

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	(1)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพประกอบ	(11)

บทที่

1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2. วารสารปริทรรศน์.....	4
2.1 นานาเทคโนโลยี.....	4
2.1.1 อนุภาคนาโน.....	5
2.1.2 การประยุกต์ใช้อนุภาคนาโน.....	6

2.1.2.1	Chitosan : Nanobiopolymer as Drugs Carriers.....	6
2.1.2.2	Antimicrobial Nanomaterial in Textile.....	6
2.1.2.3	Preparation of Nanoparticles.....	6
2.1.2.4	Nanotechnology Drug Delivery.....	7
2.1.2.5	Pharmaceutical Solid Dosage form.....	7
2.1.3	เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	7
2.1.3.1	เครื่องมือวิเคราะห์สารด้วยแสงอินฟราเรด.....	7
2.1.3.2	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน.....	10
2.1.3.3	เครื่องวัดค่าศักย์ไฟฟ้า.....	11
2.2	ไคโตซาน.....	13
2.2.1	โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน.....	13
2.2.2	คุณสมบัติของไคโตซาน.....	14
2.2.2.1	การละลาย.....	14
2.2.2.2	Degree of deacetylation.....	14
2.2.2.3	ความหนืด.....	14
2.2.2.4	ความสามารถในการตกตะกอน.....	14
2.2.2.5	Molecular conformation.....	15
2.2.2.6	การเสื่อมสลาย.....	15
2.2.2.7	ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยา.....	16
2.2.3	ประโยชน์ของไคโตซาน.....	17
2.2.3.1	วัสดุทางการแพทย์.....	17
2.2.3.2	อาหารและเครื่องดื่ม.....	17
2.2.3.3	การเกษตร.....	17
2.2.3.4	Product separation and recovery.....	18
2.3	กลูโคส.....	18
2.3.1	ความสำคัญ.....	19
2.3.2	การผลิตจากธรรมชาติ.....	19

2.4 แอลฟาโทโคฟีรอล.....	20
2.4.1 คุณสมบัติ.....	20
2.5 รายงานวิจัยที่เกี่ยวกับการกักเก็บและปลดปล่อย.....	21
2.5.1 เครื่องสำอาง.....	21
2.5.2 อุตสาหกรรม.....	23
2.5.3 สารสกัดสมุนไพร.....	23
2.5.4 เกษตรกรรม.....	24
3. วิธีการวิจัย.....	25
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี.....	25
3.1.1 อุปกรณ์.....	25
3.1.2 เครื่องมือ.....	25
3.1.3 สารเคมี.....	26
3.2 การเตรียมอนุภาคนาโนไคโตซาน.....	27
3.3 การกักเก็บสารต่างๆ ในอนุภาคนาโนไคโตซาน.....	27
3.3.1 การกักเก็บกลูโคส.....	27
3.3.2 การกักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอล.....	28
3.3.3 การกักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอลและกลูโคส.....	29
3.3.4 สูตรการหาประสิทธิภาพการกักเก็บ.....	29
3.3.5 สูตรการหาประสิทธิภาพการปลดปล่อย.....	29
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	30
3.5 การปลดปล่อยสารต่างๆ จากอนุภาคไคโตซาน.....	30
3.5.1 อัตราการปลดปล่อยสารแบบสะสม.....	30
3.5.2 อัตราการปลดปล่อยสารแบบไม่สะสม.....	31
3.6 การวิเคราะห์ต่างๆ.....	31
3.6.1 การหาปริมาณกลูโคสด้วยวิธี DNS.....	31
3.6.2 การหาปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอล.....	31

3.7 การศึกษาลักษณะของอนุภาคนาโนไคโตซาน.....	32
3.7.1 วิเคราะห์ประจุบนผิวอนุภาค.....	32
3.7.2 วัดขนาดและรูปร่างอนุภาค.....	32
3.8 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสาร.....	32
3.9 สถานที่ทำการทดลอง.....	33
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....	34
4.1 การหาประสิทธิภาพการกักเก็บ.....	34
4.1.1 กักเก็บกลูโคส.....	34
4.1.2 กักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอล.....	39
4.1.3 กักเก็บกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล.....	41
4.2 ศึกษาการปลดปล่อยสารจากอนุภาคนาโนไคโตซาน.....	43
4.2.1 การปลดปล่อยกลูโคส.....	43
4.2.2 การปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอล.....	44
4.2.3 การปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล.....	45
4.2.3.1 การปลดปล่อยกลูโคส.....	45
4.2.3.2 การปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอล.....	46
4.2.4 ผลของค่าพีเอชต่อการปลดปล่อย.....	47
4.2.4.1 การปลดปล่อยกลูโคส.....	47
4.2.4.2 การปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอล.....	49
4.2.4.3 การปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล.....	51
4.2.5 ผลของอุณหภูมิต่อการปลดปล่อย.....	54
4.2.5.1 การปลดปล่อยกลูโคส.....	54
4.2.5.2 การปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอล.....	55
4.2.5.3 การปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล.....	57
4.3 การศึกษาลักษณะของอนุภาคไคโตซาน.....	60

4.3.1	ศึกษารูปร่างและขนาด.....	60
4.3.1.1	อนุภาคโคโตซานก่อนและหลังกักเก็บ.....	60
4.3.1.2	อนุภาคโคโตซานหลังจากปลดปล่อย.....	64
4.3.2	การวัดค่าศักย์ซีต้า (Zeta potential).....	66
4.3.2.1	การวัดค่าศักย์ซีต้าก่อนและหลังการกักเก็บ.....	66
4.3.2.2	การวัดค่าศักย์ซีต้าหลังการปลดปล่อย.....	68
4.4	ศึกษาองค์ประกอบของอนุภาคโคโตซานในการกักเก็บ และปลดปล่อยสารโดยใช้เทคนิค Transmission-resolved Fourier Transform Infrared spectroscopy (TR-FTIR).....	70
4.4.1	ศึกษาการกักเก็บสาร.....	70
4.4.1.1	การเกิดอนุภาคโคโตซาน.....	70
4.4.1.2	การเกิดอนุภาคโคโตซานกักเก็บกลูโคส.....	72
4.4.1.3	การเกิดอนุภาคโคโตซานกักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอล.....	73
4.4.1.4	การเกิดอนุภาคนาโนโคโตซานกักเก็บกลูโคสและ แอลฟาโทโคฟีรอล.....	75
4.4.2	ศึกษาการปลดปล่อยสาร.....	77
4.4.2.1	การปลดปล่อยกลูโคส.....	77
4.4.2.2	การปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอล.....	78
4.4.2.3	การปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล.....	79
5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	80
5.1	สรุปผลการทดลอง.....	80
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	83
	บรรณานุกรม.....	84
	ภาคผนวก.....	91

ก. การเตรียมสารละลายที่ใช้ในงานวิจัย.....	92
ข. วิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อทำการวัดสเปกตรัมอนุภาคนาโนไคโตซาน โดยใช้เทคนิค TR-FTIR.....	93
ค. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล.....	94
ง. กราฟการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของอนุภาคไคโตซานก่อนและหลังการกักเก็บและปลดปล่อย.....	97
จ. ข้อมูลจากการทดลอง.....	101
ฉ. ผลงานทางวิชาการ.....	118
ประวัติการศึกษา.....	123

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 สถิติเลวีนที่ใช้ทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนในการแปรผัน ความเข้มข้นโคโคซานและกลูโคส.....	38
4.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในการแปรผันความเข้มข้นโคโคซานและ กลูโคส.....	38
4.3 สถิติเลวีนที่ใช้ทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนในการแปรผันความเข้มข้น โคโคซานและแอลฟาโทโคฟีรอล.....	39
4.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในการแปรผันความเข้มข้นโคโคซานและ แอลฟาโทโคฟีรอล.....	41
4.5 ประสิทธิภาพการกักเก็บสารของอนุภาคนาโนโคโคซาน.....	44
4.6 สรุปรูปขนาดอนุภาคนาโนโคโคซานก่อนและหลังการกักเก็บสาร.....	64
4.7 สรุปรูปขนาดอนุภาคโคโคซานหลังการปลดปล่อยสาร.....	66
4.8 สรุปรูปการวัดค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคนาโนโคโคซานก่อนและหลังการกักเก็บสาร.....	68
4.9 สรุปรูปการวัดค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคโคโคซานหลังการปลดปล่อย.....	69
4.10 สรุปรูปขนาดอนุภาคและค่าศักย์ซีต้าของอนุภาคโคโคซาน.....	70

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
2.1 Carbon Nanotube และ Fullerenes.....	5
2.2 เครื่องมือวิเคราะห์สารด้วยแสงอินฟราเรด (FTIR).....	8
2.3 หลักการทำงานของเทคนิค Attenuated total reflection.....	9
2.4 หลักการทำงานของเทคนิค Transmission.....	10
2.5 ส่วนประกอบและการทำงานของเครื่อง TEM.....	11
2.6 เครื่องวัดค่าศักย์ซีต้า.....	12
2.7 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน.....	13
2.8 โครงสร้างทางเคมีของกลูโคส.....	19
2.9 โครงสร้างแอลฟาโทโคฟีรอล.....	20
4.1 อิทธิพลของไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการกักเก็บกลูโคส : (ก) กลูโคส 0.25, (ข) กลูโคส 0.5, (ค) กลูโคส 0.75 และ (ง) กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดยปริมาตร (ณ อุณหภูมิห้อง ที่พีเอช 5.2).....	34
4.2 ผลของกลูโคสที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0.25, 0.5, 0.75, 1, 2, 3, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร ต่อประสิทธิภาพการกักเก็บ ที่ไคโตซานเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร (อุณหภูมิห้อง และพีเอช 5.3).....	35
4.3 อิทธิพลของไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0.001, 0.025, 0.05, 0.1, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร ต่อประสิทธิภาพการกักเก็บกลูโคสเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร (ณ อุณหภูมิห้อง และพีเอช 5.0).....	36
4.4 ประสิทธิภาพการกักเก็บกลูโคสที่ความเข้มข้นไคโตซาน 0.025 และ 0.001 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร ต่อการกักเก็บกลูโคสที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ : (ก) กลูโคส 1, (ข) กลูโคส 2, (ค) กลูโคส 3, (ง) กลูโคส 5 และ (จ) กลูโคส 10 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดยปริมาตร (ณ อุณหภูมิห้อง และพีเอช 5.3).....	37

4.5	อิทธิพลของไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการกักเก็บแอลฟา โทโคฟีรอล : (ก) แอลฟาโทโคฟีรอล 0.25, (ข) แอลฟาโทโคฟีรอล 0.5, (ค) แอลฟาโทโคฟีรอล 0.75 และ (ง) แอลฟาโทโคฟีรอล 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก โดยปริมาตร (ณ อุณหภูมิห้อง และพีเอช 5.4).....	39
4.6	การปลดปล่อยกลูโคสสะสมและไม่สะสม ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน เขย่าด้วยความแรงของ 180 รอบต่อนาที : (ก) กลูโคสสะสม และ (ข) กลูโคสไม่สะสม	43
4.7	การปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสม ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน เขย่าด้วยความแรงของ 180 รอบต่อนาที : (ก) แอลฟาโทโคฟีรอลสะสม และ(ข) แอลฟาโทโคฟีรอลไม่สะสม.....	45
4.8	ผลการปลดปล่อยกลูโคสสะสมและไม่สะสมจากอนุภาคไคโตซานที่กักเก็บสารสอง ชนิด ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน : (ก) กลูโคสสะสม, (ข) กลูโคสไม่สะสม.....	46
4.9	ผลการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมและไม่สะสม จากอนุภาคไคโตซานที่ กักเก็บสารสองชนิด ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน : (ก) แอลฟาโทโคฟีรอลสะสม และ (ข) แอลฟาโทโคฟีรอลไม่สะสม.....	47
4.10	ผลของค่าพีเอชต่างๆ ต่อการปลดปล่อยกลูโคสแบบสะสมจากอนุภาคไคโตซาน ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน : (ก) pH 3, (ข) pH 5, (ค) pH 7 และ (ง) pH 9	48
4.11	ผลของค่าพีเอชต่างๆ ต่อการปลดปล่อยกลูโคสแบบไม่สะสมจากอนุภาคไคโตซาน ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน : (ก) pH 3, (ข) pH 5, (ค) pH 7 และ (ง) pH 9.....	49
4.12	ผลของค่าพีเอชต่างๆ ต่อการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลแบบสะสม จากอนุภาคไคโตซาน ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน : (ก) pH 3, (ข) pH 5, (ค) pH 7 และ (ง) pH 9.....	50
4.13	ผลของค่าพีเอชต่างๆ ต่อการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลแบบไม่สะสม จากอนุภาคไคโตซาน ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน : (ก) pH 3, (ข) pH 5,	

	(ค) pH 7 และ (ง) pH 9.....	50
4.14	ผลของค่าพีเอชต่างๆ ต่อการปลดปล่อยกลูโคสแบบสะสมรวมกับแอลฟาโทโคฟีรอลจากอนุภาคโคโตซาน ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน : (ก) pH 3, (ข) pH 5, (ค) pH 7 และ (ง) pH 9.....	51
4.15	ผลของค่าพีเอชต่างๆ ต่อการปลดปล่อยกลูโคสแบบไม่สะสมรวมกับแอลฟาโทโคฟีรอลจากอนุภาคโคโตซาน ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน : (ก) pH 3, (ข) pH 5, (ค) pH 7 และ (ง) pH 9.....	52
4.16	ผลของค่าพีเอชต่างๆ ต่อการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลสะสมที่กักเก็บรวมกับกลูโคสจากอนุภาคโคโตซาน ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน : (ก) pH 3, (ข) pH 5, (ค) pH 7 และ (ง) pH 9.....	53
4.17	ผลของค่าพีเอชต่างๆ ต่อการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลไม่สะสมที่กักเก็บรวมกับกลูโคสจากอนุภาคโคโตซาน ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน : (ก) pH 3, (ข) pH 5, (ค) pH 7 และ (ง) pH 9.....	53
4.18	ผลของอุณหภูมิต่างๆ ต่อการปลดปล่อยกลูโคสสะสมจากอนุภาคโคโตซาน เป็นระยะเวลา 7 วัน : (ก) 25, (ข) อุณหภูมิห้อง, (ค) 45, (ง) 60 และ (จ) 80 องศาเซลเซียส.....	54
4.19	ผลของอุณหภูมิต่างๆ ต่อการปลดปล่อยกลูโคสไม่สะสมจากอนุภาคโคโตซาน เป็นระยะเวลา 7 วัน : (ก) 25, (ข) อุณหภูมิห้อง, (ค) 45, (ง) 60 และ (จ) 80 องศาเซลเซียส.....	55
4.20	ผลของอุณหภูมิต่างๆ ต่อการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลแบบสะสมจากอนุภาคโคโตซานเป็นระยะเวลา 7 วัน : (ก) 25, (ข) อุณหภูมิห้อง, (ค) 45, (ง) 60 และ (จ) 80 องศาเซลเซียส.....	56
4.21	ผลของอุณหภูมิต่างๆ ต่อการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลแบบไม่สะสมจากอนุภาคโคโตซานเป็นระยะเวลา 7 วัน : (ก) 25, (ข) อุณหภูมิห้อง, (ค) 45, (ง) 60 และ (จ) 80 องศาเซลเซียส.....	57

4.22	ผลของอุณหภูมิต่างๆ ต่อการปลดปล่อยกลูโคสแบบสะสมจากอนุภาคไคโตซาน ที่กักเก็บกลูโคสร่วมกับแอลฟาโทโคฟีรอลเป็นระยะเวลา 7 วัน : (ก) 25, (ข) อุณหภูมิห้อง, (ค) 45, (ง) 60 และ (จ) 80 องศาเซลเซียส).....	58
4.23	ผลของอุณหภูมิต่างๆ ต่อการปลดปล่อยกลูโคสแบบไม่สะสมจากอนุภาคไคโตซานที่ กักเก็บกลูโคสร่วมกับแอลฟาโทโคฟีรอลเป็นระยะเวลา 7 วัน : (ก) 25, (ข) อุณหภูมิห้อง, (ค) 45, (ง) 60 และ (จ) 80 องศาเซลเซียส).....	58
4.24	ผลของอุณหภูมิต่างๆ ต่อการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลแบบสะสมจากอนุภาคไค โตซานที่กักเก็บกลูโคสร่วมกับแอลฟาโทโคฟีรอลเป็นระยะเวลา 7 วัน : (ก) 25, (ข) อุณหภูมิห้อง, (ค) 45, (ง) 60 และ (จ) 80 องศาเซลเซียส).....	59
4.25	ผลของอุณหภูมิต่างๆ ต่อการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลแบบไม่สะสมจากอนุภาค ไคโตซานที่กักเก็บกลูโคสร่วมกับแอลฟาโทโคฟีรอลเป็นระยะเวลา 7 วัน : (ก) 25, (ข) อุณหภูมิห้อง, (ค) 45, (ง) 60 และ (จ) 80 องศาเซลเซียส).....	60
4.26	ภาพจากกล้อง TEM ของอนุภาคไคโตซานเตรียมได้จากไคโตซาน 0.05 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้สาร TPP เป็นสารเชื่อมขวาง.....	61
4.27	ภาพจากกล้อง TEM ของอนุภาคไคโตซานกักเก็บกลูโคสเตรียมได้จากไคโตซาน 0.05 และกลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้สาร TPP เป็นสารเชื่อมขวาง.....	61
4.28	ภาพจากกล้อง TEM ของอนุภาคไคโตซานกักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอลเตรียมได้จาก ไคโตซาน 0.05 และแอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้ สาร TPP เป็น สารเชื่อมขวาง.....	62
4.29	ภาพจากกล้อง TEM ของอนุภาคไคโตซานกักเก็บกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล เตรียมได้จากไคโตซาน 0.05, กลูโคส 1 และแอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้สาร TPP เป็นสารเชื่อมขวาง.....	63
4.30	ภาพจากกล้อง TEM ของอนุภาคไคโตซานหลังจากปลดปล่อยกลูโคสเป็นระยะเวลา 7 วัน เตรียมได้จากไคโตซาน 0.05 และ กลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้สาร TPP เป็นสารเชื่อมขวาง.....	65

4.31	ภาพจากกล้อง TEM ของอนุภาคไคโตซานหลังจากปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอล เป็นระยะเวลา 7 วัน เตรียมได้จากไคโตซาน 0.05 และ แอลฟาโทโคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้สาร TPP เป็นสารเชื่อมขวาง.....	65
4.32	ภาพจากกล้อง TEM ของอนุภาคไคโตซานหลังจากปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโท โคฟีรอลเป็นระยะเวลา 7 วัน เตรียมได้จากไคโตซาน 0.05 , กลูโคส 1 และแอลฟาโท โคฟีรอล 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร โดยใช้สาร TPP เป็นสารเชื่อมขวาง.....	66
4.33	สเปกตรัมของไคโตซานวัดโดยใช้เทคนิค TR-FTIR.....	71
4.34	สเปกตรัมของไคโตซานเปรียบเทียบกับอนุภาคไคโตซานวัดโดยใช้เทคนิค TR-FTIR : (ก) ไคโตซาน และ (ข) อนุภาคไคโตซาน.....	72
4.35	สเปกตรัมของอนุภาคไคโตซานเปรียบเทียบกับอนุภาคไคโตซาน กักเก็บกลูโคสวัดโดยใช้เทคนิค TR-FTIR : (ก) อนุภาคไคโตซาน, (ข) กลูโคส และ (ข) อนุภาคไคโตซานกักเก็บกลูโคส.....	73
4.36	สเปกตรัมของอนุภาคไคโตซานเปรียบเทียบกับอนุภาคนาโนไคโตซาน กักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอลวัดโดยใช้เทคนิค ATR-FTIR และ TR-FTIR : (ก) อนุภาคไคโตซาน, (ข) แอลฟาโทโคฟีรอล และ (ค) อนุภาคไคโตซาน กักเก็บแอลฟาโทโคฟีรอล.....	74
4.37	สเปกตรัมของอนุภาคไคโตซานเปรียบเทียบกับอนุภาคไคโตซานกักเก็บ กลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอลวัดโดยใช้เทคนิค ATR-FTIR และ TR-FTIR : (ก) อนุภาคไคโตซาน, (ข) กลูโคส, (ค) แอลฟาโทโคฟีรอล และ (ง) อนุภาคไคโตซาน กักเก็บกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล.....	76
4.38	สเปกตรัมของอนุภาคไคโตซานก่อนและหลังปลดปล่อยกลูโคสวัดโดยใช้เทคนิค TR-FTIR : (ก) อนุภาคไคโตซานก่อนการปลดปล่อยกลูโคส และ (ข) อนุภาค ไคโตซานหลังการปลดปล่อยกลูโคส.....	77
4.39	สเปกตรัมของอนุภาคไคโตซานก่อนและหลังปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอลวัดโดยใช้ เทคนิค TR-FTIR : (ก) อนุภาคไคโตซานก่อนการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอล และ (ข) อนุภาคไคโตซานหลังการปลดปล่อยแอลฟาโทโคฟีรอล.....	78

4.40	สเปกตรัมของอนุภาคไคโตซานก่อนและหลังปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอลวัดโดยใช้เทคนิค TR-FTIR : (ก) อนุภาคไคโตซานก่อนการปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟาโทโคฟีรอล และ (ข) อนุภาคไคโตซานหลังการปลดปล่อยกลูโคสและแอลฟา โทโคฟีรอล.....	79
------	---	----