

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเตรียมและศึกษาสมบัติของไฮโดรเจลคอมโพสิตชนิด ไคโตซาน/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ที่มีสมบัติเป็นเจลสมานแผล
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นางสาววรินดา วราพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ทราयरณ บัวทอง
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2553

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ผู้จัดทำได้เตรียมและศึกษาสมบัติของไฮโดรเจลคอมโพสิตชนิดไคโตซาน/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ และ NOCC/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ ที่มีสมบัติเป็นเจลสมานแผล โดยสังเคราะห์ NOCC (N,O-carboxymethyl chitosan) จากไคโตซานและวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของ NOCC ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) จากนั้นเตรียมไฮโดรเจลคอมโพสิตของไคโตซานและ NOCC ที่ความเข้มข้น 0.5, 1 และ 1.5% ต่ออัลจินตที่ความเข้มข้น 1% และเติมถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนต่างๆ นำแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลที่เตรียมได้ไปศึกษาสมบัติต่างๆ เช่น อัตราการบวม น้ำ การปล่อยผ่านไอน้ำ ความต้านทานแรงดึงขาด ค่าการยึดตัวและการผ่านของแบคทีเรีย พบว่าแผ่นฟิล์มไฮโดรเจล NOCC/Alginate ที่มี NOCC ที่ความเข้มข้นสูงให้ค่าการบวม น้ำ การปล่อยผ่านไอน้ำ และค่าการยึดตัวดีกว่าแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลจากไคโตซาน ส่วนกรณีที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ จากการศึกษาพบว่าถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนต่างๆ มีผลน้อยมากต่อสมบัติการบวม น้ำ และการปล่อยผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์ม NOCC/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ และแผ่นฟิล์มไคโตซาน/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ ในขณะที่อัตราส่วนของถ่านกัมมันต์ที่สูงขึ้นในแผ่นฟิล์มทั้งสองชนิดมีอิทธิพลให้ความต้านทานแรงดึงขาดและค่าการยึดตัวลดลง ส่งผลให้แผ่นฟิล์มมีลักษณะแข็งและเปราะ นอกจากนี้พบว่าไฮโดรเจลคอมโพสิตชนิดไคโตซานและชนิด NOCC สามารถป้องกันการผ่านของแบคทีเรียได้ดีทั้งกรณีที่มีการเติมถ่านกัมมันต์และไม่เติมถ่านกัมมันต์ลงไป

คำสำคัญ : ไฮโดรเจล / ไคโตซาน / อัลจินต / การสมานแผล

Thesis Title	Preparation and Properties of Novel Chitosan/Alginate-Activated Carbon Hydrogel Composite for Wound Dressing
Thesis Credits	12
Candidate	Miss Warinda Warapan
Thesis Advisor	Dr. Saiwan Buathong
Program	Master of Engineering
Field of Study	Chemical Engineering
Department	Chemical Engineering
Faculty	Engineering
B.C.	2553

Abstract

The objective of this research was to study the properties and the preparation of the hydrogel composite of chitosan/alginate-activated carbon and NOCC/alginate-activated carbon for wound dressing material. NOCC (N,O-carboxymethyl chitosan) was directly synthesized from chitosan and the presence of additional functional group was thoroughly analyzed by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR). Various compositions of hydrogel composite were prepared from 0.5, 1 and 1.5% (w/v) of chitosan and NOCC solution with 1% (w/v) of alginate solution. Experimental results show that the addition of alginate improves physical properties of hydrogel, while the activated carbon could help to absorb odor and toxin released from wound. Properties of hydrogel composites, such as swelling ratio, water vapor transmission rate (WVTR), tensile strength, %elongation and microbial penetration were systematically studied. Obtained hydrogel composite of highest concentration of NOCC gives the better swelling ratio, water vapor transmission rate and %Elongation than chitosan hydrogel composite. On the other hand, the addition of activated carbon has no effect on the swelling ratio and WVTR value but affects the tensile strength and %Elongation which induces the brittle nature of resulting hydrogel composite. Finally, the hydrogel composite of chitosan and NOCC can effectively prevent microbial penetration.

Keywords : Hydrogel/ Chitosan/ Alginate/ Wound Dressing

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ทราวยวรรณ บัวทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และ รศ.ดร.จตุพร วุฒิกนกกาญจน์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนวความคิด ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ทุกเวลาซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของงานวิทยานิพนธ์ และคอยให้กำลังใจและเอาใจใส่การทำงานวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พัฒน์ ทวีโชค ที่กรุณาเสียสละเวลามาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณ อาจารย์ละเอียด เฟื่องโสภณและเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ช่วยดูแลและให้คำปรึกษาเทคนิคการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ลาภิน 58 หมู่ 1 ต.ท่าทราย อ.เมือง จ.สมุทรสาคร ที่เอื้อเฟื้อโคโตะซานในการทำวิจัยครั้งนี้

ประโยชน์อันใดที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์นี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฌ
รายการสัญลักษณ์	ฐ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ฑ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	7
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	8
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	9
2.1 ไฮโดรเจล (Hydrogels)	9
2.2 ไคโตซาน (Chitosan)	25
2.3 ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)	31
2.4 วัสดุตกแต่งบาดแผล	34
3. วิธีการดำเนินการ	39
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	39
3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	39
3.3 วิธีการดำเนินการ	40

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	50
4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางเคมีของ N,O-carboxymethyl chitosan (NOCC) และ Alginate dialdehyde (ADA)	50
4.2 ผลการทดสอบสมบัติกายภาพ (Physical properties) ของไฮโดรเจลคอมโพสิตแต่ละกรณี	54
4.3 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ (physico-chemical properties) ของแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลคอมโพสิต	63
4.4 สมบัติเชิงกล (Mechanical properties) ของแผ่นฟิล์มจากไคโตซาน และ NOCC	75
4.5 การศึกษาลักษณะทางชีวภาพเบื้องต้นของไฮโดรเจลที่มีสมบัติใน การต้านทานเชื้อแบคทีเรียของไฮโดรเจลที่เตรียมได้จากไคโตซานและ NOCC	78
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	80
5.1 สรุปผลการทดลอง	80
5.2 ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารอ้างอิง	83
ภาคผนวก	88
ก.ข้อมูลการทดลอง	88
ข.ผลการทดลองการวิเคราะห์หัตถการการซึมผ่านของไอน้ำ	133
ประวัติผู้วิจัย	148

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 แสดงอัตราส่วนในการเตรียมไฮโดรเจลคอมโพสิตของไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์	42
3.2 แสดงอัตราส่วนในการเตรียมไฮโดรเจลคอมโพสิตของ NOCC อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์	43
4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มจากไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์	57
4.2 แสดงลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มจาก NOCC อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์	58
4.3 แสดงความหนาของแผ่นฟิล์มจากไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์	61
4.4 แสดงความหนาของแผ่นฟิล์มจาก NOCC อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์	62
4.5 ตารางแสดงการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในไฮโดรเจลจากไคโตซาน/อัลจิเนตและถ่านกัมมันต์	78
4.14 ตารางแสดงการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในไฮโดรเจลจาก NOCC อัลจิเนตและถ่านกัมมันต์	79
ก.1 แสดงความหนาของไฮโดรเจล (Thickness) จากไคโตซาน อัลจิเนต และ ถ่านกัมมันต์	88
ก.2 แสดงความหนาของไฮโดรเจล (Thickness) จาก NOCC อัลจิเนต และ ถ่านกัมมันต์	89
ก.3 แสดงอัตราการบวมน้ำของไฮโดรเจลจากไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์ (ครั้งที่1)	90
ก.4 แสดงอัตราการบวมน้ำของไฮโดรเจลจากไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์ (ครั้งที่2)	92
ก.5 แสดงอัตราการบวมน้ำของไฮโดรเจลจากไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์ (ครั้งที่3)	94
ก.6 แสดงอัตราการบวมน้ำของไฮโดรเจลจาก NOCC อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์ (ครั้งที่1)	96
ก.7 แสดงอัตราการบวมน้ำของไฮโดรเจลจาก NOCC อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์ (ครั้งที่2)	98

ก.8 แสดงอัตราการบวมน้ำของไฮโดรเจลจาก NOCC อัลจินต และถ่านกัมมันต์ (ครั้งที่3)	100
ก.9 ตารางแสดงการบันทึกผลการทดลองของอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ ของไฮโดรเจลจากไคโตซาน อัลจินต และถ่านกัมมันต์	102
ก.10 ตารางแสดงการบันทึกผลการทดลองของอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ ของไฮโดรเจลของ NOCC อัลจินต และถ่านกัมมันต์	115
ก.11 ตารางแสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile strength) ของแผ่นฟิล์ม ไคโตซาน/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์	128
ก.12 ตารางแสดงผลการทดสอบการยืดตัว (% Elongation) ของแผ่นฟิล์ม ไคโตซาน/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์	129
ก.13 ตารางแสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile strength) ของแผ่นฟิล์ม NOCC/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์	130
ก.14 ตารางแสดงผลการทดสอบการยืดตัว (% Elongation) ของแผ่นฟิล์ม NOCC/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์	131

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ผลของสภาวะแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของไฮโดรเจล	9
2.2 ลักษณะโครงสร้างตาข่ายของพอลิเมอร์แบบมีประจุ	12
2.3 โครงสร้างของอัลจินต (Alginate) ชนิดต่างๆ	15
2.4 กลไกการเกิดเจลของ calcium alginate (Egg-box model)	15
2.5 โครงสร้างโมเลกุลของ Dextran	16
2.6 โครงสร้างโมเลกุลของ Hyaluronic acid Heparin และ Chondroitin sulfate	17
2.7 โครงสร้างโมเลกุลของ Guar gum	18
2.8 แสดงลักษณะของไฮโดรเจลที่ได้จาก CTS-g-PAA/APT/SA	19
2.9 กลไกเกิดเจลของ chitosan ในสารละลายผสม alginate-genipin	20
2.10 การเตรียมไฮโดรเจลด้วย methacrylated chitosan / PNIPAm N-isopropylacrylamide (NIPAAm)	22
2.11 กลไกที่มีผลต่อการดูดซับน้ำของไฮโดรเจล	24
2.12 เปรียบเทียบโครงสร้างทางเคมีของ เซลลูโลส ไคตินและไคโตซาน	25
2.13 การเตรียมไคโตซานจากปฏิกิริยา Deacetylation ของไคติน	27
2.14 การจัดเรียงตัวของแนวระนาบของแกรไฟต์และถ่านกัมมันต์	31
3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของน้ำที่หายไป (กรัม) กับเวลา (ชั่วโมง)	45
3.2 แผนผังวิธีการเตรียมไฮโดรเจลคอมโพสิตจากไคโตซาน อัลจินตและถ่านกัมมันต์	47
3.3 แผนผังวิธีการทดสอบสมบัติของไฮโดรเจลคอมโพสิตจากไคโตซาน อัลจินตและถ่านกัมมันต์	48
3.4 แผนผังวิธีการสังเคราะห์ N,O-carboxymethyl chitosan	49
4.1 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ Chitosan โดย FT-IR	51
4.2 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ NOCC โดย FT-IR	51
4.3 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ Alginate โดย FT-IR	52
4.4 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ ADA โดย FT-IR	52
4.5 ลักษณะของแผ่นไฮโดรเจลที่เตรียมจากไคโตซานและ ADA	54
4.6 ลักษณะของแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลจากไคโตซาน/อัลจินต และ ไคโตซาน/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์	55
4.7 ลักษณะของแผ่นไฮโดรเจลจาก NOCC/อัลจินต และ NOCC/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์	56

4.8 ลักษณะของแผ่นไฮโดรเจลจากไคโตซาน/อัลจินต และ ไคโตซาน/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ขณะที่ยุ่มน้ำ	63
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีไม่เติมถ่านกัมมันต์	64
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนต่างๆ	65
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนต่างๆ	65
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนต่างๆ	66
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และอัตราส่วนไคโตซาน	66
4.14 ลักษณะของแผ่นไฮโดรเจลจาก NOCC/อัลจินต และ NOCC/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ขณะที่ยุ่มน้ำ	67
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีไม่เติมถ่านกัมมันต์	68
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์	69
4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์	69
4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์	70
4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และอัตราส่วนถ่านกัมมันต์ของแผ่นฟิล์มไคโตซาน/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ และ NOCC/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์	71
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ (WVTR) ของไคโตซานและอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์	72
4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ (WVTR) ของ NOCC และอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์	73
4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ (WVTR) และอัตราส่วนของไคโตซาน	73

ข.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรั่วที่หายไปและเวลา (WW9)	145
ข.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรั่วที่หายไปและเวลา (WW10)	145
ข.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรั่วที่หายไปและเวลา (WW11)	146
ข.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรั่วที่หายไปและเวลา (WW12)	146

รายการสัญลักษณ์

$\%$	=	ร้อยละ
T	=	อุณหภูมิ
t	=	เวลา
W_s	=	น้ำหนักเจลขณะบวมน้ำ
W_d	=	น้ำหนักเจลขณะแห้ง
A	=	พื้นที่ผิว

ประมวลศัพท์และคำย่อ

CS	=	ไคโตซาน
ALG	=	โซเดียมอัลจินต
AC	=	ถ่านกัมมันต์
NOCC	=	N,O-carboxymethyl chitosan
ADA	=	อัลจินตไดอัลคิไซด์