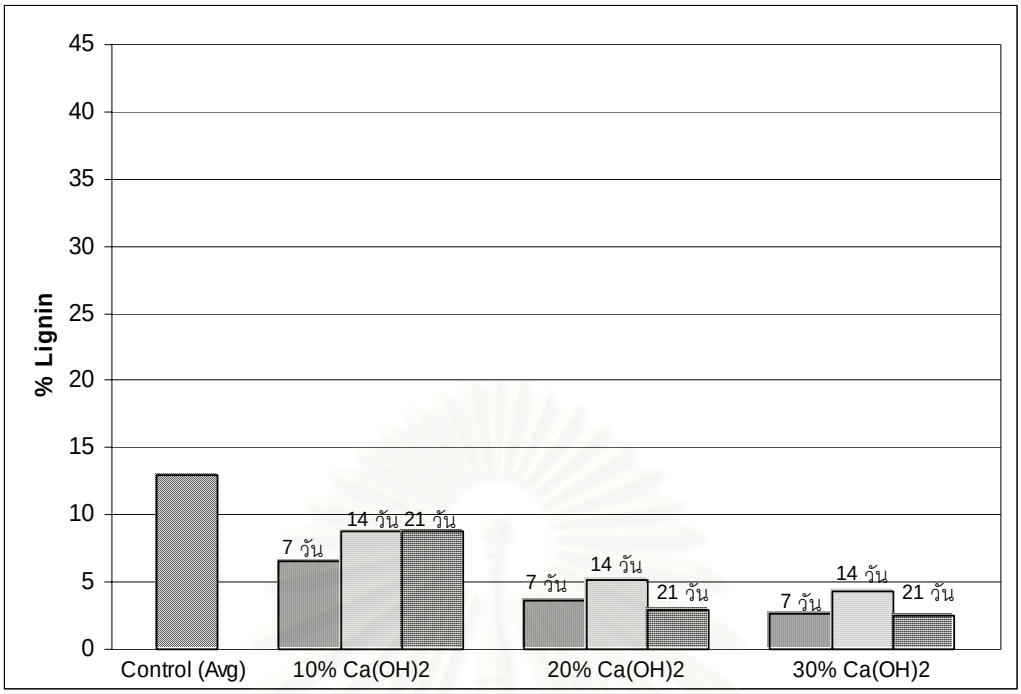
สำหรับการย่อยสลายเปลือกมันสำปะหลัง ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน คือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 1.35% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 91.79%

ตารางที่ 4.15 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรียและเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	46.60	30.16	12.99	-	16.44	-	18.06	-
10% urea + 7 วัน	44.03	27.11	12.08	7.01	16.92	-2.92	15.03	16.78
10% urea + 14 วัน	44.24	26.70	12.64	2.69	17.54	-6.69	14.06	22.15
10% urea + 21 วัน	44.65	27.51	12.98	0.08	17.14	-4.26	14.52	19.60
20% urea + 7 วัน	30.00	19.43	7.88	39.34	10.56	35.77	11.55	36.05
20% urea + 14 วัน	26.90	18.65	10.45	19.55	8.25	49.82	8.20	54.60
20% urea + 21 วัน	31.12	19.56	8.51	34.49	11.57	29.62	11.05	38.82
30% urea + 7 วัน	22.55	14.24	6.12	52.89	8.31	49.45	8.12	55.04
30% urea + 14 วัน	21.53	14.42	8.54	34.26	7.11	56.75	5.88	67.44
30% urea + 21 วัน	20.24	13.70	7.88	39.34	6.54	60.22	5.82	67.77

หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.45 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

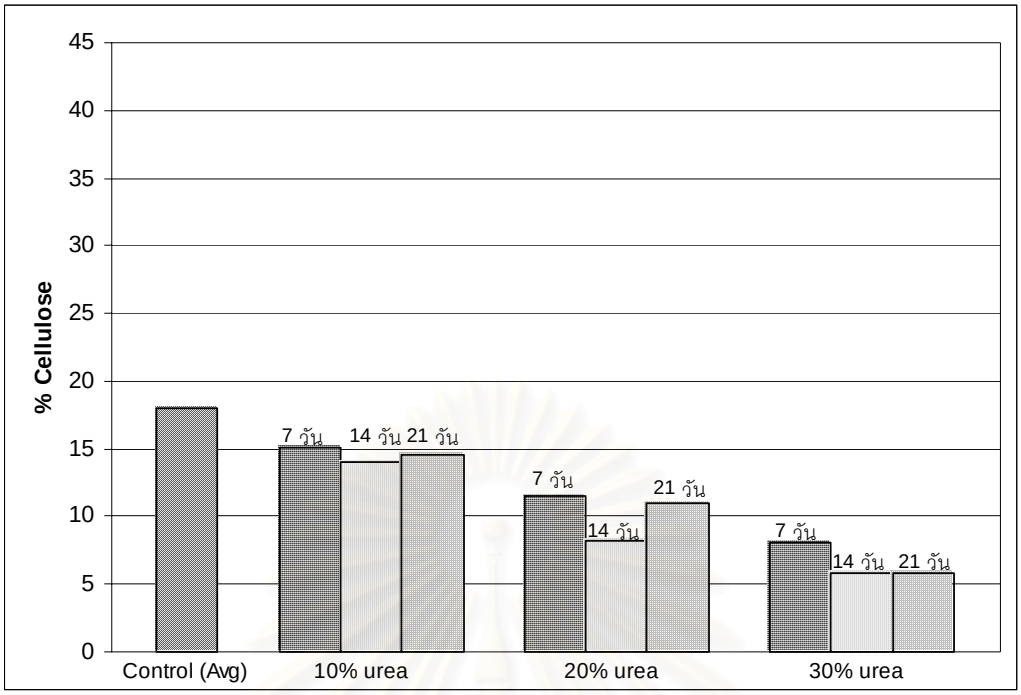
ปริมาณลิกนิน

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลัง ลดลงได้มากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกมันสำปะหลัง ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณลิกนิน ลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน คือ ปริมาณลิกนินมีค่าเท่ากับ 2.45% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 81.14%

4.3.3 การย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย

โดยใช้สารละลายยูเรียความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ และระยะเวลาในการปล่อยตัวอย่างให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงใน รูปที่ 4.46, 4.47, 4.48 และตารางที่ 4.15

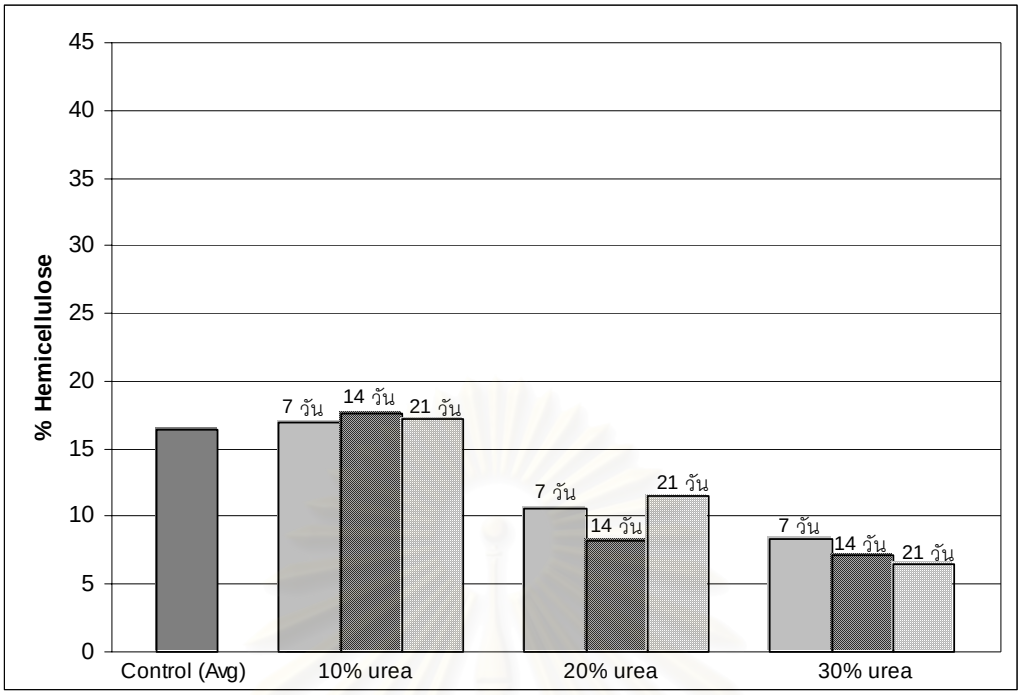


รูปที่ 4.46 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ลดลงได้มากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่เพิ่มขึ้น และที่ระดับความเข้มข้น 30% urea พบว่า ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากขึ้นตามระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่มากขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกมันสำปะหลังด้วยสารละลายยูเรีย ปริมาณเซลลูโลสลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% urea เป็นเวลา 21 วัน คือ ปริมาณเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 5.82% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 67.77%



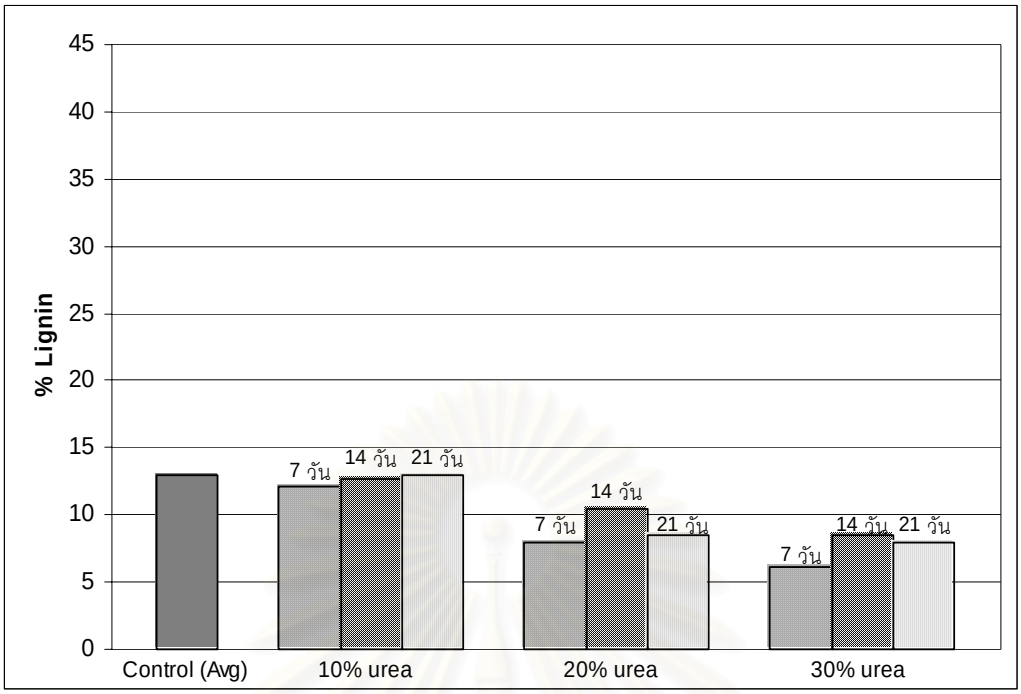
รูปที่ 4.47 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

เมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้น 30% urea พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากขึ้นตามระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่มากขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกมันสำปะหลังด้วยสารละลายยูเรีย ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% urea เป็นเวลา 21 วัน คือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 6.54% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 60.22%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.48 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลัง ที่ผ่านกระบวนการปล่อยให้ย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย ที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลาย 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณลิกนิน

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการปล่อยให้ย่อยสลายที่เท่ากัน พบว่า ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการย่อยสลายเปลือกมันสำปะหลังด้วยสารละลายยูเรีย ปริมาณลิกนินลดลงได้มากที่สุด เมื่อย่อยสลายด้วย 30% urea เป็นเวลา 7 วัน คือ ปริมาณลิกนินมีค่าเท่ากับ 6.12% คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลง 52.89%

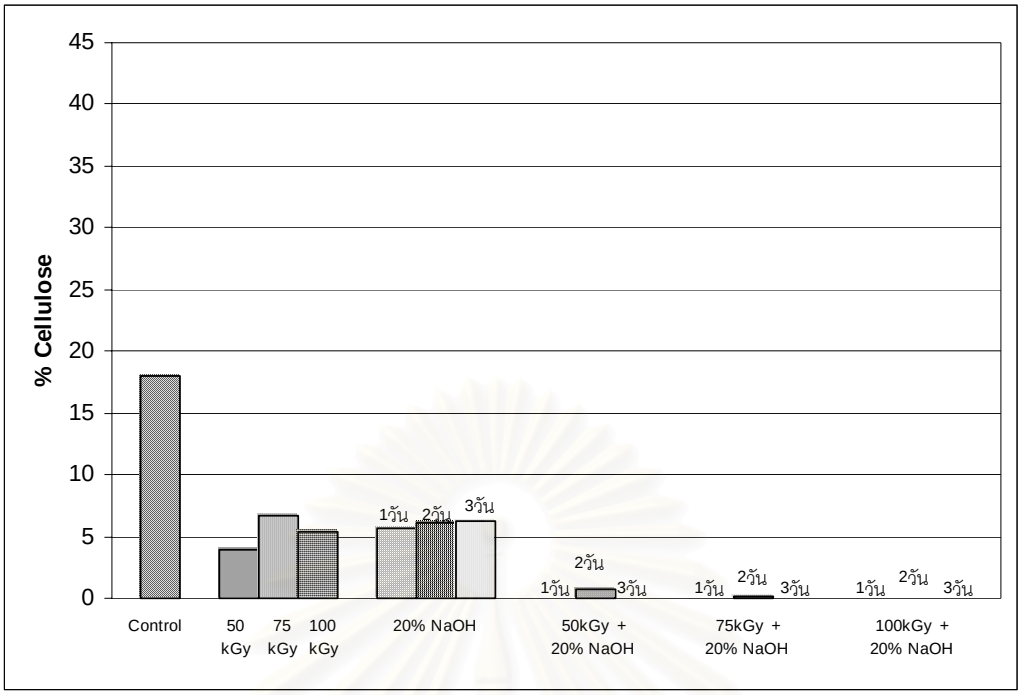
4.3.4 การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

โดยใช้ปริมาณรังสีแกมมา 50 kGy, 75 kGy และ 100 kGy ร่วมกับ 20% NaOH แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.49, 4.50, 4.51 และตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% NaOH และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	46.60	30.16	12.99	-	16.44	-	18.06	-
50 kGy	28.50	9.81	5.92	54.43	18.69	-13.69	3.89	78.46
75 kGy	33.16	11.86	8.02	38.26	21.31	-29.62	6.67	63.07
100 kGy	32.06	12.07	8.14	37.34	19.98	-21.53	5.34	70.43
50 kGy + 20% NaOH 1 วัน	10.50	3.68	5.16	60.28	6.83	58.45	0.00	100.00
50 kGy + 20% NaOH 2 วัน	12.56	4.69	5.30	59.20	7.87	52.13	0.68	96.23
50 kGy + 20% NaOH 3 วัน	6.34	0.43	3.01	76.83	5.90	64.11	0.00	100.00
75 kGy + 20% NaOH 1 วัน	6.82	3.15	3.98	69.36	3.67	77.68	0.00	100.00
75 kGy + 20% NaOH 2 วัน	10.53	3.46	4.17	67.90	7.07	57.00	0.16	99.11
75 kGy + 20% NaOH 3 วัน	9.05	3.50	3.89	70.05	5.55	66.24	0.00	100.00
100 kGy + 20% NaOH 1 วัน	7.06	2.84	3.53	72.83	4.22	74.33	0.00	100.00
100 kGy + 20% NaOH 2 วัน	12.05	4.13	4.69	63.90	7.92	51.82	0.04	99.78
100 kGy + 20% NaOH 3 วัน	9.72	2.78	4.41	66.05	6.94	57.79	0.00	100.00

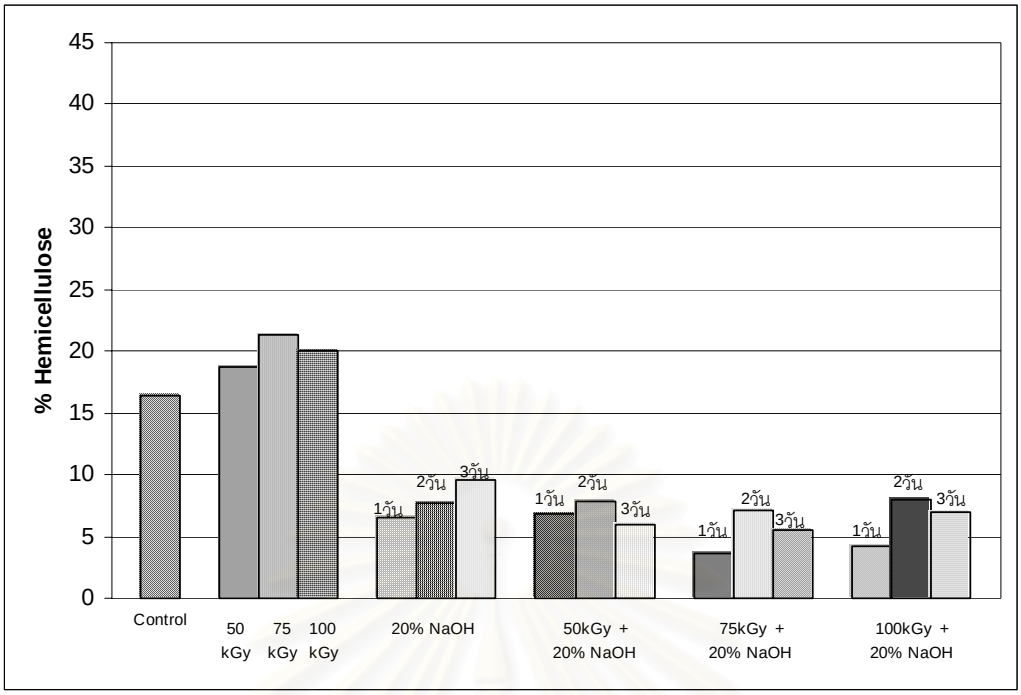
หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง



รูปที่ 4.49 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

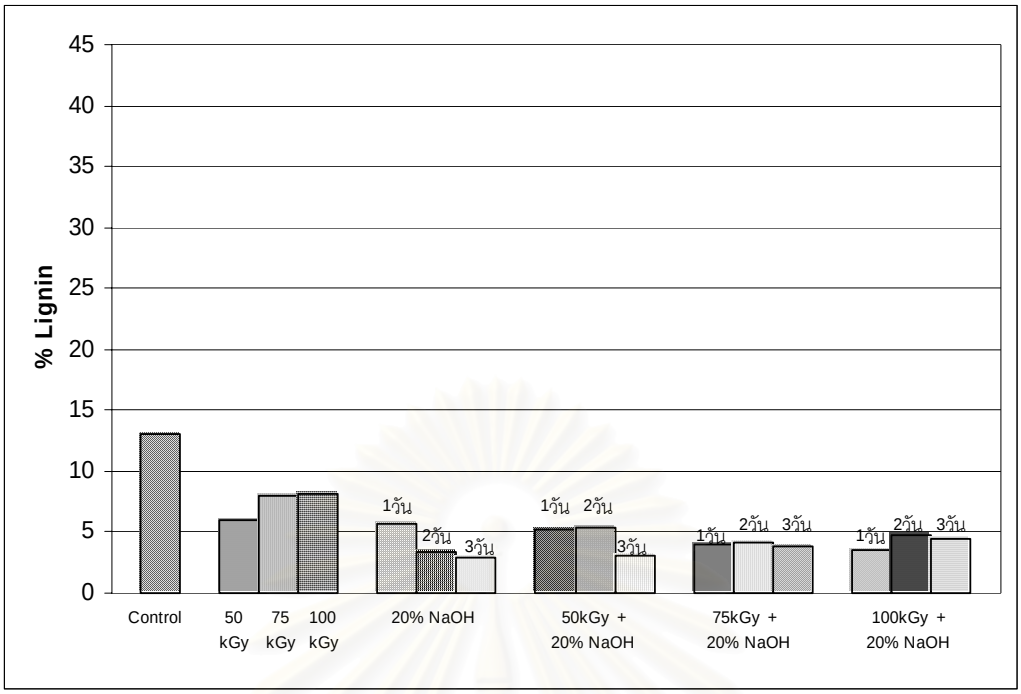
ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy เพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้ใกล้เคียงกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากกว่าการใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 100%



รูปที่ 4.50 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว ไม่ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH มีแนวโน้มทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้ดีกว่าการใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 60%



รูปที่ 4.51 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน

ปริมาณลิกนิน

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้ดีเท่ากับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH ทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้ใกล้เคียงกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เพียงอย่างเดียว คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 70%

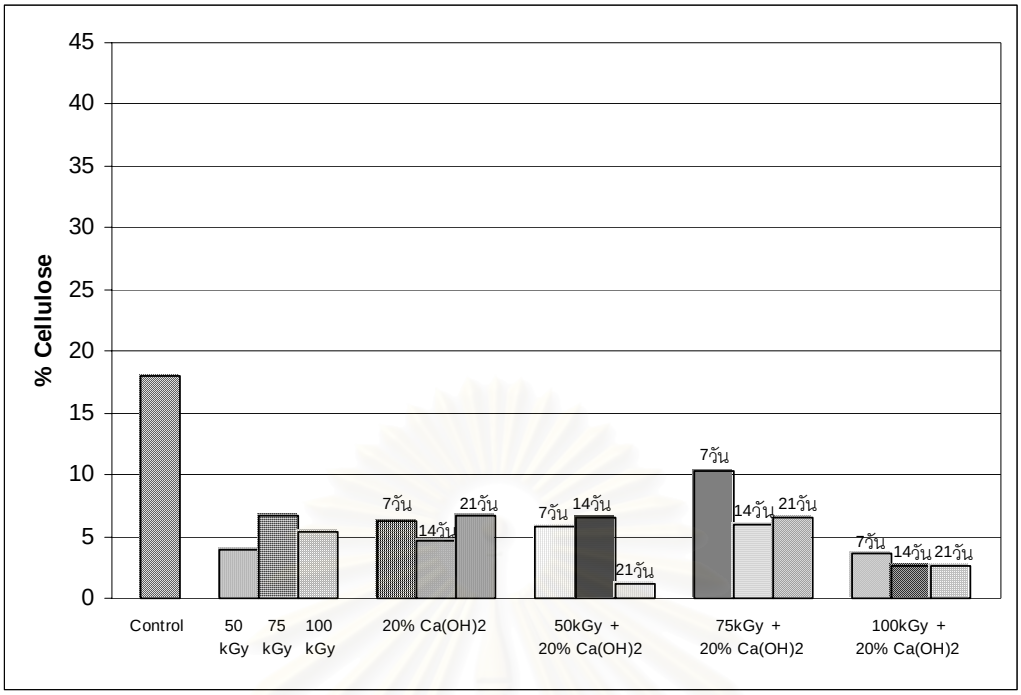
4.3.5 การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

โดยใช้ปริมาณรังสีแกมมา 50 kGy, 75 kGy และ 100 kGy ร่วมกับ 20% $Ca(OH)_2$ แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.52, 4.53, 4.54 และตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	46.60	30.16	12.99	-	16.44	-	18.06	-
50 kGy	28.50	9.81	5.92	54.43	18.69	-13.69	3.89	78.46
75 kGy	33.16	11.86	8.02	38.26	21.31	-29.62	6.67	63.07
100 kGy	32.06	12.07	8.14	37.34	19.98	-21.53	5.34	70.43
50 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 7 วัน	1.96	8.97	3.22	75.21	0.00	100.00	5.74	68.22
50 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 14 วัน	3.98	10.92	4.35	66.51	0.00	100.00	6.57	63.62
50 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 21 วัน	2.86	3.73	2.64	79.68	0.00	100.00	1.09	93.96
75 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 7 วัน	9.25	10.60	5.60	56.89	0.00	100.00	10.37	42.58
75 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 14 วัน	1.81	9.00	3.02	76.75	0.00	100.00	5.98	66.89
75 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 21 วัน	1.51	9.26	2.69	79.29	0.00	100.00	6.56	63.68
100 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 7 วัน	6.38	8.10	4.49	65.43	0.00	100.00	3.61	80.01
100 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 14 วัน	4.62	6.45	3.81	70.67	0.00	100.00	2.63	85.44
100 kGy + 20% $Ca(OH)_2$ 21 วัน	3.42	6.15	3.48	73.21	0.00	100.00	2.67	85.22

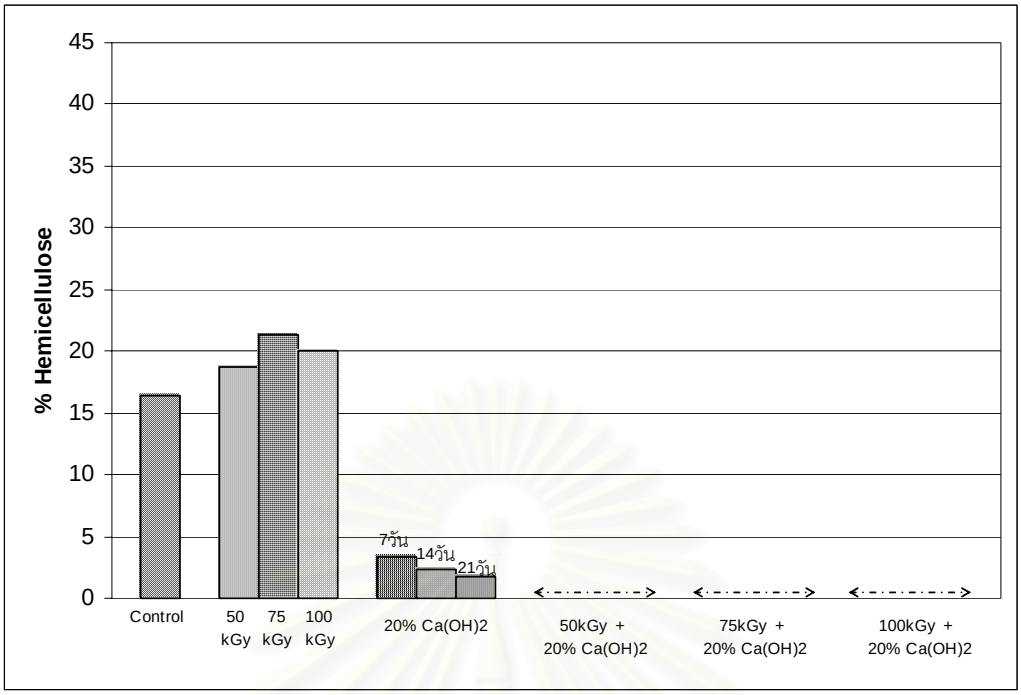
หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง



รูปที่ 4.52 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้ใกล้เคียงกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า ตัวอย่างที่ฉายรังสี 50 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน และตัวอย่างที่ฉายรังสี 100 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้ดีกว่าการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เพียงอย่างเดียว คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 90%

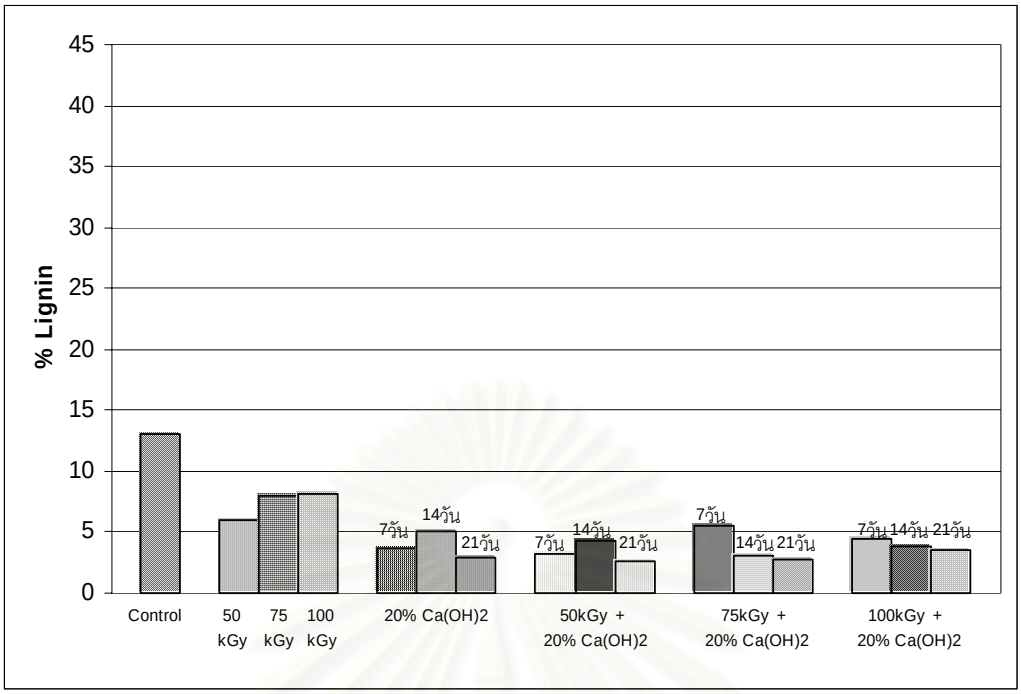


รูปที่ 4.53 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว ไม่ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกมันสำปะหลังลดลงหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.54 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณลิกนิน

ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้ดีเท่ากับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ ทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้ใกล้เคียงกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เพียงอย่างเดียว คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 70%

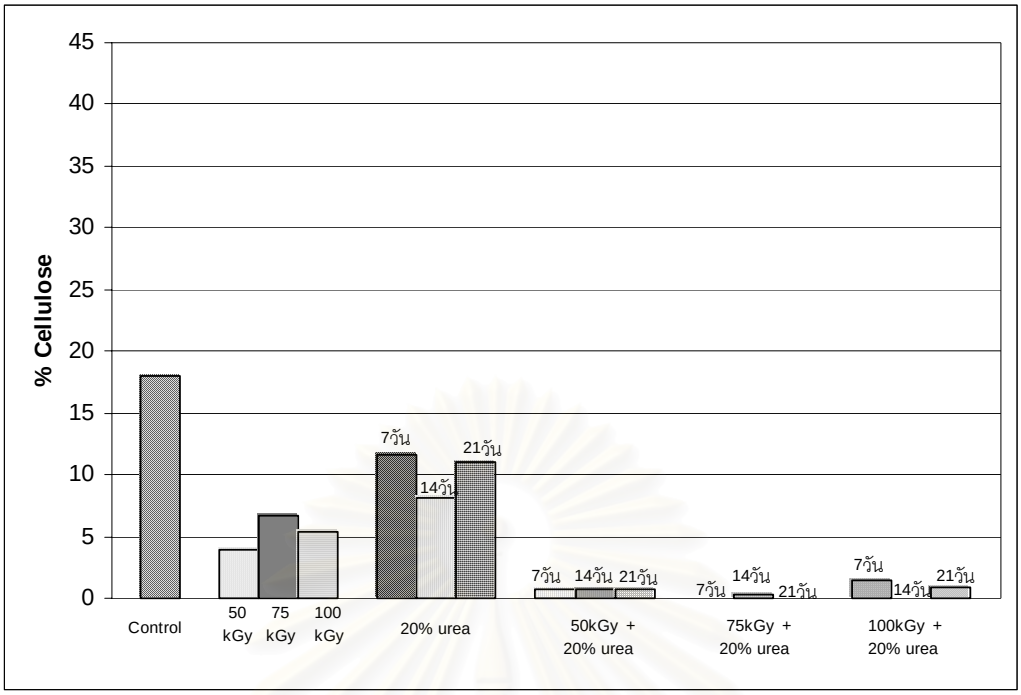
4.3.6 การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารละลายยูเรีย

โดยใช้ปริมาณรังสีแกมมา 50 kGy, 75 kGy และ 100 kGy ร่วมกับ 20% urea แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 4.55, 4.56, 4.57 และตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ปริมาณเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการปล่อยให้ย่อยสลายด้วย 20% urea และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

เงื่อนไขในการย่อยสลาย	% NDF	% ADF	% Lignin	Decreasing of Lignin (%)	% Hemicellulose	Decreasing of Hemicellulose (%)	% Cellulose	Decreasing of Cellulose (%)
Control (Avg)	46.60	30.16	12.99	-	16.44	-	18.06	-
50 kGy	28.50	9.81	5.92	54.43	18.69	-13.69	3.89	78.46
75 kGy	33.16	11.86	8.02	38.26	21.31	-29.62	6.67	63.07
100 kGy	32.06	12.07	8.14	37.34	19.98	-21.53	5.34	70.43
50 kGy + 20% urea 7 วัน	21.98	9.23	8.53	34.33	12.75	22.45	0.70	96.12
50 kGy + 20% urea 14 วัน	26.09	9.86	9.38	27.79	16.23	1.28	0.79	95.63
50 kGy + 20% urea 21 วัน	17.27	9.80	9.01	30.64	7.47	54.56	0.79	95.63
75 kGy + 20% urea 7 วัน	19.52	5.99	6.91	46.81	13.53	17.70	0.00	100.00
75 kGy + 20% urea 14 วัน	25.76	6.49	6.25	51.89	19.27	-17.21	0.24	98.67
75 kGy + 20% urea 21 วัน	23.76	5.83	6.55	49.58	17.93	-9.06	0.00	100.00
100 kGy + 20% urea 7 วัน	24.68	10.23	8.85	31.87	14.46	12.04	1.38	92.36
100 kGy + 20% urea 14 วัน	24.72	10.34	11.47	11.70	14.38	12.53	0.00	100.00
100 kGy + 20% urea 21 วัน	23.61	10.24	9.44	27.33	13.36	18.73	0.81	95.51

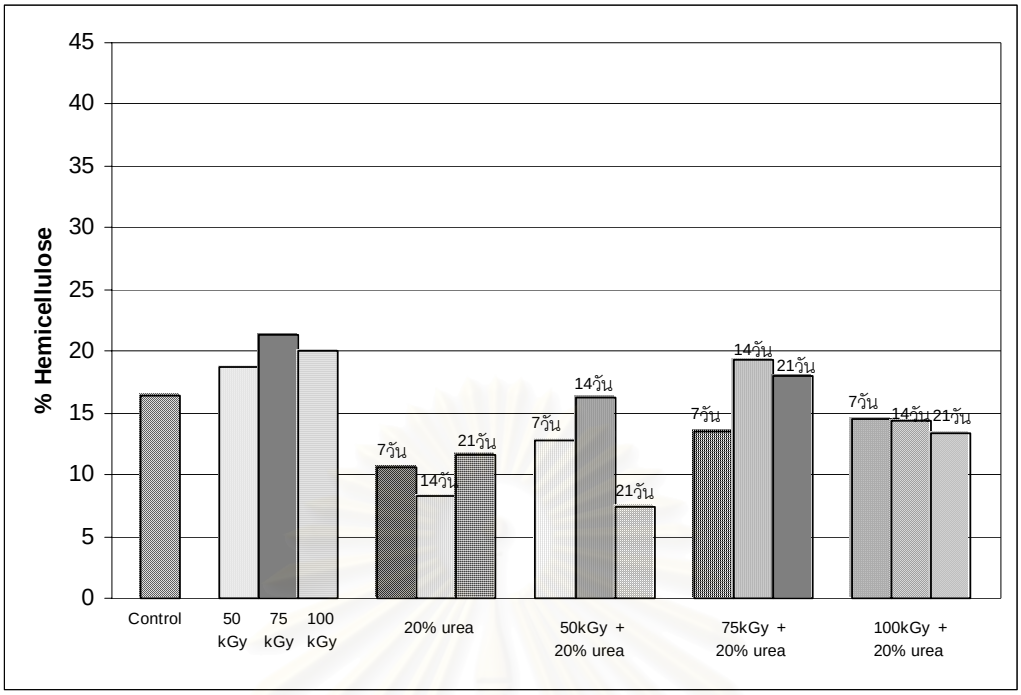
หมายเหตุ : ค่าในตารางเป็นค่าที่คิดต่อ %วัตถุแห้ง



รูปที่ 4.55 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเซลลูโลส

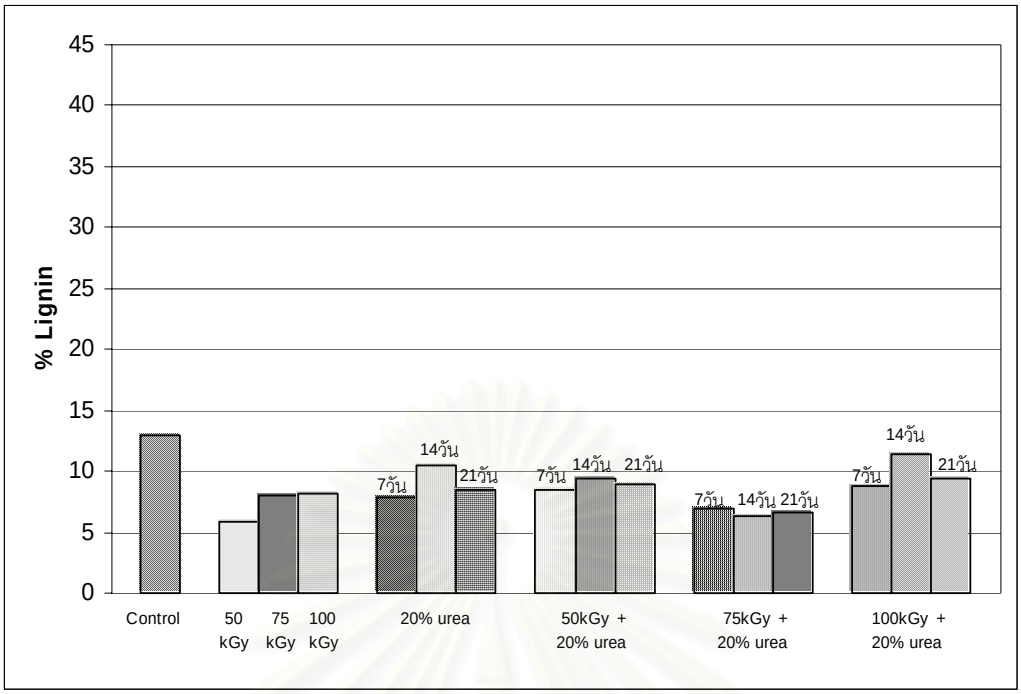
ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากกว่าการย่อยสลายด้วย 20% urea เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea ทำให้ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากกว่าการใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 95%



รูปที่ 4.56 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณเฮมิเซลลูโลส

การฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกมันสำปะหลังลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสี 50 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 21 วัน ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากที่สุด และลดลงได้มากกว่าการใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 55%



รูปที่ 4.57 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา กระบวนการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน และกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

ปริมาณลิกนิน

การฉายรังสีแกมมา 50 kGy เพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากกว่าการย่อยสลายด้วย 20% urea เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทั้งสองกระบวนการร่วมกัน พบว่า การฉายรังสีแกมมา 75 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% urea เป็นเวลา 14 วัน ทำให้ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังลดลงได้มากกว่าการย่อยสลายด้วย 20% urea เพียงอย่างเดียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ในโมเลกุลของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เป็นสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ โดยเซลลูโลส ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสมาต่อกัน ส่วนเฮมิเซลลูโลส ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลหลายชนิดมาเกาะติดกัน การย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ให้มีขนาดเล็กลงทำให้คุณค่าทางโภชนะของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้น

จากการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย่อยสลายโมเลกุลของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเปลือกถั่วลิสง ซังข้าวโพด และเปลือกมันสำปะหลัง ดังรูปที่ 5.1 – รูปที่ 5.3 พบว่า ตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด มีศักยภาพพอ ๆ กัน ที่จะนำมาย่อยสลายให้มีโมเลกุลเล็กลงเพื่อนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ สำหรับตัวอย่างเปลือกถั่วลิสง และเปลือกมันสำปะหลัง ซึ่งมีปริมาณเยื่อใยประมาณ 50% เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการย่อยสลายเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง คือ การย่อยสลายด้วย 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน ทำให้ปริมาณเยื่อใยในตัวอย่างทั้งสองลดลงได้ประมาณ 80% ซึ่งปริมาณเยื่อใยที่ลดลงนี้จะเปลี่ยนไปเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ซึ่งสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

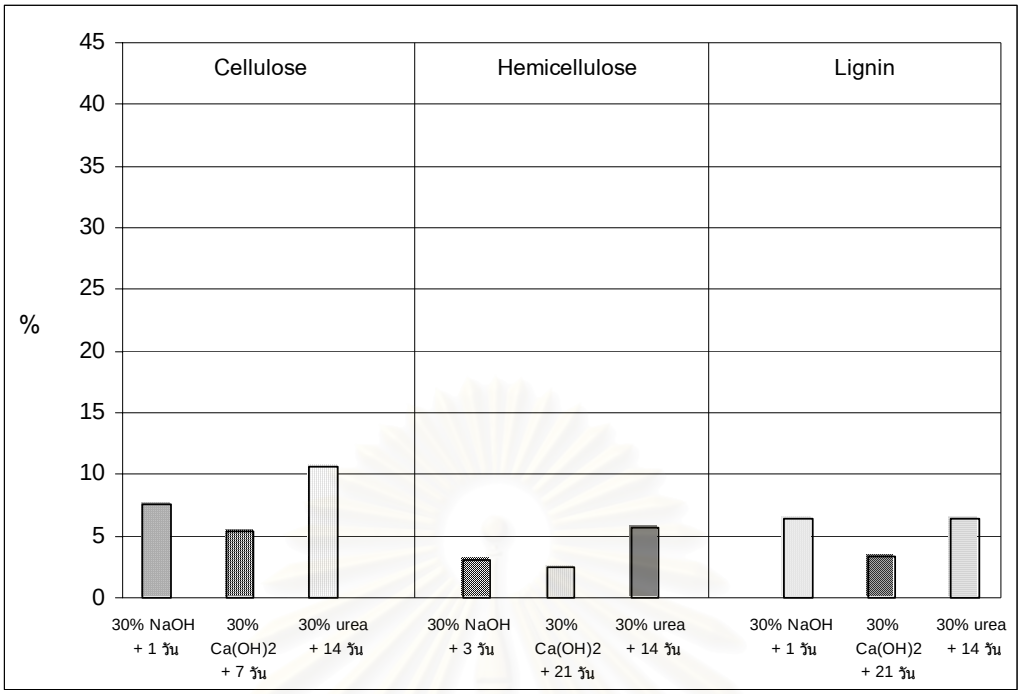
สำหรับตัวอย่างซังข้าวโพด มีปริมาณเยื่อใยประมาณ 65% เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการย่อยสลายเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ให้มีขนาดเล็กลง คือ 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน ซึ่งทำให้ปริมาณเยื่อใยลดลงได้ประมาณ 85%

ถ้าใช้กระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี ดังรูปที่ 5.4 – รูปที่ 5.12 พบว่า ในตัวอย่างเปลือกมันสำปะหลัง และซังข้าวโพด การฉายรังสีแกมมา 50-100 kGy และ 75-100 kGy ตามลำดับ ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 7 วัน และ 7-21 วัน ตามลำดับ สามารถย่อยสลายเยื่อใยได้ประมาณ 90% ส่วนในตัวอย่างเปลือกถั่วลิสง การฉายรังสีแกมมา 75-100 kGy ร่วมกับการย่อยสลายด้วย 20% NaOH เป็นเวลา 2-3 วัน สามารถย่อยสลายเยื่อใยได้ประมาณ 85% ซึ่งสามารถย่อยสลายเยื่อใยได้มากกว่าการใช้ 30% $Ca(OH)_2$ แต่ถ้าพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการฉายรังสี ซึ่งมีราคาแพงเมื่อเทียบกับปริมาณเยื่อใยที่ลดลงได้มากขึ้นประมาณ 5% ดังนั้น เงื่อนไขที่ดีที่สุดและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ในการย่อยสลายเยื่อใยในเปลือกถั่วลิสง ซังข้าวโพด และเปลือกมันสำปะหลัง คือ 30% $Ca(OH)_2$ เป็นเวลา 21 วัน 21 วัน และ 7 วัน ตามลำดับ

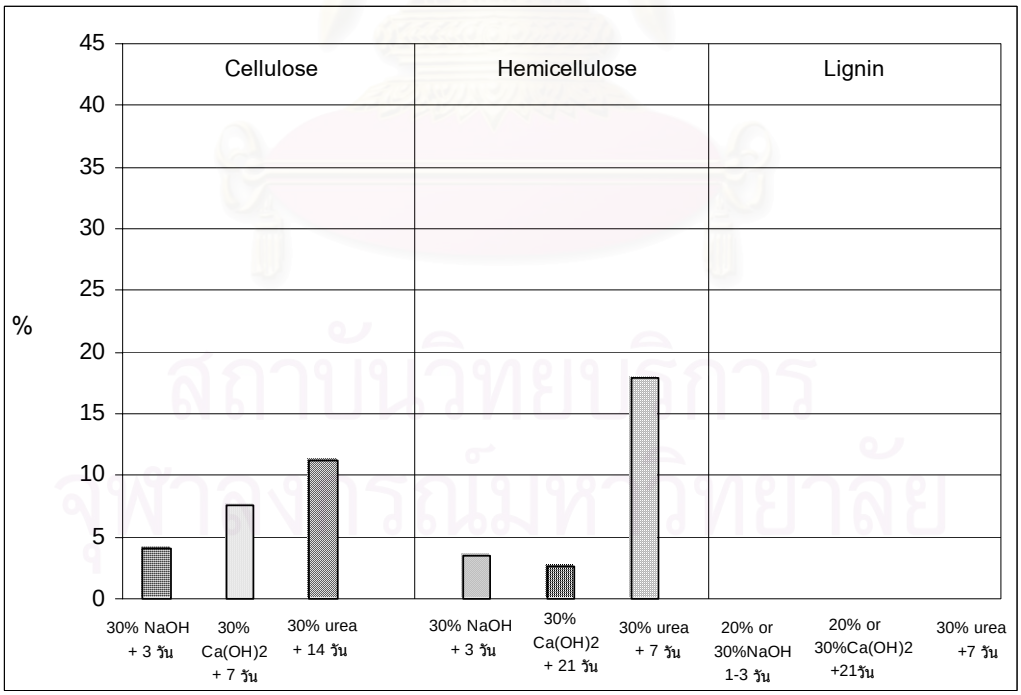
5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดลองหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการย่อยสลายโมเลกุลของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ เช่น กากปาล์มน้ำมัน กากเมล็ดดอกทานตะวัน เปลือกสับปะรด

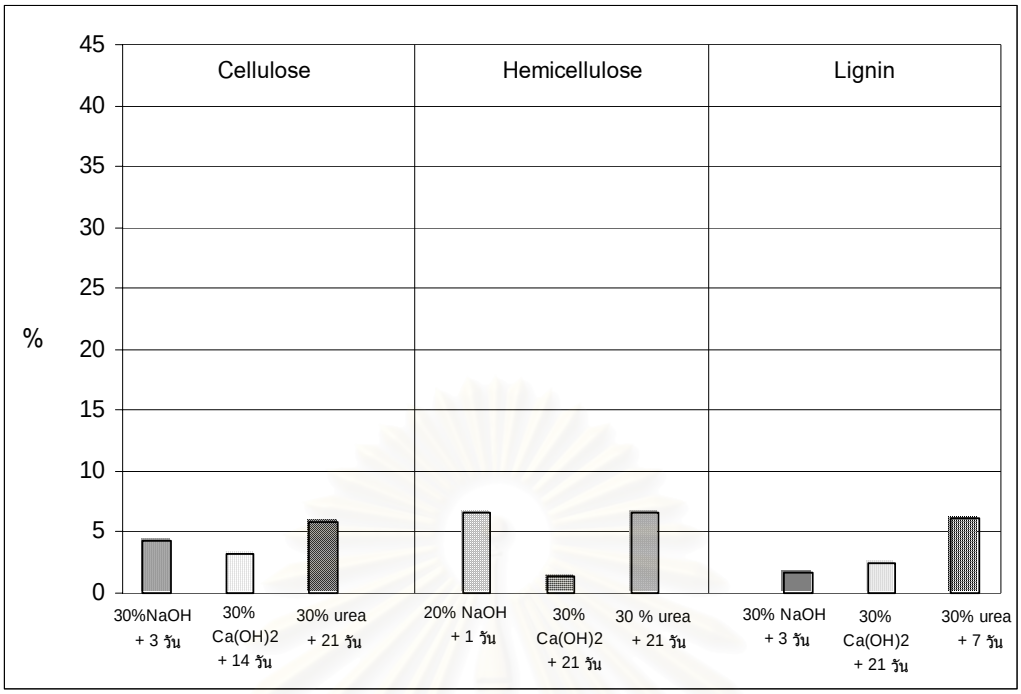
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



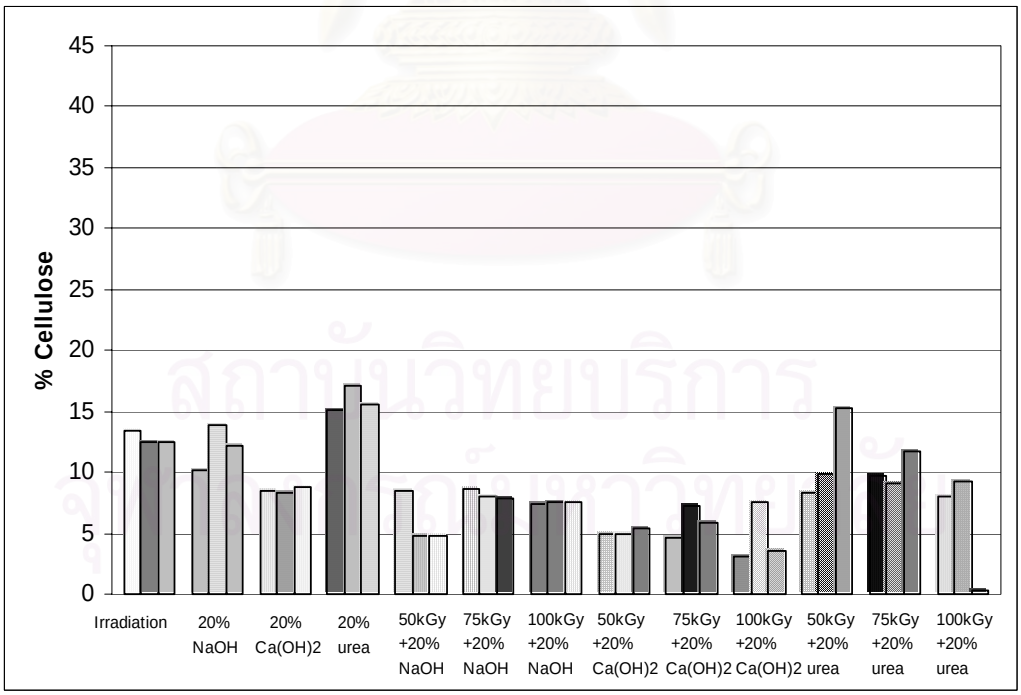
รูปที่ 5.1 เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการย่อยสลายเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเปลือกถั่วลิสง ด้วยสารเคมี



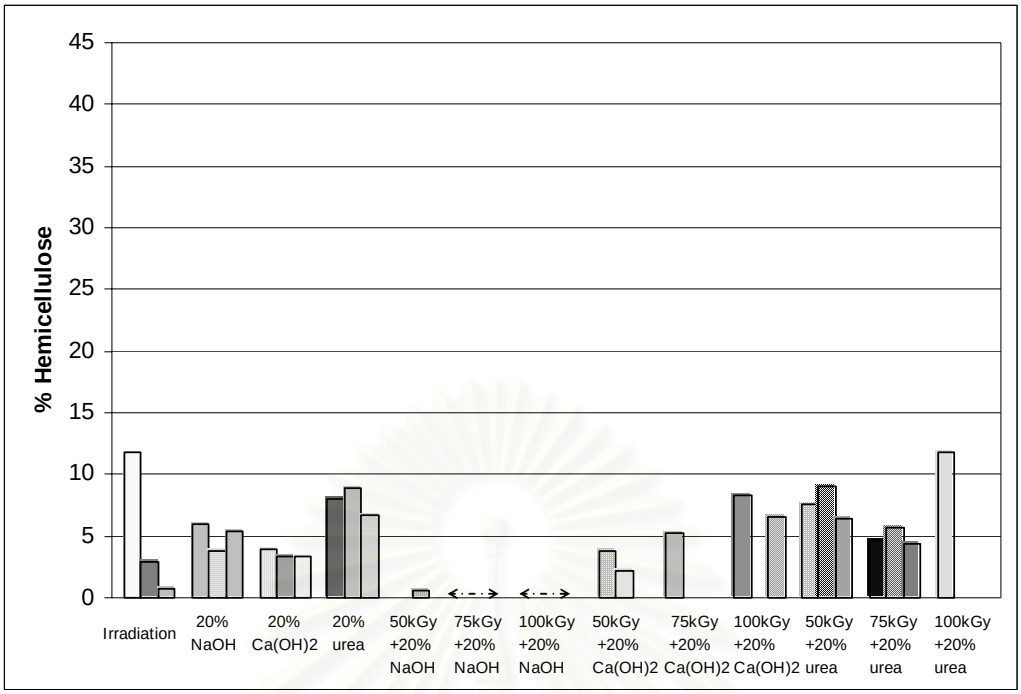
รูปที่ 5.2 เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการย่อยสลายเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในซังข้าวโพด ด้วยสารเคมี



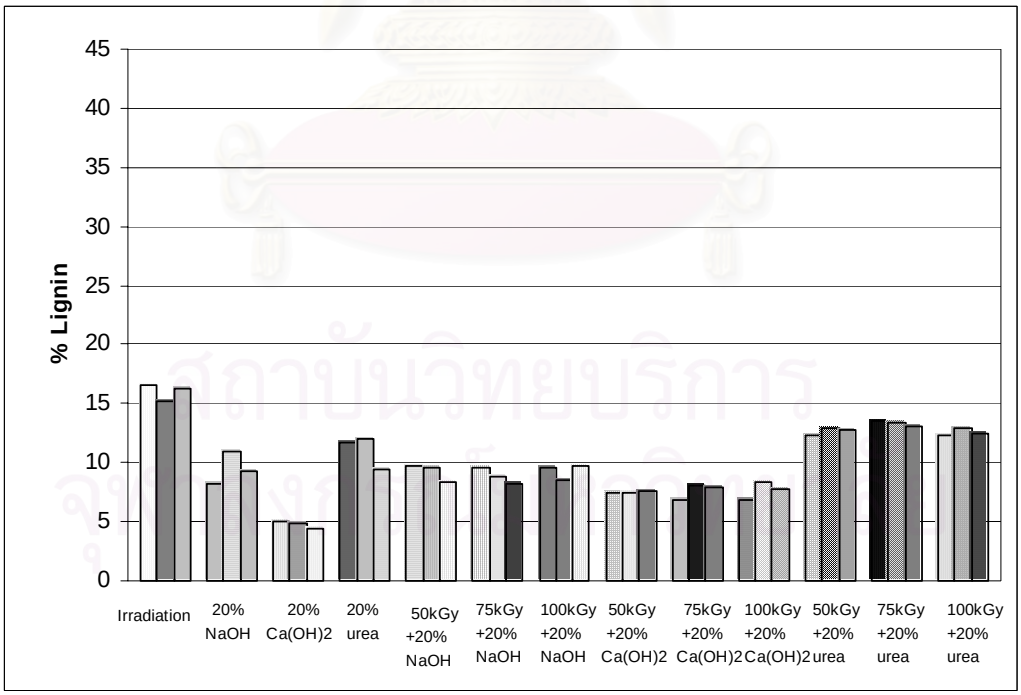
รูปที่ 5.3 เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการย่อยสลายเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในเปลือกมันสำปะหลัง ด้วยสารเคมี



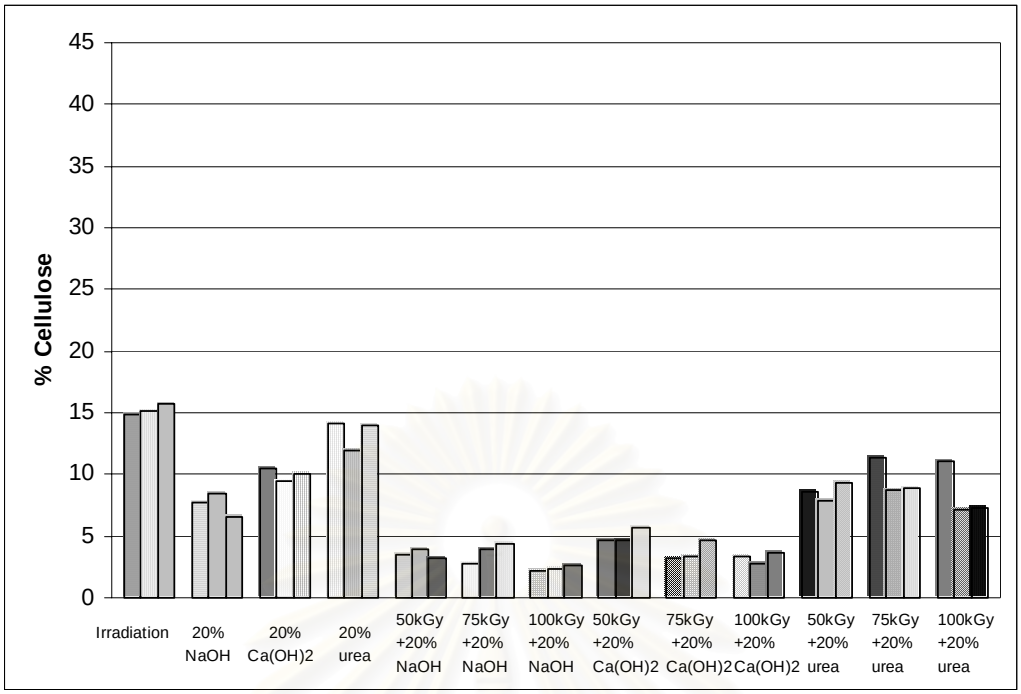
รูปที่ 5.4 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี



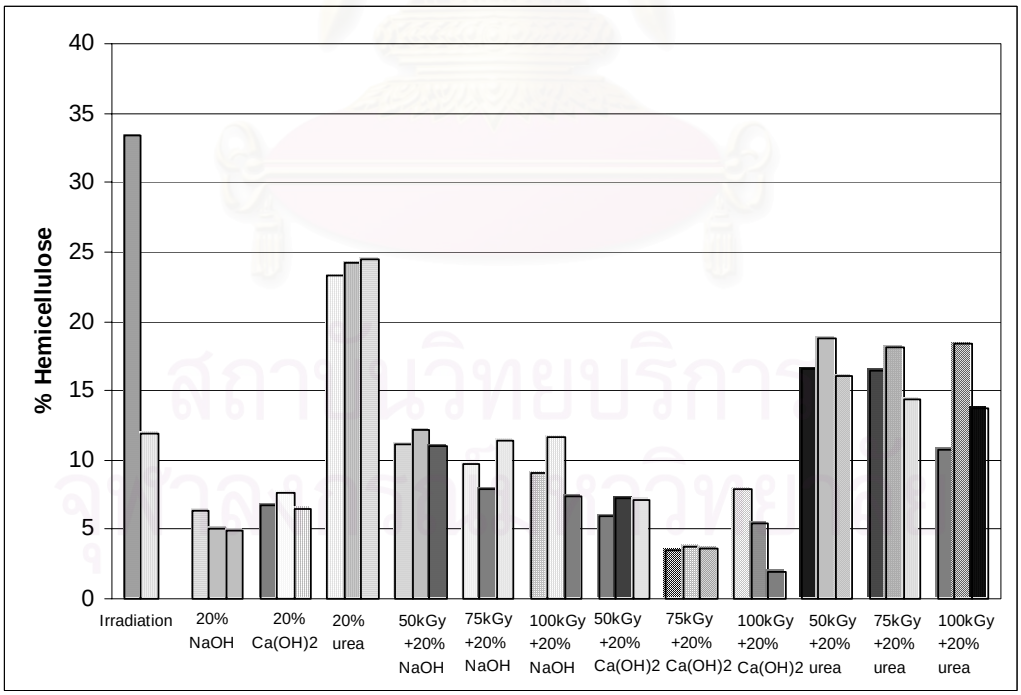
รูปที่ 5.5 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี



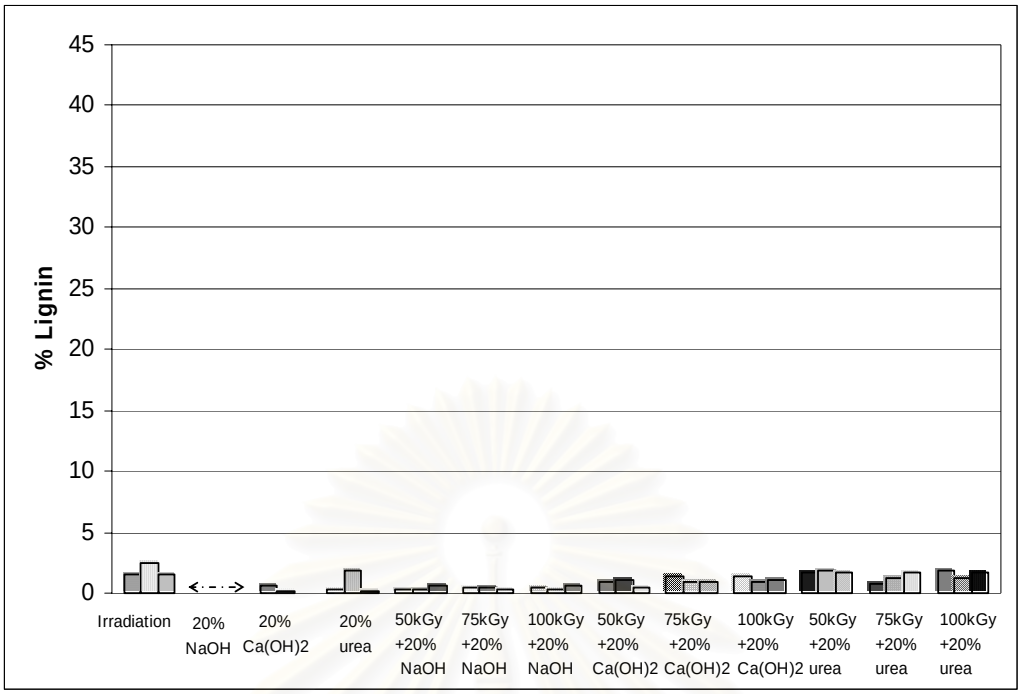
รูปที่ 5.6 ปริมาณลิกนินในเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี



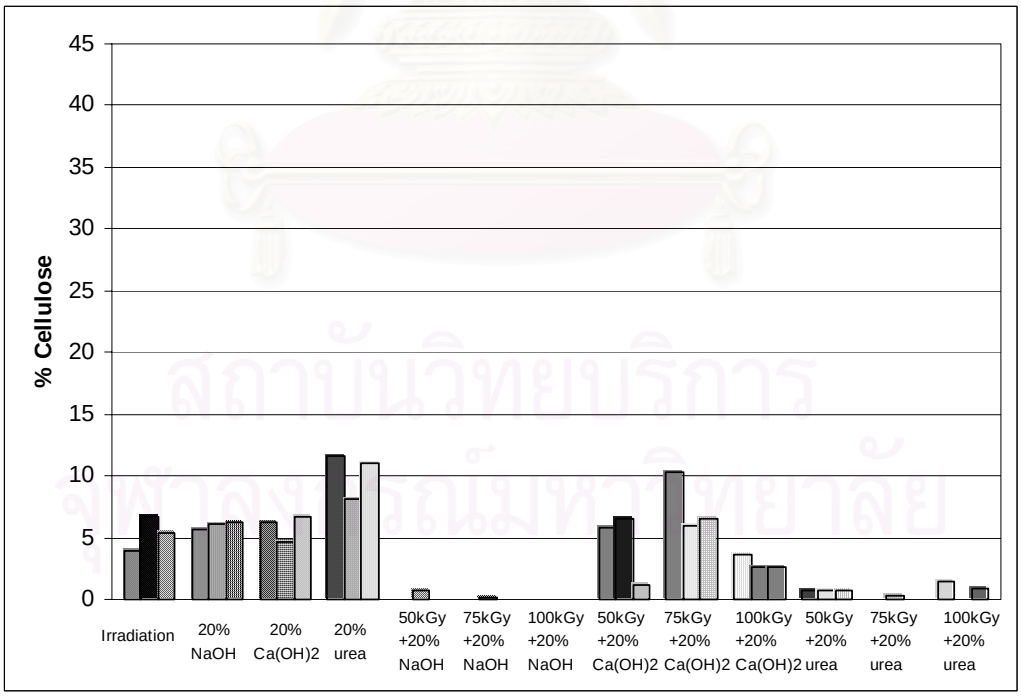
รูปที่ 5.7 ปริมาณเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี



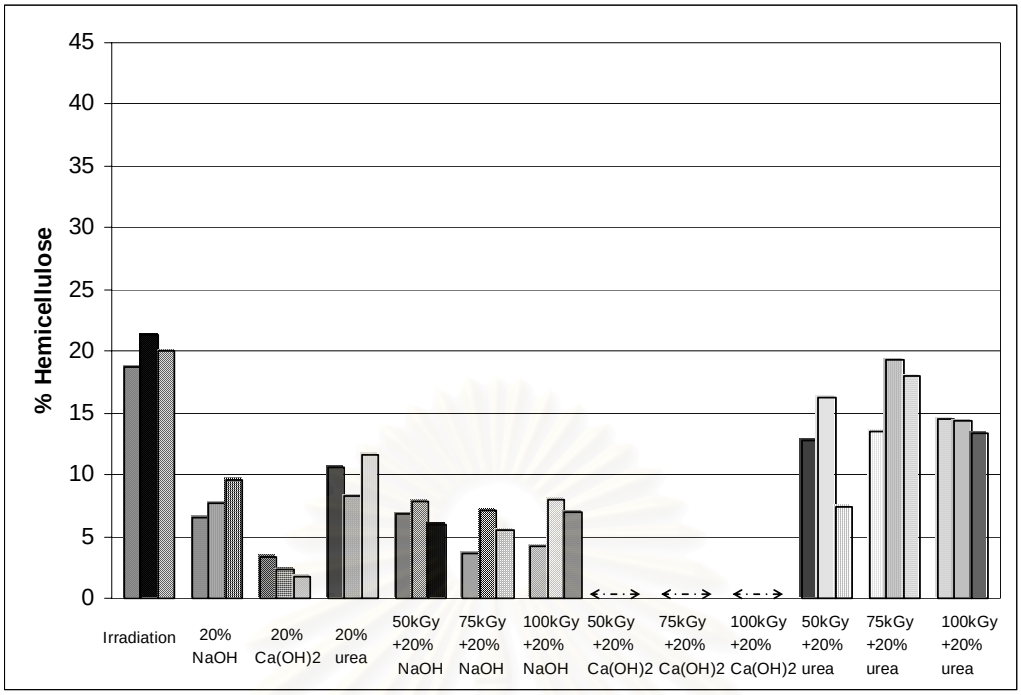
รูปที่ 5.8 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี



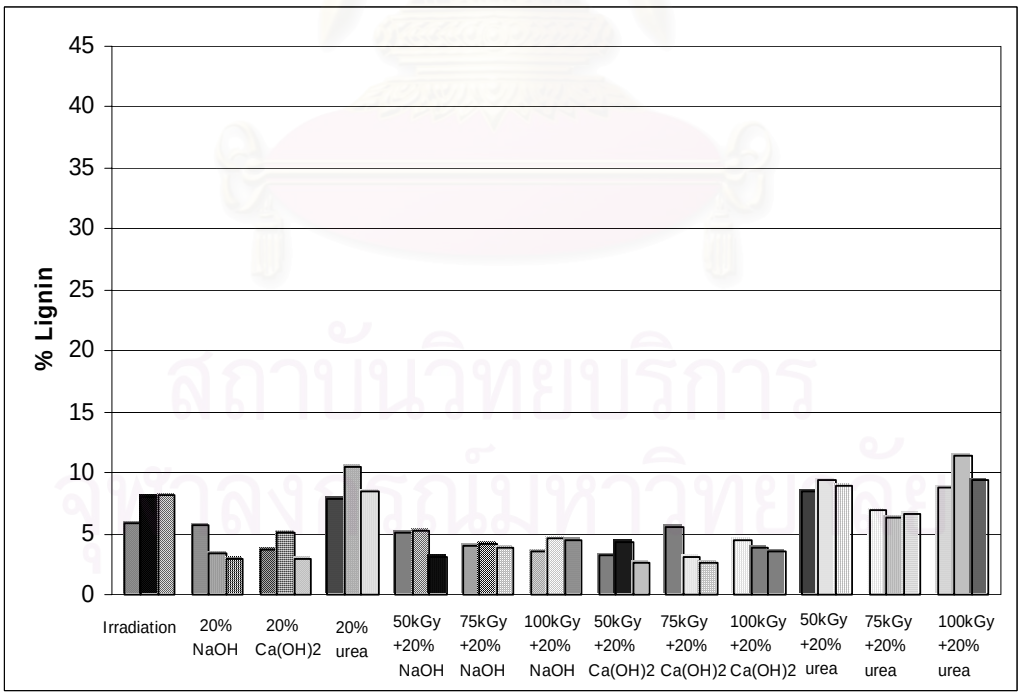
รูปที่ 5.9 ปริมาณลิกนินในซังข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี



รูปที่ 5.10 ปริมาณเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี



รูปที่ 5.11 ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี



รูปที่ 5.12 ปริมาณลิกนินในเปลือกมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับการย่อยสลายด้วยสารเคมี

รายการอ้างอิง

1. เมธา วรรณพัฒน์. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพมหานคร : ฟันนี่พับบลิชชิง, 2529.
2. วารุณี พานิชผล และจันทกานต์ อรณนันท์. เยื่อใยในอาหารสัตว์. กรุงเทพมหานคร. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์.
3. ขวัญชนก จันทร์สว่าง. การย่อยสลายโมเลกุลของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี. ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี. คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2544).
4. วารุณี พานิชผล. การวิเคราะห์หาเยื่อใยในพืชอาหารสัตว์. กรุงเทพมหานคร. ฝ่ายวิเคราะห์อาหารสัตว์. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์, 2431.
5. Al-Masri, M.R. and Guenther, K.D. Changes in digestibility and cell-wall constituents of some agricultural by-product due to gamma irradiation and urea treatments. Radiation Physics and Chemistry 55 (1999) : 323-329.
6. Al-Masri, M.R. and Zarkawi, M. Effects of gamma irradiation on chemical compositions of some agricultural residues. Radiation Physics and Chemistry 43,3 (1994) : 257-260.
7. Al-Masri, M.R. and Zarkawi, M. Effects of gamma irradiation on cell-wall constituents of some agricultural residues. Radiation Physics and Chemistry 44,6 (1994) : 661-663.
8. Takács, E., Wojnárovits, L., Borsa, J., Földváry, Cs., Hargittai, P. And Zöld, O. Effect of γ - irradiation on cotton-cellulose. Radiation Physics and Chemistry 55 (1994) : 663-666.
9. Takács, E., Wojnárovits, L., Földváry, Cs., Hargittai, P., Borsa, J. and Sajó, I. Effects of combined gamma-irradiation and alkali treatment on cotton-cellulose. Radiation Physics and Chemistry 57 (2000) : 399-403.
10. Granzin, B.C. and Dryden, G. McL. Effects of alkalis, oxidants and urea on the nutritive value of rhodes grass (*Chloris gayana* cv. Callide). Animal Feed Science and Technology 103, 1-4 (2003) : 113-122.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์หาเยื่อใยในพืชอาหารสัตว์

วิธีวิเคราะห์หา Neutral detergent fiber หรือ NDF (4)

สารเคมีและวิธีเตรียม

1. สารละลาย Neutral detergent

1.1 โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate)

1.2 ไดโซเดียมเอทธิลีนไดอะมีนเตตระอะซีเตท (E.D.T.A.) ไดไฮเดรต

1.3 โซเดียมบอเรต ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)

1.4 ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4)

1.5 2 – เอทธอกซี่ เอทธานอล (2 – Ethoxyethanol)

1.6 น้ำกลั่น

ชั่ง E.D.T.A. 18.61 กรัมและ $Na_2B_4O_7.10H_2O$ 6.81 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นที่ต้มร้อนแล้ว (90-100°C) ลงไปพอประมาณ คนให้ทั่วจนละลายหมด ถ้าละลายไม่หมดให้ใช้ความร้อนช่วย นำมาผสมกับสารละลายของโซเดียมลอริลซัลเฟต 30 กรัม กับ 2 – เอทธอกซี่ เอทธานอล 10 ม.ล.

ชั่ง Na_2HPO_4 4.56 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นที่ต้มร้อนแล้ว (90-100°C) ลงไปพอประมาณ คนให้ทั่วกันจนละลายหมด ถ้าละลายไม่หมดให้ใช้ความร้อนช่วย นำมาผสมกับสารละลายข้างต้น คนให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

2. โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3)

3. อะซีโตน (Acetone) ชนิดไม่มีสี ระเหยได้หมด ไม่มีสิ่งตกค้าง

วิธีการ

1. นำครูซิเบิ้ล (Crucible) ที่ล้างสะอาดแล้วไปอบในตู้อบแห้ง (Oven) อุณหภูมิ 100°C นาน 1 ชั่วโมง เอาออกใส่ในโถอบแห้ง (Desiccator) ทิ้งให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งตัวอย่างที่แห้งและบดละเอียด ประมาณ 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ทรงสูงสำหรับวิเคราะห์หาเยื่อใยขนาด 600 ม.ล.

3. เติมสารละลาย Neutral detergent 110 ม.ล. และ Na_2SO_3 0.5 กรัม

4. นำบีกเกอร์ไปตั้งบน Hot plate ต้มให้เดือดแล้ว ต้มต่อไปอีก 60 นาที นับเวลาตั้งแต่เริ่มเดือด

5. ถ่ายสารละลายใส่ในครูซิเบิ้ลที่วางบนขวดกรอง ล้างตัวอย่างส่วนที่เหลือติดในบีกเกอร์ลงในครูซิเบิ้ลให้หมดด้วยน้ำร้อน (90-100°C) จากนั้นใช้น้ำร้อนล้างตะกอนในครูซิเบิ้ลอีก 3-4 ครั้ง

6. ล้างตะกอนด้วยอะซีโตน

7. นำครูซิเบิ้ลไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C นาน 8 ชั่วโมง หรือตลอดคืน

8. นำครูซิเบิ้ลออกมาใส่ในโถอบแห้ง ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากน้ำหนักของครูซิเบิ้ล คือ NDF

วิธีคำนวณ

$$\% \text{ NDF} = \frac{(\text{น้ำหนักครูซิเบิ้ล} + \text{น้ำหนักเยื่อใย}) - \text{น้ำหนักครูซิเบิ้ล}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

วิธีวิเคราะห์หา Acid detergent fiber หรือ ADF

สารเคมีและวิธีเตรียม

1. สารละลาย Acid detergent

1.1 กรดซัลฟูริคเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)

1.2 ซิติลไตรเมทธิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (Cetyl trimethyl ammoniumbromide)

1.3 น้ำกลั่น

ชั่งกรดซัลฟูริค 49.04 กรัม ใส่ในขวด Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่พอประมาณ ผสมให้เข้ากัน ทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร แล้วเติม ซิติลไตร-เมทธิลแอมโมเนียมโบรไมด์ 20 กรัม เขย่าให้เข้ากัน

2. อะซีโตน (Acetone) ชนิดไม่มีสี ระเหยได้หมด ไม่มีสิ่งตกค้าง

วิธีการ

1. นำครูซิเบิ้ล (Crucible) ที่ล้างสะอาดแล้วไปอบในตู้อบแห้ง (Oven)อุณหภูมิ 100°C นาน 1 ชั่วโมง เอาออกใส่ในโถอบแห้ง (Desiccator) ทิ้งให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งตัวอย่างที่แห้งและบดละเอียด ประมาณ 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ทรงสูงสำหรับวิเคราะห์หาเยื่อใยขนาด 600 ม.ล.

3. เติมสารละลาย Acid detergent 110 ม.ล. นำบีกเกอร์ไปตั้งบน Hot plate ต้มให้เดือดแล้ว ต้มต่อไปอีก 60 นาที นับเวลาตั้งแต่เริ่มเดือด

4. ถ่ายสารละลายใส่ในครูซิเบิ้ลที่วางบนขวดกรอง ล้างตัวอย่างส่วนที่เหลือติดในบีกเกอร์ลงในครูซิเบิ้ลให้หมดด้วยน้ำร้อน (90-100°C) จากนั้นใช้น้ำร้อนล้างตะกอนในครูซิเบิ้ลอีก 3-4 ครั้ง

5. ล้างตะกอนด้วยอะซีโตน

6. นำครูซิเบิ้ลไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C นาน 8 ชั่วโมง หรือตลอดคืน

7. นำครูซิเบิ้ลออกมาใส่ในโถอบแห้ง ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากน้ำหนักของครูซิเบิ้ล คือ ADF

วิธีคำนวณ

$$\% \text{ ADF} = \frac{(\text{น้ำหนักครูซิเบิ้ล} + \text{น้ำหนักเยื่อใย}) - \text{น้ำหนักครูซิเบิ้ล}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

วิธีวิเคราะห์หาลิกนินโดยใช้กรดซัลฟูริคเข้มข้น 72%

สารเคมีและวิธีเตรียม

1. สารละลายกรดซัลฟูริคเข้มข้น 72%

1.1 กรดซัลฟูริคเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)

1.2 น้ำกลั่น

ตวงน้ำกลั่น 440 ม.ล. ใส่ในขวด Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร ชั่งกรดซัลฟูริค 1200 กรัม ค่อย ๆ ใส่ลงในขวด เขย่าเบา ๆ ให้เข้ากัน ตั้งขวดไว้ใน Water bath ที่เย็น จนกระทั่งสารละลายในขวดเย็น เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร วัดความถ่วงจำเพาะของสารละลายให้ได้เท่ากับ 1.634

วิธีการ

1. นำครูซิเบิ้ล (Crucible) ที่มีตัวอย่างซึ่งวิเคราะห์หา ADF เรียบร้อยแล้ววางในถาดเคลือบที่มีน้ำกลั่นอยู่สูงประมาณ 1 เซนติเมตร ระวังอย่าให้เยื่อใยในครูซิเบิ้ลเปียกน้ำ

2. เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 72% ลงไปประมาณครึ่งครูซิเบิ้ล ใช้แท่งแก้วคนให้ทั่วเพื่อให้เยื่อใยแยกจากกัน ไม่จับกันเป็นก้อน คอยเติดกรดเมื่อกรดแห้งและต้องคนบ่อย ๆ

3. หลังจากนั้น 3 ชั่วโมง กรองกรดออก ล้างด้วยน้ำร้อน (90-100°C) หลาย ๆ ครั้ง จนหมดกรด

4. นำครูซิเบิ้ลไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C นาน 8 ชั่วโมง เอาออกใส่โถอบแห้ง ปล่อยให้เย็น นำมาชั่งน้ำหนัก

5. นำครูซิเบิ้ลไปเผาที่อุณหภูมิ 500°C นาน 2 ชั่วโมง เอาออกใส่โถอบแห้ง ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่หายไป คือ ปริมาณลิกนิน

วิธีคำนวณ

$$\% \text{ ลิกนิน} = \frac{(\text{น้ำหนักเยื่อใยหลังการอบ} - \text{น้ำหนักเยื่อใยหลังการเผา})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววาสินี เที่ยงสุข เกิดวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2523 จังหวัดปัตตานี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2543 แล้วเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย