การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานจากการฉายรังสีแกมมาโดยใช้วิธีเลือกการตกตะกอนด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม

นางสาววรรณวิมล ปาสาณพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3507-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18 มี.ค. 2547
I21233248

MOLECULAR WEIGHT FRACTIONATION OF GAMMA RADIATION DEGRADED CHITOSAN BY SELECTIVE PRECIPITATION USING SUITABLE SOLVENTS

Miss Wanvimol Pasanphan

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 2003

ISBN 974-17-3507-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานจากการฉายรังสีแกมมาโดยใช้วิธีเลือกการตกตะกอนด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม
โดย	นางสาววรรณวิมล ปาสาณพันธ์
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ชยากริต ศิริอุปถัมภ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์นเรศร์ จันทน์ขาว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์)

วรรณวิมล ปาสาณพันธ์ : การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานจากการฉายรังสีแกมมาโดยใช้วิธีเลือกการตกตะกอนด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม. (MOLECULAR WEIGHT FRACTIONATION OF GAMMA RADIATION DEGRADED CHITOSAN BY SELECTIVE PRECIPITATION USING SUITABLE SOLVENTS) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ชยากริต ศิริอุปถัมภ์, 128 หน้า. ISBN 974-17-3507-3.

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานจากการฉายรังสีแกมมาโดยใช้วิธีตกตะกอนเลือกด้วยสารละลายที่เหมาะสม เพื่อแยกไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุล 40,000 และ 8,000 ดอลตัน สารละลายไคโตซานสำหรับขั้นตอนการแยกโมเลกุลลำดับส่วนเตรียมจาก 10 %(w/v) ของไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60 กิโลเกรย์ในสภาวะของแข็ง ละลายในสารละลายกรดอะซิติก 2.5% และฉายรังสีต่อที่ 30 และ 110 กิโลเกรย์ สำหรับเตรียมไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 40,000 และ 8,000 ดอลตัน ตามลำดับ สารละลายที่ใช้ในการตกตะกอนแยกลำดับส่วนคือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์(1%NaOH) จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกโมเลกุลไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 ดอลตัน มีสัดส่วนของ สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี : น้ำกลั่น : 1%NaOH ในการแยกครั้งที่ 1 เท่ากับ 20 : 50 :10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการแยกครั้งที่ 2 โดยเติม 1%NaOH 20 มิลลิลิตร ลงในสารละลายส่วนบนที่ได้จากการแยกครั้งที่ 1 ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าตะกอนไคโตซานที่ได้จากการแยกครั้งที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยประมาณ 42,835 ดอลตัน และ %yield เท่ากับ 58.40% และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 8,000 ดอลตัน มีสัดส่วนที่ใช้ในการแยกครั้ง 1 เท่ากับ 40 :100 : 50 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 วัน หลังจากนั้นทำการแยกครั้งที่ 2 โดยเติม 1%NaOH 40 มิลลิลิตร ลงในสารละลายส่วนบนที่ได้จากการแยกครั้งที่ 1 ทิ้งไว้ 10 วัน พบว่าตะกอนไคโตซานที่ได้จากการแยกครั้งที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยประมาณ 7,915 ดอลตัน และ%yield เท่ากับ 6.20%

ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา	2546	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

4370478221 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: CHITOSAN / RADIATION DEGRADATION / MOLECULAR WEIGHT / PRECIPITATION / FRACTIONATION / DILUTE SOLUTION VISCOSITY

WANVIMOL PASANPHAN : MOLECULAR WEIGHT FRACTIONATION OF GAMMA RADIATION DEGRADED CHITOSAN BY SELECTIVE PRECIPITATION USING SUITABLE SOLVENTS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF.CHYAGRIT SIRI-UPATHUM, 128 pp. ISBN 974-17-3507-3.

The objective of this research was to study the suitable conditions for molecular weight fractionation of gamma radiation degraded chitosan by selective precipitation using suitable solvents to obtain chitosan with M_v of 40,000 and 8,000 Da. The degradation of chitosan sample was performed by successive gamma irradiation of chitosan powder with radiation dose of 60 kGy and 10%(w/v) of the irradiated chitosan in 2.5% acetic acid with radiation dose of 30 and 110 kGy for prepared chitosan with M_v of 40,000 and 8,000 Da,respectively. Using 1%NaOH for the selective precipitation. The results from the research indicated that the suitable conditions for the precipitation of chitosan with M_v of 40,000 Da. by the 1st fractionation of chitosan sample : distilled water : 1%NaOH (20:50:10 ml.). Let it steady about 1 hr. for precipitation and then seperateted the fraction and adding 1%NaOH 20 ml.(1hr.) in the seperated solution for the 2nd fractionation to obtain the 2nd precipitate with M_v of 42,835 (%58.40%yield). For M_v of 8,000 Da.,the fraction is 40:100:50 ml.(1day) for 1st fractionation and then adding 1%NaOH 40 ml.(10days) in the seperated solution for the 2nd fractionation to obtain the 2nd precipitate with M_v of 7,915 Da.(6.20%yield).

Department	Nuclear Technology	Student's signature	Wanvimol Pasanphan
Field of study	Nuclear Technology	Advisor's signature	Chyagrit Siri-Upathum
Academic year	2003	Co-advisor's signature	-

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาที่ดี ช่วยตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่และเป็นกำลังใจอย่างดียิ่ง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุวันต์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจสอบ แนะนำเพื่อแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความกรุณาในการให้คำปรึกษาแนะนำ และให้ความดูแลเอาใจใส่ และความห่วงใยมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านจากภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้โอกาสและสนับสนุนในเรื่องการศึกษา และคอยให้คำปรึกษาแนะนำ เอาใจใส่ และห่วงใยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้กรุณาให้ความร่วมมือแก่ผู้วิจัยสำหรับการซ่อมแซมอุปกรณ์เครื่องแก้ว และให้ความอนุเคราะห์ในการขอใช้น้ำกลั่นสำหรับงานวิจัยเป็นอย่างดี

เนื่องจากทุนสำหรับการศึกษาในระดับมหาบัณฑิต ส่วนหนึ่งได้รับมาจากทุนโครงการพัฒนาอาจารย์ของทบวงมหาวิทยาลัย และได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณทบวงมหาวิทยาลัย และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ รวมทั้งบุคลากรทุกคน ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ที่ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือ พร้อมทั้งกำลังใจที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณธนัญชัย พิรุณพันธ์ สำหรับคำปรึกษาและคำแนะนำที่ดี พร้อมทั้งการช่วยเหลือที่ดีตลอดมา และคอยเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยผ่านช่วงเวลาที่ยากลำบากมาไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณเตี่ย แม่ ป้า แปะ พี่ ๆ ทุกคน และโกวเกี๊ยะ ที่ให้ความรัก ความเอาใจใส่ และให้การสนับสนุนในการศึกษาต่อและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ พร้อมทั้งคอยเป็นกำลังใจที่ดียิ่งตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ณ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2. ทฤษฎี 7

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไคติน-ไคโตซาน 7

2.1.1 ลักษณะและคุณสมบัติของไคติน 7

2.1.1.1 แหล่งที่พบไคติน 7

2.1.1.2 กระบวนการแยกไคติน 8

2.1.2.3 สูตรโครงสร้างและคุณสมบัติของไคติน 8

2.1.2 ลักษณะและคุณสมบัติของไคโตซาน 11

2.1.2.1 กระบวนการเตรียมไคโตซาน 11

2.1.2.2 สูตรโครงสร้างและคุณสมบัติของไคโตซาน 12

2.2 การเหนี่ยวนำให้เกิดการเสื่อมสลายของไคโตซานด้วยรังสี 17

2.2.1 ต้นกำเนิดรังสี 18

2.2.2 การเสื่อมสลายของโพลีเมอร์โดยการเหนี่ยวนำด้วยรังสี 18

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

2.2.3 ผลของรังสีที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน 19
2.2.4 ผลของรังสีที่มีต่อน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน 22
2.3 น้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight) ของไคโตซาน 25
2.3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำหนักโมเลกุลของโพลีเมอร์ 25
2.3.2 ความหนืด (Viscosity) ของสารละลายโพลีเมอร์ 29
2.3.3 การหาน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานโดยวิธี Dilute Solution Viscosity.. 29
2.3.4 คุณสมบัติทางน้ำหนักโมเลกุลกับการนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์ 38
2.4 การแยกโมเลกุลลำดับส่วน (Molecular Weight Fractionation) 40
2.4.1 การแยกลำดับส่วนโดยการตกตะกอน (Fractionation Precipitation) ... 40
2.4.2 การแยกลำดับส่วนโดยการอีลูชัน (Elution Fractionation) 40
2.4.3 เจลเพอร์มีเอชันโครมาโตกราฟี (Gel Permeation Chromatography) .. 42
2.5 การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานโดยวิธีการตกตะกอน 43
2.6 ผลของการแยกโมเลกุลลำดับส่วนที่มีต่อน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน 44

3. วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และวิธีดำเนินการวิจัย .....
3.1 การทดสอบหาน้ำหนักโมเลกุลของสารไคโตซานมาตรฐาน 46
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี 46
3.1.2 วิธีดำเนินงานวิจัย 47
3.2 การฉายรังสีสารตัวอย่างไคโตซาน 52
3.2.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี 52
3.2.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย 54
3.3 การหาน้ำหนักโมเลกุลของสารละลายตัวอย่างไคโตซาน 55
3.3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี 55
3.3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย 56
3.4 การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ40,000 ดอลตัน 58
3.4.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี 58
3.4.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย 58

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3.5 การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 8,000 ดอลตัน 64
3.5.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี 64
3.5.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย 64

4. ผลการทดลอง 67
4.1 การหาน้ำหนักโมเลกุลของสารไคโตซานมาตรฐาน 67
4.2 การหาน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา 68
4.3 การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 ดอลตัน 75
4.4 การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 8,000 ดอลตัน 82

5. สรุปผลการทดลอง 87
5.1 ผลของรังสีที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน 87
5.2 การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 ดอลตัน โดยควบคุมความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 89
5.3 การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 ดอลตัน โดยควบคุมปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 92
5.4 การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 8,000 ดอลตัน 98

รายการอ้างอิง 103

ภาคผนวก 108
ภาคผนวก ก แบบจำลองการคำนวณหาค่า M_n, M_w และ M_v และการเปลี่ยนแปลงของค่า M_n, M_w และ M_v เมื่อทำการแยกน้ำหนักโมเลกุลที่ไม่ต้องการออกไป 109
ภาคผนวก ข ใบรับรองการปรับเทียบมาตรฐานของ Viscometer 112
ภาคผนวก ค การหาปริมาณรังสีที่ตำแหน่งต่างๆ 114
ภาคผนวก ง ตัวอย่างวิธีการคำนวณหาค่าน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน 117

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 128

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างไคโตซานที่ระดับความหนืดต่าง ๆ กัน 14

2.2 ค่าคงที่ K และ a สำหรับสมการ Mark-Houwink สำหรับไคโตซาน 30

3.1 แสดงการทดลองผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อการตกตะกอนของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+30 kGy (เพื่อแยกไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 ดอลตัน) 61

3.2 แสดงการทดลองแยกน้ำหนักโมเลกุลลำดับส่วนของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+30 kGy (เพื่อแยกไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 ดอลตัน) ด้วย 1%NaOH โดยควบคุมปริมาตรของ 1%NaOH ที่ใช้เติมในการแยกครั้งที่ 1 เท่ากับ 10 มิลลิลิตร (เท่ากันทุกสภาวะ) และเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ1%NaOH ที่ใช้เติมในการแยกครั้งที่ 2 ที่สภาวะ a, b, c และ d เท่ากับ 5, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ 62

3.3 แสดงการทดลองแยกน้ำหนักโมเลกลุลำดับส่วนของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+30 kGy (เพื่อแยกไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 ดอลตัน) ด้วย 1%NaOH โดยควบคุมปริมาตรของ 1%NaOH ที่ใช้เติมในการแยกครั้งที่ 1 เท่ากับ 15 มิลลิลิตร (เท่ากันทุกสภาวะ) และเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ 1%NaOH ที่ใช้เติมในการแยกครั้งที่ 2 ที่สภาวะ A, B, C และ D เท่ากับ 5, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ 63

3.4 แสดงการทดลองแยกน้ำหนักโมเลกุลลำดับส่วนของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+110 kGy (เพื่อแยกไคโตวานที่มีน้ำหนักโมเลกุล 8,000 ดอลตัน) โดยเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ 1%NaOH ในการแยกครั้งที่ 1 ในสภาวะที่ 1, 2, 3 และ 4 เป็น 40, 45, 50 และ 60 มิลลิลิตร ตามลำดับ และควบคุมการตกตะกอนในการแยกครั้งที่ 2 ให้เหมือนกันทุกสภาวะ 66

4.1 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารไคโตซานมาตรฐานของ Viscometer No.C361.. 67

4.2 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารไคโตซานมาตรฐานของ Viscometer No.C356.. 67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.3 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารตัวอย่างไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60 kGy ในสภาพของแข็ง..... 68
4.4 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารตัวอย่างไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+10 kGy..... 69
4.5 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารตัวอย่างไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+20 kGy..... 69
4.6 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารตัวอย่างไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+30 kGy..... 70
4.7 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารตัวอย่างไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+40 kGy..... 70
4.8 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารตัวอย่างไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+60 kGy..... 71
4.9 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารตัวอย่างไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+80 kGy..... 71
4.10 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารตัวอย่างไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+100 kGy..... 72
4.11 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารตัวอย่างไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+110 kGy..... 72
4.12 ผลการหาน้ำหนักโมเลกุลของสารตัวอย่างไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+120 kGy..... 73
4.13 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักโมเลกุลเมื่อฉายรังสีที่ปริมาณต่าง ๆ เมื่อทำการตัดข้อมูลที่มีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยมากที่สุดออกชุดละ 1 ค่า..... 73
4.14 แสดงน้ำหนักของตะกอนที่ได้, %yield และสีของสารละลายหลังจากตกตะกอนสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+30 kGy (เพื่อแยกไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุล 40,000 ดอลตัน) ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 0.75, 1.00, 2.00 และ 4.00 เปอร์เซ็นต์ ในการแยกครั้งที่ 1..... 76
4.15 แสดงน้ำหนักของตะกอนที่ได้, %yield และสีของสารละลายหลังจากตกตะกอนจากการแยกลำดับส่วน 2 ครั้ง ของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+30 kGy (เพื่อแยกน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 ดอลตัน) โดยตกตะกอนด้วย1%NaOH และควบคุมปริมาตรของ1%NaOH ที่ใช้เติมในการแยกครั้งที่ 1 เท่ากับ 10 มิลลิลิตร และเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ 1%NaOH ในการแยกครั้งที่ 2 ที่สภาวะ a, b, c และ d เป็น 5, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ..... 77

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.16 แสดงน้ำหนักของตะกอนที่ได้, %yield และสีของสารละลายหลังจากตกตะกอนจากการแยกลำดับส่วน 2 ครั้ง ของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+30 kGy (เพื่อแยกน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 ดอลตัน) โดยตกตะกอนด้วย1%NaOH และควบคุมปริมาตรของ1%NaOH ที่ใช้เติมในการแยกครั้งที่ 1 เท่ากับ 15 มิลลิลิตร และเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ 1%NaOH ในการแยกครั้งที่ 2 ที่สภาวะ A, B, C และ D เป็น 5, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ 78

4.17 แสดงค่าน้ำหนักโมเลกุล (M_v) ของตะกอนไคโตซานที่แยกโดยใช้ NaOH ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 0.75, 1.00, 2.00 และ 4.00 % ตามลำดับ ของไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+30 kGy (จากการทดลองตารางที่ 3.1) 79

4.18 แสดงค่าน้ำหนักโมเลกุล (M_v) ของตะกอนไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+30 kGy ที่ได้จากการแยกครั้งที่ 2 ในสภาวะ a, b, c และ d โดยควบคุมปริมาตรของ 1%NaOH ที่เติมในการแยกครั้งที่ 1 เท่ากับ 10 มิลลิลิตร เท่ากันทุกสภาวะ และเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ 1%NaOH ในการแยกครั้งที่ 2 เป็น 5, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ (จากการทดลองตารางที่ 3.2) 80

4.19 แสดงค่าน้ำหนักโมเลกุล (M_v) ของตะกอนไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+30 kGy ที่ได้จากการแยกครั้งที่ 2 ในสภาวะ A, B, C และ D โดยควบคุมปริมาตรของ 1%NaOH ที่เติมในการแยกครั้งที่ 1 เท่ากับ 15 มิลลิลิตร เท่ากันทุกสภาวะ และเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ 1%NaOH ในการแยกครั้งที่ 2 เป็น 5, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ (จากการทดลองตารางที่ 3.3) 81

4.20 แสดงน้ำหนักโมเลกุลของตะกอนที่ได้, %yield และสีของสารละลายหลังจากตะกอนจากการแยกลำดับส่วน 2 ครั้ง ของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+110 kGy (เพื่อแยกน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 8,000 ดอลตัน) ด้วย 1%NaOH โดยเปลี่ยนแปลงปริมาตร ของ 1%NaOH ในการแยกครั้งที่ 1 ที่ สภาวะ 1, 2, 3 และ 4 เป็น 40, 45, 50 และ 60 มิลลิลิตร ตามลำดับ และควบคุมการตกตะกอนโดยการแยกครั้งที่ 2 ให้เหมือนกันทุกสภาวะ (จากการทดลองตารางที่ 3.4) 83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.21 แสดงค่าน้ำหนักโมเลกุล (M_v) ของตะกอนไคโตซานจากการแยกครั้งที่ 1 ที่สภาวะต่าง ๆ ของไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+110 kGy..... 84

4.22 แสดงค่าน้ำหนักโมเลกุล (Mv) ของตะกอนไคโตซานจากการแยกครั้งที่ 2 ที่สภาวะต่าง ๆ ของไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 60+110 kGy..... 85

4.23 แสดงข้อมูลจากการทดทดลองซ้ำในการตกตะกอนไคโตซานจากการแยกครั้งที่ 2 ที่สภาวะ c (จากการทดลองตารางที่ 3.2) และ สภาวะที่ 3 (จากการทดลองตารางที่ 3.4) 86

5.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีในสภาวะของแข็ง 60 kGy และนำมาฉายรังสีต่อในสภาวะสารละลายกรดอะซิติก 2.5% ที่ปริมาณต่าง ๆ 88

5.2 แสดงข้อมูลของตะกอนที่ได้, %yield, น้ำหนักโมเลกุล (M_v) ของตะกอน และสีของสารละลายส่วนบน ตามสภาวะต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่าง ๆ..... 91

5.3 แสดงข้อมูลปริมาณตะกอน และ %yield ของตะกอนที่ได้จากการแยกครั้งที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างเมื่อใช้ 1%NaOH ในการแยกครั้งที่ 1 เท่ากับ 10 และ 15 มิลลิลิตร..... 93

5.4 แสดงข้อมูลของตะกอนที่ได้, %yield, น้ำหนักโมเลกุล (M_v) ของตะกอน และสีของสารละลายส่วนบน ของตะกอนไคโตซานที่ได้จากการแยกครั้งที่ 2 จากการเติม 1% NaOH ที่สภาวะ a, b, c และ d ให้เท่ากับ 5, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ และควบคุมปริมาตร 1%NaOH ในการแยกครั้งที่ 1 เท่ากับ 10 มิลลิลิตร ที่ทุกสภาวะ..... 94

5.5 แสดงข้อมูลของตะกอนที่ได้, %yield, น้ำหนักโมเลกุล (M_v) ของตะกอน และสีของสารละลายส่วนบน ของตะกอนไคโตซานที่ได้จากการแยกครั้งที่ 2 จากการเติม 1% NaOH ที่สภาวะ A, B, C และ D ให้เท่ากับ 5, 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ และควบคุมปริมาตร 1%NaOH ในการแยกครั้งที่ 1 เท่ากับ 15 มิลลิลิตร ที่ทุกสภาวะ..... 95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.6 แสดงข้อมูล %yield และน้ำหนักโมเลกุลของตะกอนที่ได้จากการแยกครั้งที่ 2 เปรียบเทียบระหว่างเมื่อควบคุมปริมาตรของ 1%NaOH ที่ใช้ในการตกตะกอนครั้งที่ 1 เท่ากับ 10 และ 15 มิลลิลิตร ที่สภาวะเดียวกัน 96

5.7 แสดงข้อมูลของตะกอน, %yield, น้ำหนักโมเลกุล(M_v)ของตะกอน และสีของสารส่วนบนของตะกอนไคโตซานที่ได้จากการแยกครั้งที่ 1 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตรต่าง ๆ กัน 99

5.8 แสดงข้อมูลของตะกอน, %yield, น้ำหนักโมเลกุล(M_v)ของตะกอน และสีของสารส่วนบนของตะกอนไคโตซานที่ได้จากการแยกครั้งที่ 2 จากสภาวะที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตรต่าง ๆ กัน ในการแยกครั้งที่ 1 100

5.9 แสดงข้อมูล, %yield และน้ำหนักโมเลกุลเปรียบเทียบระหว่างตะกอนที่ได้จากการตกตะกอนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ที่สภาวะต่าง ๆ 101

ก.1 แบบจำลองข้อมุลและการคำนวณค่าต่าง ๆ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุล 109

ก.2 แบบจำลองข้อมูลการคำนวณค่าต่าง ๆ และค่าน้ำหนักโมเลกุลเมื่อทำการตัดข้อมูลน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 14,000 – 28,000 ดอลตัน 110

ก.3 แบบจำลองข้อมูลการคำนวณค่าต่าง ๆ และค่าน้ำหนักโมเลกุลเมื่อทำการตัดข้อมูลน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 14,000 – 28,000 ดอลตัน และ 60,000 – 70,000 ดอลตัน.. 111

ก.4 แบบจำลองข้อมูลการคำนวณค่าต่าง ๆ และค่าน้ำหนักโมเลกุลเมื่อทำการตัดข้อมูลน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 14,000 – 38,000 ดอลตัน และ 50,000 – 70,000 ดอลตัน.. 111

ก.5 แบบจำลองข้อมูลการคำนวณต่าง ๆ และค่าน้ำหนักโมเลกุลเมื่อตัวอย่างไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลเป็นเนื้อเดียว (Homogenous) 111

ค.1 ปริมาณรังสีที่ตำแหน่งต่าง ๆ 115

ง.1 ตัวอย่างผลการทดลองหาค่า efflux time ตามความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายไคโตซานมาตรฐานในตัวทำละลาย 0.5M HOAc + 0.5M NaOAc ด้วย Viscometer No.C361 (ครั้งที่ 1) 117

ง.2 แสดงค่า reduced viscosity (η_{red}) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายไคโต-ซานมาตรฐาน 118

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง.3 แสดงค่า efflux time, specific viscosity (η_{sp}) และ reduced viscosity (η_{red}) ของตัวอย่างไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีที่สภาวะ 60(ของแข็ง)+30(สารละลาย) kGy จากข้อมูลการทดลองครั้งที่ 2 ตามตารางที่ 4.6 120

ง.4 แสดงค่า efflux time, specific viscosity (η_{sp}) และ reduced viscosity (η_{red}) ของตัวอย่างไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีที่สภาวะ 60(ของแข็ง)+110(สารละลาย) kGyจากข้อมูลการทดลองครั้งที่ 8 ตามตารางที่ 4.11 122

ง.5 แสดงค่า efflux time, specific viscosity (η_{sp}) และ reduced viscosity (η_{red}) ของตัวอย่างไคโตซานหลังจากผ่านการแยกน้ำหนักโมเลกุลในสภาวะ c (จากการทดลองตารางที่ 3.2) ของไคโตซานที่ฉายรังสีที่สภาวะ 60(ของแข็ง)+30(สารละลาย) kGy จากข้อมูลการทดลอง ครั้งที่ 2 ตามตารางที่ 4.19 124

ง.6 แสดงค่า efflux time, specific viscosity (η_{sp}) และ reduced viscosity (η_{red}) ของตัวอย่างไคโตซานหลังจากผ่านการแยกน้ำหนักโมเลกุลในสภาวะที่ 3 (จากการทดลองตารางที่ 3.4) ของไคโตซานที่ฉายรังสีที่สภาวะ 60(ของแข็ง)+110(สารละลาย) kGy จากข้อมูลการทดลองครั้งที่ 4 ตามตารางที่ 4.22 126

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการแยกไคติน 9

2.2 สูตรโครงสร้างทางเคมีของคินและเซลลูโลส 11

2.3 ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการผลิตไคโตซาน 12

2.4 สูตรโครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน 13

2.5 ผลของความเข้มข้นของโพลิเมอร์ ต่อค่าความหนืดของสารละลายโคโตซาน 7 ชนิด ที่มีค่าเป็นกรดด่างเท่ากับ 4 และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 15

2.6 ผลของอุณหภูมิต่อค่าความหนืดของสารละลายไคโตซาน 3 ชนิด ที่มีความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4 และละลายในกรดอะซิติก 16

2.7 แสดงกลไกการเกิดการตัดของสายโซ่หลักของไคตินไคโตซาน 21

2.8 ภาพถ่ายด้วย SEM Photograph ของไคโตซานที่ไม่ได้ฉายรังสี (ซ้าย) และไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 50 kGy (ขวา) 22

2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Viscosity average molecular weight (Mv) ของไคโตซานกับปริมาณรังสีที่ฉาย 22

2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประมาณโอลิโกไคโตซานที่มีค่า DP>8 กับปริมาณรังสีที่ฉาย 23

2.11 แสดงผลของปริมาณรังสีกับความสามารถในการละลายของไคโตซานในกรดอะซิติกและกรดออกซาลิก 24

2.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของสารละลายไคโตซานเนื่องจากการฉายรังสีไคโตซานในสภาวะของแข็ง 24

2.13 แสดงความแตกต่างของ mono-dispersed system และ poly-dispersed system 27

2.14 การกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลสำหรับ hypothetical polydispersed sample 28

2.15 การกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลของตัวอย่างโพลีเมอร์ 2 ชนิด ที่มีค่า number average molecular weight (Mn) เท่ากันแต่มีการกระจายตัวต่างกัน 28

2.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 32

2.17 แสดง Ubbelohde Viscometer 33

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโพลิเมอร์ (C) กับค่า reduced viscosity (η_{red}) 35
2.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโพลิเมอร์ (C) และค่า inherent viscosity (η_{inh}) 36
2.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโพลิเมอร์ (C) กับ reduced viscosity (η_{red}) และ inherent viscosity (η_{inh}) 37
2.21 ผลของความเข้มข้นและน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของ *E.Coli* เป็นสัดส่วนของเวลาที่ใช้ในการบ่ม 38
2.22 ผลของน้ำหนักโมเลกุลที่มีต่อการงอกของเมล็ดพืช 39
2.23 แสดงแผนภาพเครื่องมือการแยกลำดับส่วนโดยการอีลูชัน 41
2.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบโพลีเมอร์ที่แยกลำดับส่วน (1-7)กับโพลีเมอร์ที่ไม่ได้แยกลำดับส่วน (A) 42
2.25 แสดงการแยกโมเลกุลตามขนาด โดยเจลเพอร์มีเอชันโครมาโตกราฟี 43
2.26 กราฟการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล 44

3.1 Cannon-Ubbelohde Viscometer 47
3.2 สารละลายตัวอย่างไคโตซานที่เจือจางที่ความเข้มข้นต่าง ๆ 48
3.3 ตำแหน่งต่าง ๆ ของ Ubbelohde Viscometer 49
3.4 ชุดทดลองหาน้ำหนักโมเลกุลโดย Viscometer 50
3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายไคโตซานและค่า reduced viscosity (η_{red}) 51
3.6 ลักษณะของไคโตซานในสภาพของแข็ง 52
3.7 แสดงแท่งภาชนะบรรจุหลอดใส่สารละลายตัวอย่างไคโตซานสำหรับฉายรังสี 53
3.8 แสดงชุดภาชนะบรรจุหลอดสารละลายไคโตซานสำหรับฉายรังสี 54
3.9 แสดงเครื่องฉายรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสีโคบอลท์-60 54

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีที่ฉายในสภาวะสารละลายกรดอะซิติกกับน้ำหนักโมเลกุล (Mv) ของไคโตซานโดยที่ไคโตซานฉายรังสีในสภาวะของแข็งมาแล้ว 60 kGy และฉายรังสีต่อที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ ในสภาวะสารละลายกรดอะซิติก 2.5% ที่ความเข้มข้นของไคโตซาน 10% เมื่อทำการตัดข้อมูลที่มีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยมากที่สุดออกชุดละ 1 ค่า 74

5.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีในสภาวะของแข็ง 60 kGy และนำมาฉายรังสีต่อในสภาวะสารละลายกรดอะซิติก 2.5% ที่ปริมาณต่าง ๆ 88