การขจัดหมู่อะซิติลในไคติน
และสมบัติของไคตินและไคโตแซนในการคีเลตเฟอร์ริกไอออน

นางสาวบุศรากรณ์ มหาโยธี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ 2537

ISBN 974-584-475-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I1888A1600

CHITIN DEACETYLATION AND FERRIC ION CHELATING PROPERTY OF CHITIN AND CHITOSAN

MISS BUSARAKORN MAHAYOTHEE

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduated School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-475-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การขจัดหมู่อะซิติลในไคติน และสมบัติของไคตินและไคโตแซนในการคีเลตเฟอร์ริกไอออน
โดย	นางสาว บุศรากรณ์ มหาโยธี
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

บุศรากรณ์ มหาโยธี : การขจัดหมู่อะซิติลในไคติน และสมบัติของไคตินและไคโตแซนในการคีเลตเฟอร์ริกไอออน (CHITIN DEACETYLATION AND FERRIC ION CHELATING PROPERTY OF CHITIN AND CHITOSAN) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร. วรรณา ตุลยธัญ, 100 หน้า. ISBN 974-584-475-6

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมไคโตแซนโดยใช้ไคตินทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นคงที่ที่ร้อยละ 50 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศปกติ แปรค่าอุณหภูมิที่ 60±1, 70±1, 80±1 และ 90±1 องศาเซลเซียสและเวลาที่ 1 ,2, 3 และ 4 ชั่วโมง ประเมินผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาที่มีต่อค่าปริมาณการขจัดหมู่อะซิติลและความหนืดของไคโตแซนและศึกษาอินฟราเรดสเปกตรัมของไคโตแซนที่เตรียมได้เปรียบเทียบกับไคโตแซนทางการค้า นอกจากนี้ยังได้ศึกษาสมบัติของไคตินและไคโตแซนในการคีเลตเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ที่เวลาในการเขย่า 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าปริมาณการขจัดหมู่อะซิติลและความหนืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น ค่าปริมาณการขจัดหมู่อะซิติลจะเพิ่มขึ้น แต่ค่าความหนืดจะลดลงไคโตแซนที่เตรียมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงจะมีค่าปริมาณการขจัดหมู่อะซิติลสูงที่สุดเท่ากับ 4.08×10^{-3} โมลแอมโมเนียต่อกรัมไคโตแซนไฮโดรคลอไรด์ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80.38 และมีความหนืดต่ำที่สุดเท่ากับ 607.50± 17.68 เซนติพอยส์ เมื่อเปรียบเทียบอินฟราเรดสเปกตรัมของไคโตแซนที่เตรียมได้กับไคโตแซนทางการค้า พบว่าแสดงลักษณะเหมือนกัน สำหรับผลการศึกษาสมบัติในการคีเลตเฟอร์ริกไอออน พบว่าชนิดของโพลิเมอร์มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่าปริมาณการสะสมเฟอร์ริกไอออนบนไคตินและไคโตแซน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และไคโตแซนที่เตรียมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงมีความสามารถในการคีเลตเฟอร์ริกไอออนสูงที่สุดโดยสามารถสะสมเฟอร์ริกไอออนได้สูงถึงร้อยละ 99.66 ± 0.14

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต บุศรากรณ์ มหาโยธี

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C326582: MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD: CHITIN/CHITOSAN/DEACETYLATION/IRON CHELATING PROPERTY
BUSARAKORN MAHAYOTHEE : CHITIN DEACETYLATION AND FERRIC ION CHELATING PROPERTY OF CHITIN AND CHITOSAN. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.CHAIYUTE THUNPITHAYAKUL, Ph.D.; THESIS CO-ADVISOR : ASST.PROF.VANNA TULYATHAN, Ph.D. 100 pp. ISBN 974-584-475-6

This research involved study on the preparation of chitosan by reacting chitin with 50% sodium hydroxide at temperature below 100 ^{o}C under normal atmospheric pressure. Four different temperatures (60$\pm$1 ^{o}C, 70$\pm$1 ^{o}C, 80$\pm$1 ^{o}C and 90$\pm$1 ^{o}C) and four different times (1,2,3 and 4 hours) were employed at the stage of deacetylation. In addition, effect of reaction temperature and time on degree of deacetylation and viscosity of chitosan were determined. The infrared spectrum of the prepared chitosans and a commercial chitosan were measured by infrared spectrophotometer. Assessments were made of chitin and chitosan for their differences in ferric ion(Fe^{3+}) chelating property, as influenced by four different shaking times (1,2,3 and 4 hours). The results indicated that degree of deacetylation and viscosity of chitosan were significantly affected by reaction temperature and time and the interaction between temperature and time($p \leq 0.05$). Increasing temperature and time had a positive effect on degree of deacetylation but a negative effect on viscosity of chitosan. Preparation of chitosan at 90^{o}C for 4 hours was found to have the highest degree of deacetylation (4.08×10^{-3} mole ammonia per gram chitosan hydrochloride or 80.38%) and the lowest apparent viscosity (607.50$\pm$17.68 centipoise at room temperature). The infrared spectrum of chitosan prepared was identical to that of commercial chitosan. No significant changes ($p > 0.05$) in percentage of ferric ion were found in chitin and chitosan with different shaking times. Additionally, chitosan prepared at 90^{o}C for 4 hours was suitable for chelating ferric ion (up to 99.16$\pm$0.14%).

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต บุศรากรณ์ มหาโยธี

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ดิฉันขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ชัญพิทยากุล อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ ในด้านต่างๆจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่กรุณาให้ความรู้อันเป็นพื้นฐานสำหรับการแก้ไขและการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณบริษัท ยูนิคอร์ด จำกัด(มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ไคตินซึ่งเป็นวัตถุดิบในการวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ประจำศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์อินฟราเรดสเปกตรัม และปริมาณเหล็ก

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนการวิจัย และขอขอบคุณโครงการผลิตและพัฒนาอาจารย์ ทบวงมหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนในด้านทุนการศึกษาในปีการศึกษา 2534-2535

ขอขอบคุณ คุณบุญชนะ มังกรกาญจน์ คุณบัณฑูร เศรษฐศิโรฒน์ คุณอรพิน ประยงค์รัตน์ คุณทิพย์วรรณ ศรีโรจน์นพคุณ คุณเตือนใจ ภู่ระหงษ์ คุณศิริวรรณ จิระวัฒนภัณท์ คุณทัศนีย์ เลขากุลพร คุณเอกชัย เอกชัยไพบูลย์ คุณวิภาดา ศุภจรรยา คุณกมลทิพย์ ดำสีนิล คุณอภิญญา เจริญกูล คุณกีรสุดา สมบูรณ์บูรณะ คุณวรรณธิรา จิตพิมลมาศ และนิสิตปริญญาโทภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอด

ท้ายนี้ ดิฉันขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่อบอุ่น อันได้แก่คุณยาย คุณพ่อ คุณแม่ และน้องๆที่ได้ให้กำลังใจที่ยิ่งใหญ่ แก่ดิฉันเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

2. วารสารปริทัศน์ 5

- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไคติน 5

- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไคโตแซน 14

- สมบัติในการจับไอออนของโลหะของไคตินและไคโตแซน 22

3. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 33

- อุปกรณ์ 33

- สารเคมี 34

- วัตถุดิบ 35

4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 36

- องค์ประกอบทางเคมีของไคติน 36

- การดัดแปรไคตินด้วยวิธีการขจัดหมู่อะซิติล 36

- องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนืดของไคโตแซน.. 37

- ผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อค่าการขจัดหมู่อะซิติลของไคโตแซน..... 38

- อินฟราเรดสเปกตรัม (Infrared Spectrum) ของไคตินและไคโตแซน 39

บทที่ หน้า

- สมบัติในการคีเลตเฟอร์ริกไอออน(Ferric ion,Fe^{3+}) ของไคตินและไคโตแซน 40

5. ผลการทดลองและวิจารณ์ 41

- องค์ประกอบทางเคมีของไคติน 41
- การดัดแปรไคตินด้วยวิธีการขจัดหมู่อะซิติล 43
- องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนืดของไคโตแซน.. 45
- ผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อค่าการขจัดหมู่อะซิติล ของไคโตแซน 50
- อินฟราเรดสเปกตรัมของไคตินและไคโตแซน 56
- สมบัติการคีเลตเฟอร์ริกไอออน(Ferric ion,Fe^{3+}) ของไคตินและไคโตแซน 64

6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 75

- สรุปผลการทดลอง 75
- ข้อเสนอแนะ 77

เอกสารอ้างอิง 79

ภาคผนวก ก 84

ภาคผนวก ข 93

ภาคผนวก ค 94

ประวัติผู้เขียน 100

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลผลิตและมูลค่ากุ้งทะเลในช่วงปีพุทธศักราช 2515-2534 ...	1
2.1	ปริมาณของไคตินที่พบในปู กุ้ง แมลง สัตว์ที่มีเปลือกแข็ง และสาหร่ายชนิดต่างๆ	6
2.2	องค์ประกอบทางเคมีของไคตินจากแหล่งต่างๆ (Austin and Rutherford,1978).....	13
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างไคโตแซนที่ระดับความหนืดต่างๆ	20
2.4	ความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะทรานสิชัน บนไคตินและไคโตแซนขนาด 100-200 เมช ปริมาณ 200 มิลลิกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในสารละลายที่มีความเข้มข้นของโลหะ $4.42x10^{-4}$ โมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่เวลาในการเขย่า 1 ชั่วโมง	23
2.5	ความสามารถในการดูดซับยูเรเนียม บนไคโตแซนขนาด 100-200 เมช ปริมาณ 200 มิลลิกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในสารละลายยูเรเนียมความเข้มข้น $4.2x10^{-6}$ กรัมต่อ 50 มิลลิลิตร ที่ความเป็นกรดด่าง 5.5 ภายในเวลาการเขย่า 1,2 และ18 ชั่วโมง	25
2.6	ร้อยละการสะสมโลหะหมู่ทรานสิชันในน้ำทะเลบนไคโตแซนขนาด 100-200 เมช ปริมาณ 100 มิลลิกรัม ต่อน้ำทะเลปริมาตร 1 ลิตร ที่ความเป็นกรดด่าง 8.2 ภายหลังการกวน 1 ชั่วโมง	26

ตารางที่ หน้า

2.7 ความสามารถในการสะสมไอออนของโลหะจากสารละลาย ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บนคอลัมน์ไคโตแซนโพลิโมลิบเดทขนาด 5x1เซนติเมตร ไคโตแซนโพลิโมลิบเดทมีขนาด 100-200 เมช และอัตราการป้อนสารละลาย 3 มิลลิลิตรต่อนาที 29

5.1 องค์ประกอบทางเคมีของไคตินที่ผลิตโดยบริษัท ยูนิคอร์ด จำกัด (มหาชน) เปรียบเทียบกับค่าตาม specification .. 42

5.2 ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตไคโตแซนที่เตรียมที่อุณหภูมิ 60,70,80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1,2,3 และ 4 ชั่วโมง.. 44

5.3 องค์ประกอบทางเคมีของไคโตแซน 46

5.4 ค่าเฉลี่ยความหนืดของสารละลายไคโตแซนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในกรดอะซิติกเจือจางความเข้มข้นร้อยละ 1 วัดที่ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4 และที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ probe no.3..... 48

5.5 Specification สำหรับไคโตแซน (McCarthy,1985..... 50

5.6 ค่าเฉลี่ยปริมาณการขจัดหมู่อะซิติลของไคโตแซนที่เตรียมที่อุณหภูมิ และเวลาในการขจัดหมู่อะซิติลต่างๆ (เปรียบเทียบน้ำหนักแห้ง) 53

5.7 ร้อยละการสะสมเฟอร์ริกไอออนบนไคตินและไคโตแซนขนาด 100-200 เมช ปริมาณ 500 มิลลิกรัม ในสารละลายเฟอร์ริกไอออนความเข้มข้น 24.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ภายในเวลาการเขย่า 1,2,3 และ 4 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ที่ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7 และอุณหภูมิห้อง 64

ตารางที่ หน้า

5.8 ค่าร้อยละการสะสมเฟอร์ริกไอออน(Fe^{3+})บนไคติน และไคโตแซน 67

5.9 ไมโครกรัมของเฟอร์ริกไอออนต่อกรัมของไคติน และไคโตแซนขนาด 100-200 เมช เขย่าไคตินและไคโตแซนในสารละลายเฟอร์ริกไอออนความเข้มข้น 24.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ที่ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7 และที่อุณหภูมิห้อง 70

5.10 ร้อยละการสะสมเฟอร์ริกไอออนบนไคตินและไคโตแซนขนาด 100-200 เมช ปริมาณ 500 มิลลิกรัม ในสารละลายเฟอร์ริก-ไอออนความเข้มข้น 24.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 ml. ภายในเวลาการเขย่า 15,30 และ 45 นาที ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ที่ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7 และที่อุณหภูมิห้อง..... 72

5.11 ค่าร้อยละการสะสมเฟอร์ริกไอออน(Fe^{3+})บนไคตินและไคโตแซน ภายในเวลาการเขย่า 15,30 และ 45 นาที 75

ค.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละผลผลิตไคโตแซนที่อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการขจัดหมู่อะซิติลต่างๆ 94

ค.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความหนืดของสารละลายไคโตแซนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในกรดอะซิติกเจือจางความเข้มข้นร้อยละ 1 วัดที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4 และที่อุณหภูมิห้อง โดยเตรียมไคโตแซนที่อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการขจัดหมู่อะซิติลต่างๆ 95

ตารางที่ หน้า

ค.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าปริมาณการขจัดหมู่อะซิติลของไคโตแซนที่อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการขจัดหมู่อะซิติลต่างๆ 96

ค.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการสะสมเฟอร์ริกไอออนบนไคติน และไคโตแซนที่เวลาในการเขย่า 1,2,3 และ 4 ชั่วโมง 97

ค.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าไมโครกรัมของเฟอร์ริกไอออนต่อกรัมไคติน และไคโตแซนที่เวลาในการเขย่า 1,2,3 และ 4 ชั่วโมง 98

ค.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการสะสมเฟอร์ริกไอออนบนไคติน และไคโตแซนที่เวลาในการเขย่า 15,30 และ 45 ชั่วโมง 99

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการแยกไคติน	8
2.2	กระบวนการแยกไคตินตามวิธีของ Hackman (1954)	9
2.3	กระบวนการแยกไคตินจากเปลือกกุ้งโดยวิธีของ Whistler และ BeMiller (1962).....	10
2.4	กระบวนการแยกไคตินตามวิธีของ Austin และ Rutherford (1978)	11
2.5	สูตรโครงสร้างทางเคมีของ (ก) ไคติน	12
	(ข) เซลลูโลส	12
2.6	ค่าร้อยละการขจัดหมู่อะซิติลที่เวลาต่างๆ และค่าความหนืดของไคโตแซน	15
2.7	ผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณหมู่อะมิโนอิสระในไคโตแซน	17
2.8	ผลของเวลาที่ใช้ในการขจัดหมู่อะซิติลต่อปริมาณหมู่อะมิโนอิสระในไคโตแซน	17
2.9	ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการขจัดหมู่อะซิติลต่อปริมาณหมู่อะมิโนอิสระในไคโตแซน	18
2.10	สูตรโครงสร้างทางเคมีของไคโตแซน	19
2.11	ผลของความเข้มข้นของโพลิเมอร์ ต่อค่าความหนืดของสารละลายไคโตแซน 3 ชนิด ที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4 และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	21
2.12	ผลของอุณหภูมิต่อค่าความหนืดของสารละลายไคโตแซน 3 ชนิด ที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4 และละลายในกรดอะซิติก	22

รูปที่ หน้า

2.13 อัตราการสะสม Ce^{3+} และ Ce^{4+} ในสารละลายซีเรียม ความเข้มข้น 1.76 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร บนไคตินและไคโตแซนขนาด 100-200 เมช ปริมาณ 200 มิลลิกรัม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.0 27

2.14 อัตราการสะสมไอออนของสังกะสีจากสารละลายโลหะความเข้มข้น 0.44 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร บนไคโตแซนปริมาณ 200 มิลลิกรัม ซึ่งมีขนาด 100-200 เมช และ 2 มิลลิเมตร 30

2.15 อัตราการสะสมตะกั่วจากสารละลายโลหะความเข้มข้น 0.44 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร บนไคโตแซนขนาด 100-200 เมช ปริมาณ 200 มิลลิกรัม ที่อุณหภูมิ 0 และ 25 องศาเซลเซียส 31

4.1 ขั้นตอนการเตรียมไคโตแซนดัดแปลงจากวิธีของ Yang(1984) 37

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณการขจัดหมู่อะซิติลดัดแปลงจากวิธีของ Yang (1984) 39

5.1 ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการขจัดหมู่อะซิติลต่อค่าความหนืดของสารละลายไคโตแซน ที่เตรียมได้จากการทดลอง 49

5.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการขจัดหมู่อะซิติลต่อค่าปริมาณการขจัดหมู่อะซิติลของไคโตแซน ที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส 54

5.3 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการขจัดหมู่อะซิติลต่อค่าร้อยละการขจัดหมู่อะซิติลของไคโตแซนที่เวลาการขจัด 3 และ 4 ชั่วโมง 55

รูปที่ หน้า

5.4 อินฟราเรดสเปกตรัมของไคติน ผลิตโดยบริษัท Sigma ประเทศสหรัฐอเมริกา (solid phase,KBr)..... 57

5.5 อินฟราเรดสเปกตรัมของไคตินที่ใช้ในงานวิจัย ผลิตโดย บริษัท ยูนิคอร์ด จำกัด (มหาชน) (solid phase,KBr).... 57

5.6 เปรียบเทียบอินฟราเรดสเปกตรัมของไคตินที่ผลิตโดยบริษัท Sigma ประเทศสหรัฐอเมริกา และบริษัท ยูนิคอร์ด จำกัด (มหาชน) (solid phase,KBr)..... 58

5.7 อินฟราเรดสเปกตรัมมาตรฐานของ N-acetyl-glucosamine (liquid phase,mineral oil) 58

5.8 อินฟราเรดสเปกตรัมของไคโตแซน ที่เตรียมที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง(solid phase,KBr).. 60

5.9 อินฟราเรดสเปกตรัมของไคโตแซน ที่เตรียมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง(solid phase,KBr).. 60

5.10 อินฟราเรดสเปกตรัมของไคโตแซน ที่เตรียมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง(solid phase,KBr).. 61

5.11 อินฟราเรดสเปกตรัมของไคโตแซนที่ผลิตโดย บริษัท Fluka ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ (solid phase,KBr)..... 61

5.12 เปรียบเทียบอินฟราเรดสเปกตรัมของไคโตแซนที่เตรียมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง กับไคโตแซนที่ ผลิตโดย บริษัท Fluka ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ (solid phase,KBr) 62

5.13 เปรียบเทียบอินฟราเรดสเปกตรัมของไคโตแซนที่เตรียมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง กับไคตินที่ผลิต โดยบริษัท ยูนิคอร์ด จำกัด(มหาชน)(solid phase,KBr)... 63

รูปที่ หน้า

5.14 สูตรโครงสร้างทางเคมีของไคตินและไคโตแซน (Shahidi and Synowiecki,1992) 66

5.15 ร้อยละการสะสมเฟอร์ริกไอออนบนไคโตแซนที่มีค่าปริมาณการขจัดหมู่อะซิติลต่างๆ ที่ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7 และที่อุณหภูมิห้อง 68

5.16 ผลของเวลาที่ใช้ในการแช่ต่อค่าร้อยละการสะสมเฟอร์ริกไอออนบนไคตินและไคโตแซน 70