

## บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมไฮโดรเจลคอมโพสิตของไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์ และนำแผ่นเจลที่เตรียมได้มาทดสอบสมบัติต่างๆ กล่าวคือ สมบัติทางกายภาพเบื้องต้น อัตราการบวม น้ำ อัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ ลักษณะความเป็นรูพรุนของเจล สมบัติเชิงกล ซึ่งในผลการทดลองที่แสดงไว้ ได้แสดงค่าโดยใช้อักษรย่อแทนอัตราส่วนของตัวอย่าง โดยรายละเอียดผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลองมีดังนี้

### 4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางเคมีของ N,O-carboxymethyl chitosan (NOCC) และ Alginate dialdehyde (ADA)

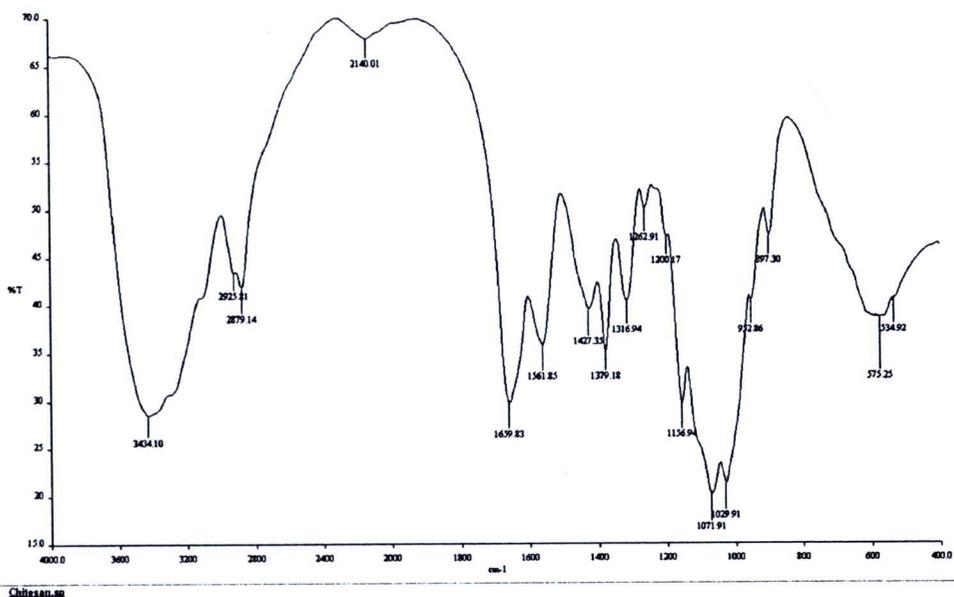
#### 4.1.1 การศึกษาลักษณะทางภาพเบื้องต้นและโครงสร้างทางเคมีของ N,O-carboxymethyl chitosan (NOCC)

เมื่อทำการสังเคราะห์ไคโตซานที่ 10.0040 กรัมจะได้ NOCC ที่น้ำหนัก 11.5822 กรัมพบว่าพอลิเมอร์ที่ได้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเนื่องมีการเพิ่มหมู่ฟังก์ชันของ  $-COO^-$  และลักษณะเป็นผงสีขาว เมื่อทำการทดสอบการละลายพบว่า NOCC สามารถละลายได้ในน้ำ และทำการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของ NOCC ด้วย FT-IR

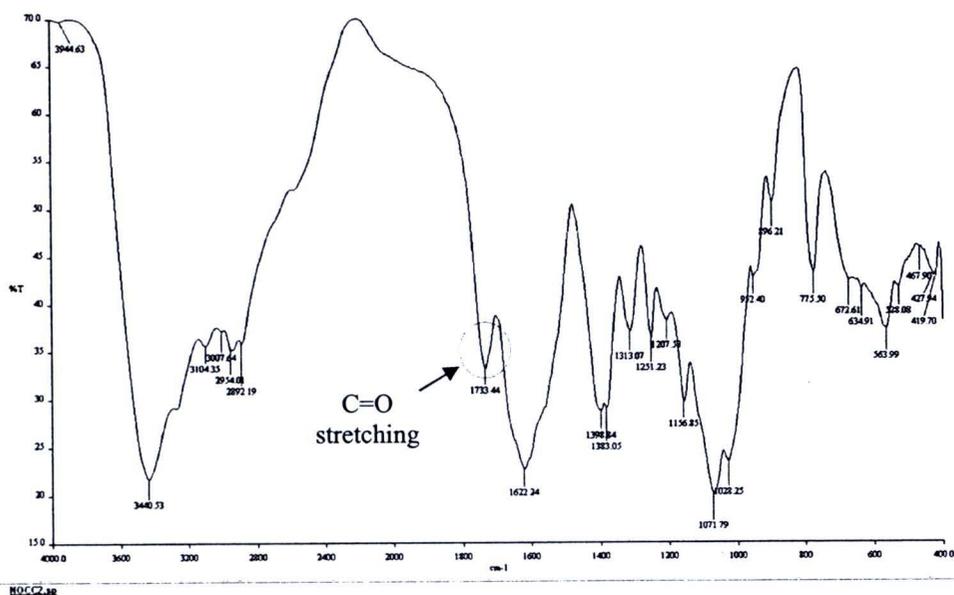
จาก Infrared Spectrum ของ ไคโตซาน และ NOCC ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าไคโตซานให้แถบการดูดกลืนแสงที่สำคัญ ได้แก่ แถบการดูดกลืนแสงของหมู่ amino ( $NH_2$  deformation) ที่ตำแหน่งเลขคลื่น  $1659\text{ cm}^{-1}$  แถบการดูดกลืนแสงตำแหน่งที่สองของหมู่ Hydroxy ที่ตำแหน่งเลขคลื่น  $1071\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นลักษณะของพิก  $-CH-OH$  ใน cyclic alcohols โดยเป็นการสั่นแบบ C-O stretching และแถบการดูดกลืนแสง ของ O-H deformation ที่ตำแหน่งเลขคลื่น  $3434\text{ cm}^{-1}$  และ  $1029\text{ cm}^{-1}$  รวมทั้งแถบการดูดกลืนแสงของ Acetyl carbonyl group ( $CH_2C=O$ )

ส่วน Infrared Spectrum ของ NOCC เมื่อเปรียบเทียบกับ Infrared Spectrum ของไคโตซาน และพบว่ามีตำแหน่งหมู่ amino ( $NH_2$  deformation) ที่ตำแหน่งเลขคลื่น  $1659\text{ cm}^{-1}$  และจะพบ แถบการดูดกลืนแสงของหมู่ Carboxylic acid salt ( $C=O$  stretching) ที่ตำแหน่งเลขคลื่น  $1733\text{ cm}^{-1}$  เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ spectrum ของไคโตซานในช่วงเลขคลื่นเดียวกันเป็นแถบการดูดกลืนแสง ที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไคโตซานได้ถูกเปลี่ยนเป็น N,O-carboxymethyl chitosan (NOCC)

ในการสังเคราะห์ NOCC จะมีการเพิ่มของหมู่ Carboxylic acid salt ที่มาแทนที่หมู่ amino แต่จะไม่สามารถแทนได้ทั้งหมด

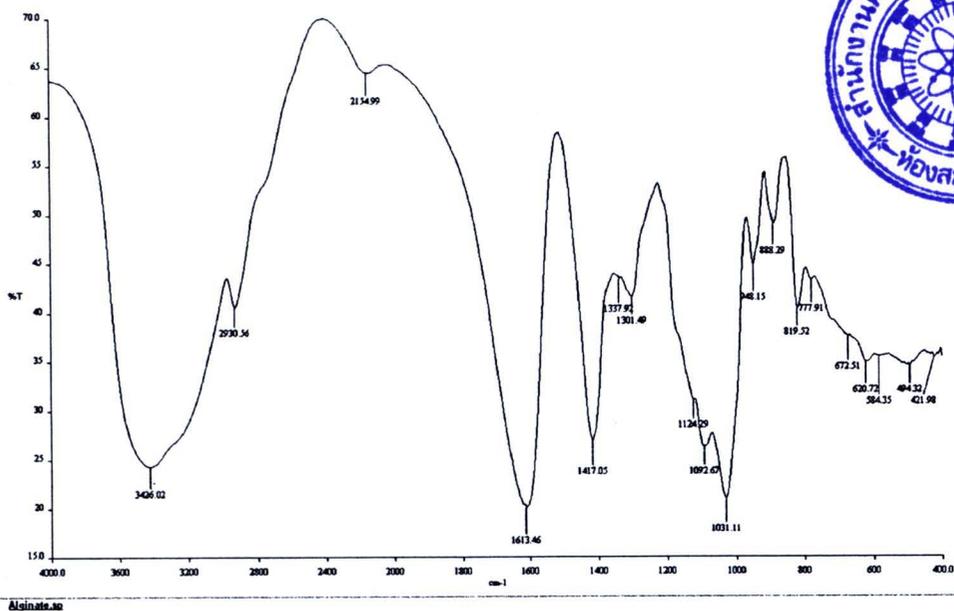


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ Chitosan โดย FT-IR

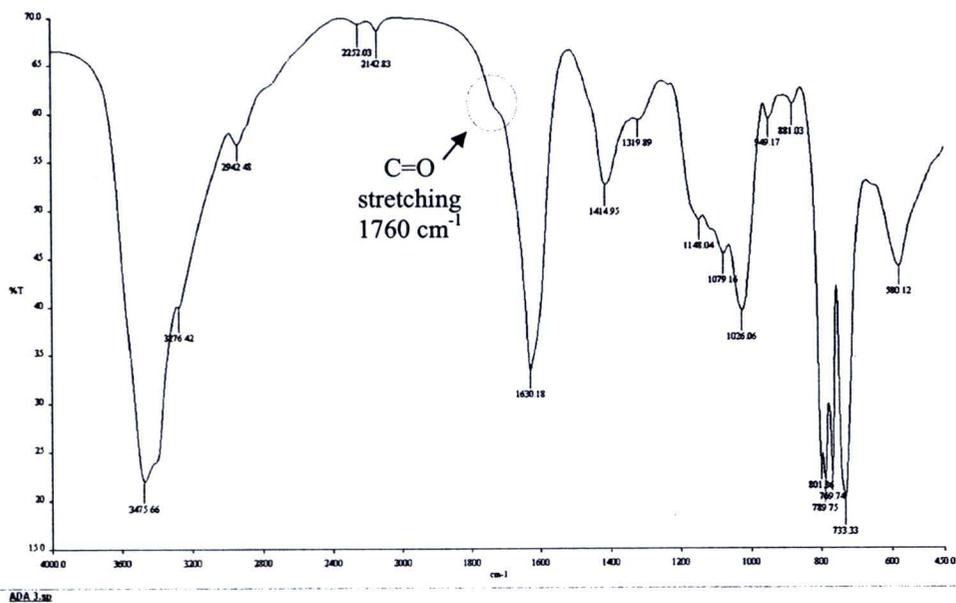


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ NOCC โดย FT-IR

#### 4.1.2 การศึกษาโครงสร้างของ Alginate dialdehyde (ADA) โดย FT-IR



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ Alginate โดย FT-IR

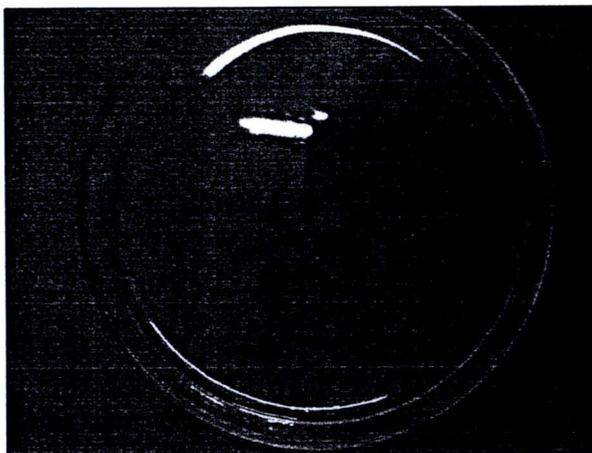


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ ADA โดย FT-IR

การวิเคราะห์โครงสร้างของอัลจินตก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงเป็น ADA สามารถตรวจหาการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลของอัลจินตเป็นหมู่ไดอัลดีไฮด์ได้ โดยพบว่าเกิดแถบการดูดกลืนแสงที่ตำแหน่ง  $1760\text{ cm}^{-1}$  (รูปที่ 4.4) ซึ่งตรงกับ C=O stretching เมื่อเปรียบเทียบกับอัลจินต (รูปที่ 4.3) ในช่วงเลขคลื่นเป็นแถบการดูดกลืนแสงใหม่ที่เกิดขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัลจินตบางส่วนได้เปลี่ยนไปเป็นอัลจินตไดอัลดีไฮด์ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงนี้ไม่ชัดเจน ส่งผลให้ความเข้มของแถบค่าอาจเนื่องมาจากจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลของอัลจินตที่ถูกเปลี่ยนเป็นไดอัลดีไฮด์มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ไฮโครเจลจากโคโตซานและ ADA จึงไม่มีความคงตัวและไม่สามารถขึ้นรูปได้ (หัวข้อ 4.2.1)

## 4.2 ผลการทดสอบสมบัติกายภาพ (Physical properties) ของไฮโดรเจลคอมโพสิตแต่ละกรณี

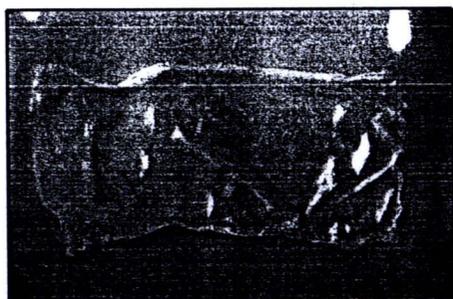
### 4.2.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของแผ่นฟิล์มจากไคโตซานและ ADA



รูปที่ 4.5 ลักษณะของแผ่นไฮโดรเจลที่เตรียมจากไคโตซานและ ADA

จากรูปที่ 4.5 สังเกตได้ว่าเมื่อผสมสารละลายไคโตซานกับสารละลาย ADA โพลีเมอร์ทั้งสองชนิดจะไม่จับกันเป็นไฮโดรเจล โดยเมื่อผสมแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงพบว่าเนื้อของโพลีเมอร์แต่ละชนิดแยกกันอยู่อย่างชัดเจน เนื่องจากจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลของอัลจินตที่ถูกเปลี่ยนเป็นไดอัล-ดีไฮด์มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ไฮโดรเจลจากไคโตซานและ ADA จึงไม่มีความคงตัวและไม่สามารถขึ้นรูปได้

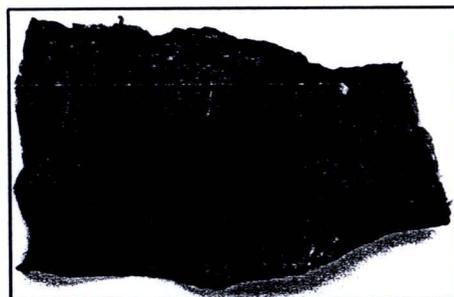
#### 4.2.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของแผ่นฟิล์มจากไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์



a) ตัวอย่างที่ CC 12

ไคโตซาน/อัลจิเนต (1.5:1:0)

(แผ่นฟิล์มแห้ง)



b) ตัวอย่างที่ CC 7

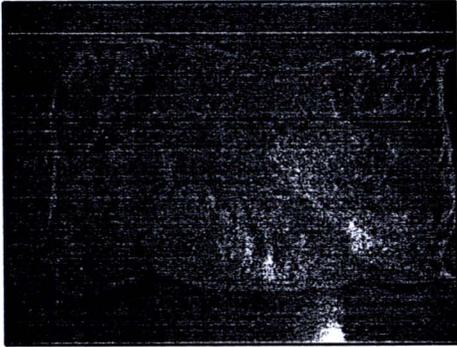
ไคโตซาน/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์ (1.5:1:0.2)

(แผ่นฟิล์มแห้ง)

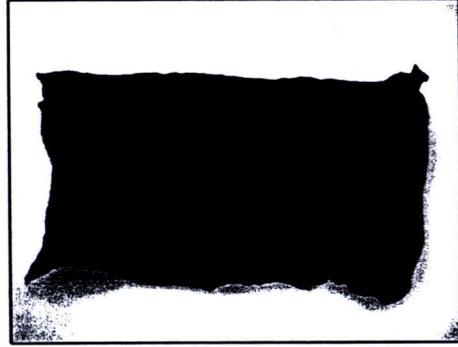
รูปที่ 4.6 ลักษณะของแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลจากไคโตซาน/อัลจิเนต และไคโตซาน/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์ a) ตัวอย่างที่ CC 12 ไคโตซาน/อัลจิเนต (1.5:1:0) และ b) ตัวอย่างที่ CC 7 ไคโตซาน/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์ (1.5:1:0.2)

ลักษณะทั่วไปของแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลแห้งที่เตรียมจากไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์ มีลักษณะใกล้เคียงกันคือ เป็นแผ่นฟิล์มบาง พื้นผิวของแผ่นฟิล์มที่ไม่มีการเติมถ่านกัมมันต์จะมีลักษณะเรียบ และแผ่นฟิล์มที่มีการเติมถ่านกัมมันต์จะมีลักษณะขรุขระ แข็ง เมื่อสัมผัสกับแผ่นฟิล์มพบว่า มีถ่านกัมมันต์หลุดติดมือออกมาบางส่วน สามารถพับหรืองอได้ โดยจะเห็นถ่านกัมมันต์กระจายอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบตามเนื้อของแผ่นฟิล์ม แผ่นฟิล์มมีความคงตัวเนื่องจากเกิดการครอสลิงค์ด้วยพันธะไอออนิกระหว่างหมู่เอมีนของไคโตซานและหมู่คาร์บอกซิเลท ( $\text{COO}^-$ ) ของอัลจิเนตบางส่วนกับไอออน  $\text{Ca}^{2+}$  ที่ทำให้อัลจิเนตแข็งตัว ทำให้เกิดลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มขึ้นมา

### 4.2.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของแผ่นฟิล์ม NOCC อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์



a) ตัวอย่างที่ WW 12  
NOCC/อัลจิเนต (1.5:1.0)  
(แผ่นฟิล์มแห้ง)



b) ตัวอย่างที่ WW 7  
NOCC/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์ (1.5:1:0.2)  
(แผ่นฟิล์มแห้ง)

**รูปที่ 4.7** ลักษณะของแผ่นไฮโดรเจลจาก NOCC/อัลจิเนต และ NOCC/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์  
a) ตัวอย่างที่ WW 12 NOCC/อัลจิเนต (1.5:1:0) และ b) ตัวอย่างที่ WW 7 NOCC/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์ (1.5:1:0.2)

ลักษณะของแผ่นฟิล์มแห้งที่เตรียมจาก NOCC อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์จะมีลักษณะใกล้เคียงกันคือ เป็นแผ่นฟิล์มบาง พื้นผิวของแผ่นฟิล์มที่ไม่มีการเติมถ่านกัมมันต์จะมีลักษณะเรียบ และแผ่นฟิล์มที่มีการเติมถ่านกัมมันต์จะมีลักษณะขรุขระ แข็ง เมื่อสัมผัสกับแผ่นฟิล์มพบว่าจะมีถ่านกัมมันต์หลุดติดมือออกมาส่วน สามารถพับหรืองอได้ โดยจะเห็นถ่านกัมมันต์กระจายอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบตามเนื้อของแผ่นฟิล์ม

จากลักษณะของแผ่นฟิล์มที่เตรียมจากไคโตซานและ NOCC พบว่าแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้จาก NOCC จะมีความคงตัวและแข็งแรงกว่าแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้จากไคโตซาน โดยสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มจากไคโตซานและ NOCC ในอัตราส่วนต่างๆ ได้แสดงอย่างละเอียดในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มจากโค โดซาน อัลจินต และถ่านกัมมันต์

ตัวอย่าง	CS:ALG:AC	ลักษณะที่ปรากฏทางกายภาพ
CC 1	0.5:1:0.2	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำสามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัว ทั่วไปของแผ่นฟิล์ม เมื่อสัมผัสพบว่ามิถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน
CC 2	0.5:1:0.3	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำสามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัว ทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่ามิถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมี ลักษณะหตุตัว
CC 3	0.5:1:0.4	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ แข็งกว่า 2 ตัวอย่างแรก ถ่านกัมมันต์กระจายตัวทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่ามิถ่านกัมมันต์หลุดออกมา บางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมีลักษณะหตุตัวมาก
CC 4	1:1:0.2	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ ถ่านกัมมันต์กระจายตัวทั่วไปของแผ่นฟิล์ม เมื่อ สัมผัสพบว่ามิถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมีลักษณะหตุ ตัวมาก
CC 5	1:1:0.3	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ แข็งแต่สามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัวทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่ามิถ่านกัมมันต์หลุดออกมา บางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมีลักษณะหตุตัว
CC 6	1:1:0.4	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ แข็งแต่สามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัวทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่ามิถ่านกัมมันต์หลุดออกมา บางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมีลักษณะหตุตัว
CC 7	1.5:1:0.2	แผ่นฟิล์มตรงกลางจะหนากว่าด้านข้าง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ แข็งแต่สามารถพับ หรืองอได้ เมื่อสัมผัสพบว่ามิถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน ด้านข้างของฟิล์ม มีลักษณะหตุตัว
CC 8	1.5:1:0.3	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ แข็งแต่สามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัวทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่ามิถ่านกัมมันต์หลุดออกมา บางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมีลักษณะหตุตัว
CC 9	1.5:1:0.4	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ แข็งแต่สามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัวทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่ามิถ่านกัมมันต์หลุดออกมา บางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมีลักษณะหตุตัว

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มจากโค โดซาน อัลจินेट และถ่านกัมมันต์ (ต่อ)

ตัวอย่าง	CS:ALG:AC	ลักษณะที่ปรากฏทางกายภาพ
CC 10	0.5:1:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบางมาก ผิวเรียบ มีสีขาวขุ่น สามารถพับหรืองอได้
CC 11	1.5:1:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบางแต่หนากว่า CC10 ผิวเรียบ มีสีขาวขุ่นสามารถพับหรืองอได้
CC 12	1:1:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบางแต่ตรงกลางจะหนากว่าด้านข้าง ผิวเรียบ มีสีขาวขุ่น สามารถพับหรืองอได้
CC 13	0.5:0:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบาง ผิวก่อนข้างเรียบ มีสีขาวขุ่น สามารถพับหรืองอได้
CC 14	1:0:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบาง ผิวก่อนข้างเรียบ มีสีขาวขุ่นสามารถพับหรืองอได้
CC 15	1.5:0:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบางแต่หนากว่าตัวอย่าง CC 13-14 ผิวก่อนข้างเรียบ มีสีขาวขุ่น สามารถพับหรืองอได้

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มจาก NOCC อัลจินต และถ่านกัมมันต์

ตัวอย่าง	NOCC:ALG:AC	ลักษณะที่ปรากฏทางกายภาพ
WW 1	0.5:1:0.2	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำสามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัว ทั่วไปของแผ่นฟิล์ม เมื่อสัมผัสพบว่า มีถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน
WW 2	0.5:1:0.3	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำสามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัว ทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่า มีถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมี ลักษณะหดรัด
WW 3	0.5:1:0.4	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ ถ่านกัมมันต์กระจายตัวทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่า มีถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมีลักษณะหดรัดมาก
WW 4	1:1:0.2	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ ถ่านกัมมันต์กระจายตัวทั่วไปของแผ่นฟิล์ม เมื่อสัมผัสพบว่า มีถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมีลักษณะ หดรัดมาก
WW 5	1:1:0.3	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ สามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัวทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่า มีถ่านกัมมันต์หลุดออกมา บางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมีลักษณะหดรัด
WW 6	1:1:0.4	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ สามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัว ทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่า มีถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมี ลักษณะหดรัด
WW 7	1.5:1:0.2	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ สามารถพับหรืองอได้ เมื่อสัมผัสพบว่า มี ถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน ด้านข้างของฟิล์ม มีลักษณะหดรัด
WW 8	1.5:1:0.3	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ สามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัวทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่า มีถ่านกัมมันต์หลุดออกมา บางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมีลักษณะหดรัด
WW 9	1.5:1:0.4	แผ่นฟิล์มบาง ผิวไม่เรียบ มีสีดำ สามารถพับหรืองอได้ ถ่านกัมมันต์กระจายตัว ทั่วไปเมื่อสัมผัสพบว่า มีถ่านกัมมันต์หลุดออกมาบางส่วน ด้านข้างของฟิล์มมี ลักษณะหดรัด

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มจาก NOCC อัลจินต และถ่านกัมมันต์ (ต่อ)

ตัวอย่าง	NOCC:ALG:AC	ลักษณะที่ปรากฏทางกายภาพ
WW 10	0.5:1:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบางมาก ผิวเรียบ มีสีขาวขุ่น สามารถพับหรืองอได้
WW 11	1.5:1:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบาง ผิวเรียบ มีสีขาวขุ่น สามารถพับหรืองอได้
WW 12	1:1:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบางแต่ตรงกลางจะหนากว่าด้านข้าง ผิวเรียบ มีสีขาว ขุ่นสามารถพับหรืองอได้
WW 13	0.5:0:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบาง ผิวเรียบ มีสีขาวขุ่น สามารถพับหรืองอได้
WW 14	1:0:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบาง ผิวเรียบ มีสีขาวขุ่น สามารถพับหรืองอได้
WW 15	1.5:0:0	แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบางแต่หนากว่าตัวอย่าง WW 13-14 ผิวเรียบ มีสีขาวขุ่น สามารถพับหรืองอได้

#### 4.2.4 ความหนาของแผ่นฟิล์มจากไคโตซาน อัลจิเนต และ ถ่านกัมมันต์

ในการทดลองนี้จะวัดความหนาของแผ่นฟิล์มก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ โดยใช้ Thickness gauge ในการวัดความหนาของแผ่นฟิล์ม

การวัดความหนาของแผ่นฟิล์มทั้งสองชนิดนั้นจะวัดโดยใช้ Thickness gauge วัดความหนาของแผ่นฟิล์ม โดยวัดสามตำแหน่งก่อนหาค่าเฉลี่ยและค่า % CV พบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะไม่ราบเรียบตลอดทั้งแผ่น ในตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของไคโตซานและ NOCC สูงมากขึ้นแผ่นฟิล์มจะมีความหนามากขึ้นตามลำดับ และตรงกลางของแผ่นฟิล์มจะหนากว่าด้านขอบทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะความหนาไม่สม่ำเสมอ ส่วนตัวอย่างของไคโตซานและ NOCC ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนมากขึ้นแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้จะมีความหนามากขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 4.3 แสดงความหนาของแผ่นฟิล์มจากไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์

ตัวอย่าง	CS:ALG:AC	Thickness (mm)	% CV
CC 1	0.5:1:0.2	0.11	0.14
CC 2	0.5:1:0.3	0.12	0.16
CC 3	0.5:1:0.4	0.14	0.13
CC 4	1.0:1:0.2	0.17	0.12
CC 5	1.0:1:0.3	0.19	0.16
CC 6	1.0:1:0.4	0.20	0.08
CC 7	1.5:1:0.2	0.20	0.16
CC 8	1.5:1:0.3	0.22	0.21
CC 9	1.5:1:0.4	0.20	0.05
CC 10	0.5:1:0	0.04	0.93
CC 11	1.0:1:0	0.10	0.15
CC 12	1.5:1:0	0.17	0.18
CC 13	0.5:0:0	0.04	0.35
CC 14	1:0:0	0.07	0.25
CC 15	1.5:0:0	0.09	0.00

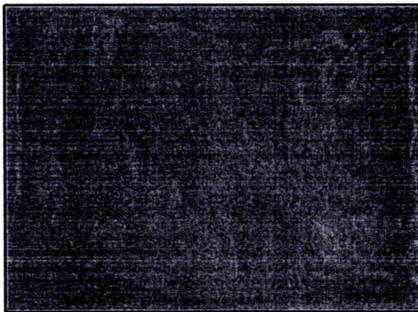
ตารางที่ 4.4 แสดงความหนาของแผ่นฟิล์มจาก NOCC อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์

ตัวอย่าง	NOCC:ALG:AC	Thickness (mm)	% CV
WW 1	0.5:1:0.2	0.13	0.13
WW 2	0.5:1:0.3	0.13	0.13
WW 3	0.5:1:0.4	0.14	0.08
WW 4	1.0:1:0.2	0.14	0.08
WW 5	1.0:1:0.3	0.17	0.16
WW 6	1.0:1:0.4	0.14	0.08
WW 7	1.5:1:0.2	0.12	0.18
WW 8	1.5:1:0.3	0.16	0.10
WW 9	1.5:1:0.4	0.17	0.03
WW 10	0.5:1:0	0.14	0.22
WW 11	1.0:1:0	0.09	0.22
WW 12	1.5:1:0	0.17	0.18
WW 13	0.5:0:0	0.02	0.13
WW 14	1:0:0	0.05	0.13
WW 15	1.5:0:0	0.08	0.08

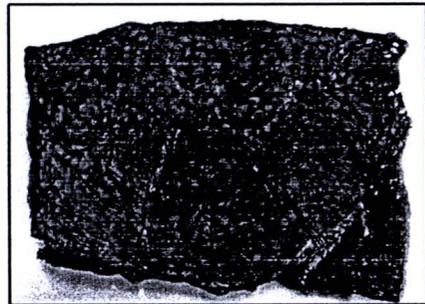
### 4.3 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ (physico-chemical properties) ของ แผ่นฟิล์มไฮโดรเจลคอมโพสิต

#### 4.3.1 การศึกษาสมบัติการดูดซับน้ำ (Swelling ratio) ของแผ่นฟิล์มไคโตซาน อัลจิเนต และถ่านกัมมันต์

โดยทั่วไปวัสดุที่นำมาใช้ในการปิดบาดแผลหรือสมานแผลนั้นควรมีความสามารถในการรักษาความชุ่มชื้นของแผลโดยไม่เกิดการหมักหมม และช่วยในการดูดซับของเลือดและน้ำหนองอันเกิดจากแผล โดยสมบัติข้อนี้ของไฮโดรเจลสามารถศึกษาเบื้องต้นได้จากค่า Swelling ratio

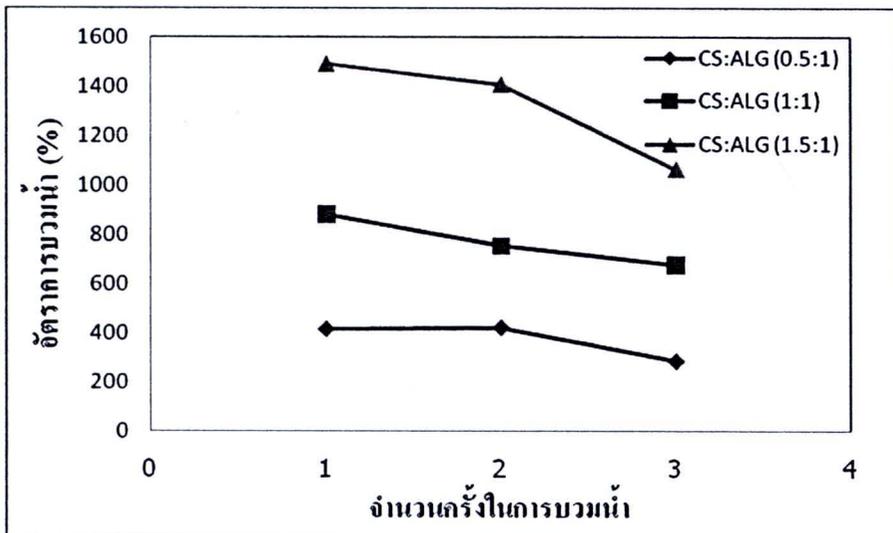


a) ตัวอย่างที่ CC 12  
ไคโตซาน/อัลจิเนต (1.5:1.0)  
(แผ่นเจลที่บวมน้ำ)



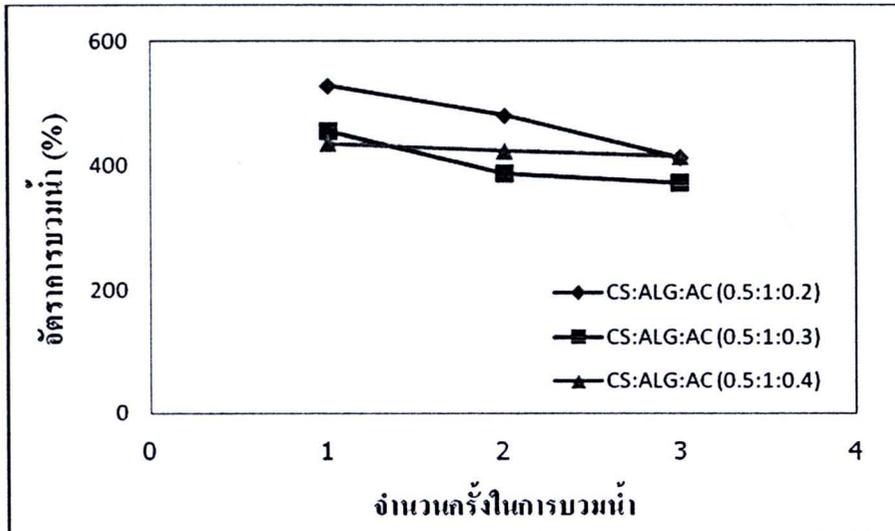
b) ตัวอย่างที่ CC 7  
ไคโตซาน/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์ (1.5:1:0.2)  
(แผ่นเจลที่บวมน้ำ)

**รูปที่ 4.8** ลักษณะของแผ่นไฮโดรเจลจากไคโตซาน/อัลจิเนต และไคโตซาน/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์  
ขณะที่บวมน้ำ a) ตัวอย่างที่ CC 12 ไคโตซาน/อัลจิเนต (1.5:1:0) และ b) ตัวอย่างที่ CC 7  
ไคโตซาน/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์ (1.5:1:0.2)

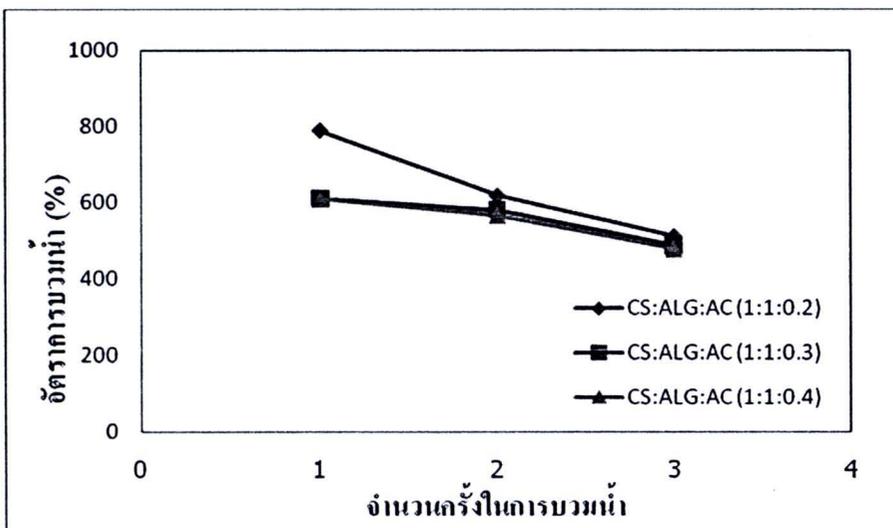


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำครีนิไม่เติมถ่านกัมมันต์

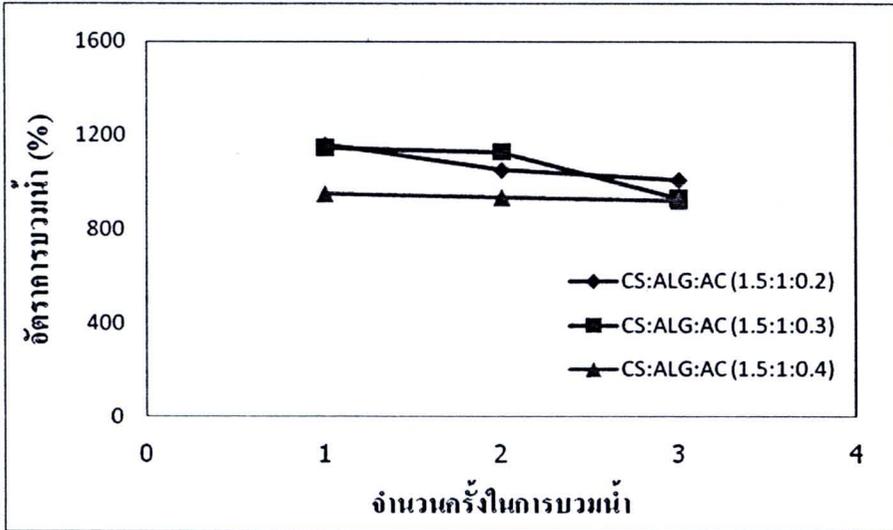
จากกราฟรูปที่ 4.9 ซึ่งแสดงอัตราการบวมน้ำของแผ่นฟิล์มไคโตซานและอัลจินต ครีนิไม่เติมถ่านกัมมันต์ พบว่าเมื่อปริมาณไคโตซานที่อัตราส่วนเพิ่มขึ้นต่อปริมาณอัลจินตที่อัตราส่วน 1 ให้ค่าการบวมน้ำครั้งที่ 1 ของแผ่นฟิล์มมากขึ้นตามลำดับ เมื่อเทียบกับไคโตซานในอัตราส่วนที่น้อยกว่า เนื่องจากไคโตซานที่มีอัตราส่วนน้อยนั้นจะมีอัตราส่วนของอัลจินตมากกว่าเมื่อทำให้เจลเกิดการคงรูป อัลจินตบางส่วนที่ไม่เกิดการครอสลิงก์กับไคโตซาน แต่จะคงรูปด้วย  $Ca^{2+}$  ซึ่งอัลจินตบางส่วนที่คงรูปด้วย  $Ca^{2+}$  มีลักษณะของโครงสร้างของอัลจินตใกล้ชิดกันมากทำให้แผ่นฟิล์มมีการบวมน้ำได้น้อย เมื่อทำการบวมน้ำครั้งที่ 2 และ 3 ในทุกอัตราส่วนค่าการบวมน้ำที่ได้มีค่าลดลงตามลำดับ เมื่อทำการบวมน้ำหลายครั้งจะทำให้ความสามารถในการบวมน้ำมีค่าลดลง เนื่องจากมีการสูญเสียสภาพของแผ่นเจลส่งผลให้ความสามารถในการบวมน้ำลดลง



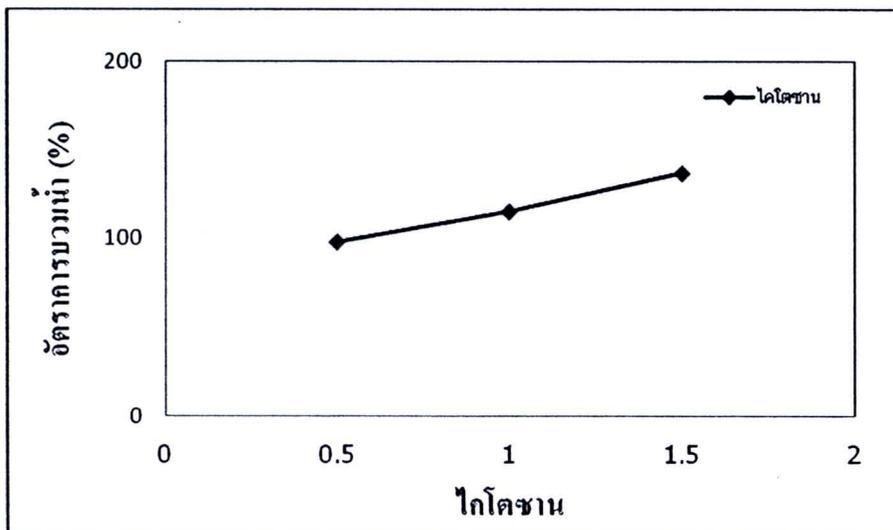
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์ต่างปริมาณ (0.2, 0.3 และ 0.4) และสัดส่วนของ CS:ALG อยู่ที่ (0.5:1.0)



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์ต่างปริมาณ (0.2, 0.3 และ 0.4) และสัดส่วนของ CS:ALG อยู่ที่ (1.0:1.0)



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์ต่างปริมาณ (0.2, 0.3 และ 0.4) และสัดส่วนของ CS:ALG อยู่ที่ (1.5:1.0)

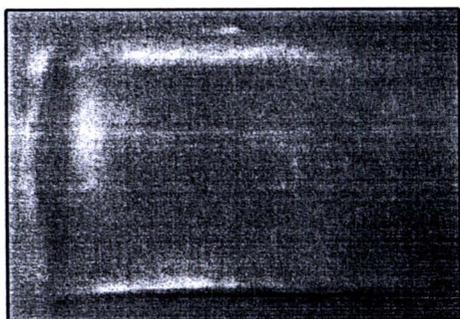


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และอัตราส่วนโกโตซาน

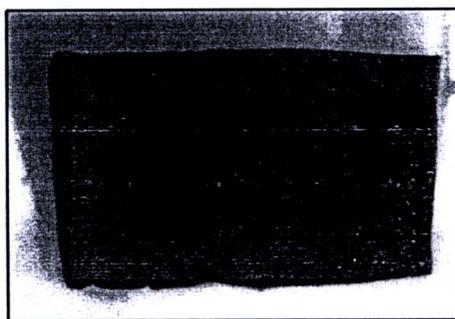
จากการศึกษาความสามารถในการบวมน้ำของแผ่นฟิล์มไคโตซานและอัลจินตในกรณีมีการเติมถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าการเติมถ่านกัมมันต์ในอัตราส่วนที่ 0.2 0.3 และ 0.4 (กราฟรูปที่ 4.10 - 4.12) นั้นไม่มีผลมากต่อการบวมน้ำ ซึ่งในกรณีนี้สามารถอธิบายได้จากกราฟ 4.13

กราฟรูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่าในแผ่นฟิล์มจากไคโตซานที่ไม่มีการเติมอัลจินตและถ่านกัมมันต์จะให้ค่าอัตราการบวมน้ำสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของไคโตซานเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการบวมน้ำของไฮโดรเจลขึ้นกับปริมาณเนื้อสารซึ่งแผ่นฟิล์มที่มีเนื้อสารมากจะทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีความหนาเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มที่มีอัตราส่วนของไคโตซานต่ำกว่า

#### 4.3.2 การศึกษาสมบัติการดูดซับน้ำ (Swelling ratio) ของแผ่นฟิล์ม NOCC อัลจินต และ ถ่านกัมมันต์



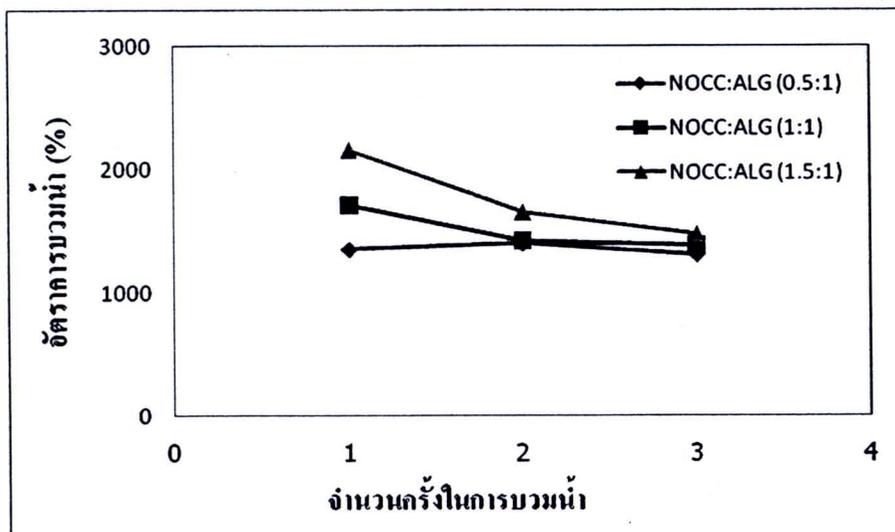
a) ตัวอย่างที่ WW 12  
NOCC/อัลจินต (1.5:1.0)  
(แผ่นเจลที่บวมน้ำ)



b) ตัวอย่างที่ WW 7  
NOCC/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ (1.5:1:0.2)  
(แผ่นเจลที่บวมน้ำ)

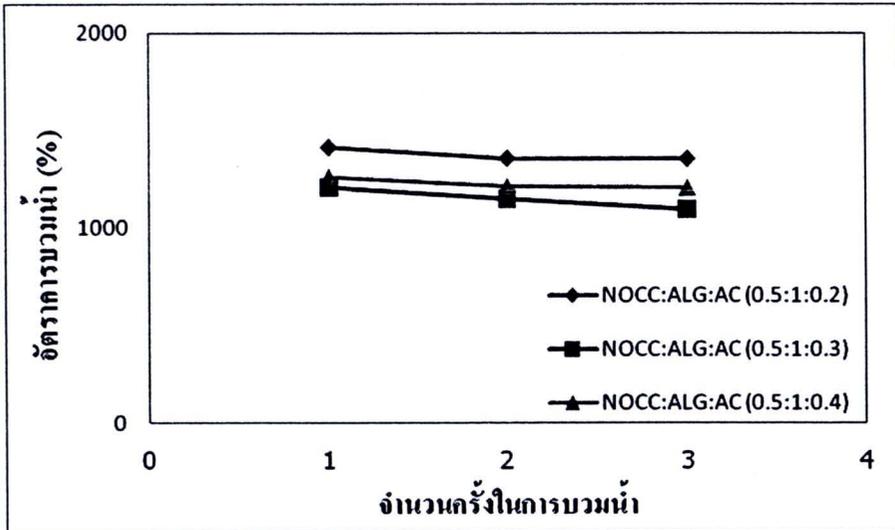
รูปที่ 4.14 ลักษณะของแผ่นไฮโดรเจลจาก NOCC/อัลจินต และ NOCC/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ขณะที่บวมน้ำ a) ตัวอย่างที่ CC 12 NOCC/อัลจินต (1.5:1:0) และ b) ตัวอย่างที่ CC 7 NOCC/อัลจินต-ถ่านกัมมันต์ (1.5:1:0.2)

ตัวอย่าง WW13 ถึง WW15 นั้น ไม่สามารถศึกษาอัตราการบวมน้ำได้ เนื่องจากเมื่อนำไปทดสอบการบวมน้ำทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะไม่เป็นแผ่นฟิล์มเนื่องจากแผ่นฟิล์มจาก NOCC เพียงอย่างเดียวไม่สามารถคงรูปได้

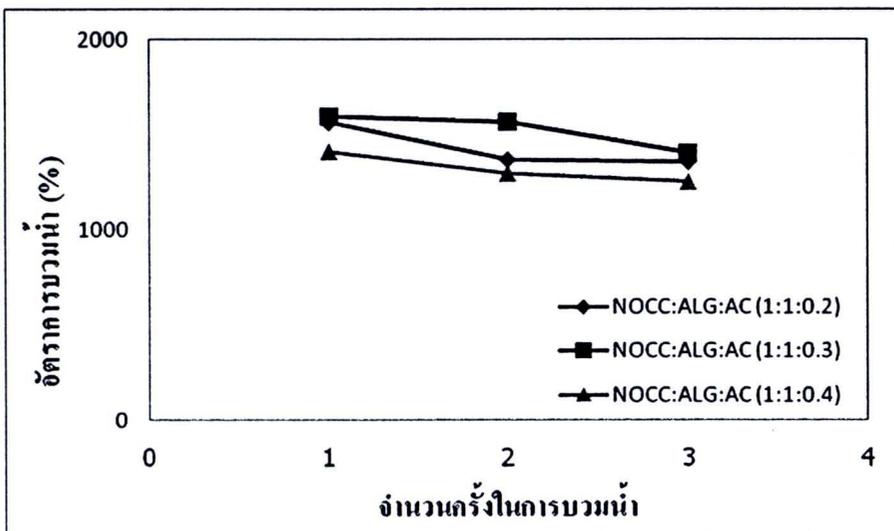


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีไม่เติมถ่านกัมมันต์

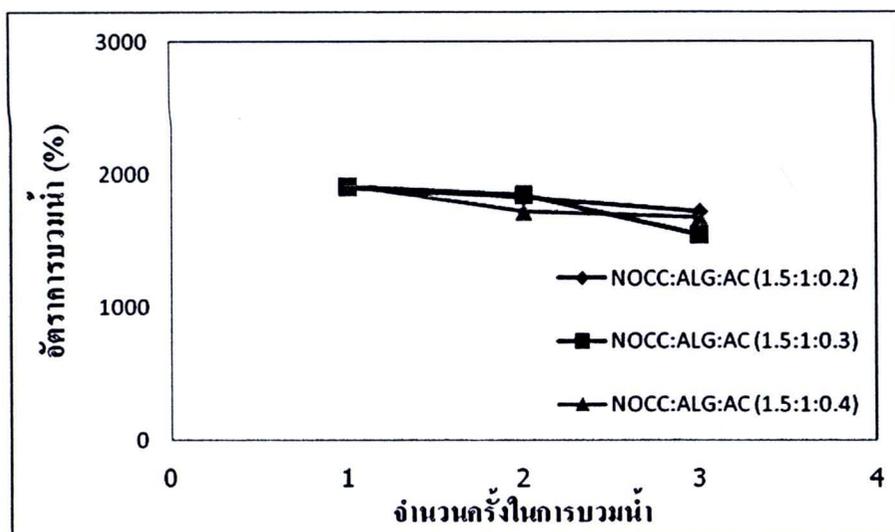
ในทำนองเดียวกันกับในการศึกษาแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้จากไคโตซานและอัลจิเนต (รูปที่ 4.9) พบว่าเมื่ออัตราส่วนของ NOCC มากขึ้นให้ค่าการบวมน้ำของแผ่นฟิล์มสูงขึ้น และจากการศึกษาความสามารถในการบวมน้ำของแผ่นฟิล์ม NOCC และอัลจิเนต กรณีไม่เติมถ่านกัมมันต์ พบว่าเมื่อปริมาณ NOCC ที่อัตราส่วนเพิ่มขึ้นต่อปริมาณอัลจิเนตที่อัตราส่วน 1 ให้ค่าการบวมน้ำครั้งที่ 1 ของแผ่นฟิล์มมากขึ้นตามลำดับ เมื่อทำการบวมน้ำครั้งที่ 2 และ 3 ในทุกอัตราส่วนค่าการบวมน้ำที่ได้มีค่าลดลงตามลำดับเช่นกัน (รูปที่ 4.15) และเมื่อทำการบวมน้ำหลายครั้งจะทำให้ความสามารถในการบวมน้ำมีค่าลดลง เนื่องจากการสูญเสียสภาพของแผ่นฟิล์มส่งผลให้ค่าการบวมน้ำลดลง



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์ต่างปริมาณ (0.2, 0.3 และ 0.4) และสัดส่วนของ NOCC:ALG อยู่ที่ (0.5:1.0)



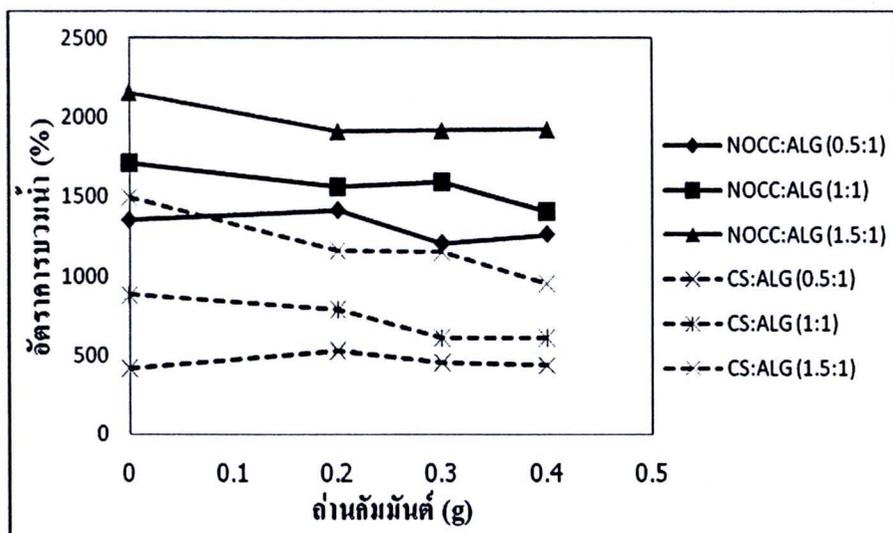
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์ต่างปริมาณ (0.2, 0.3 และ 0.4) และสัดส่วนของ NOCC:ALG อยู่ที่ (1.0:1.0)



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และจำนวนครั้งในการบวมน้ำกรณีเติมถ่านกัมมันต์ต่างปริมาณ (0.2, 0.3 และ 0.4) และสัดส่วนของ NOCC:ALG อยู่ที่ (1.5:1.0)

จากกราฟรูปที่ 4.16 - 4.18 ซึ่งแสดงความสามารถในการบวมน้ำของแผ่นฟิล์ม NOCC และ อัลจิเนตในอัตราส่วนต่างๆ กรณีเติมถ่านกัมมันต์ พบว่าการเติมถ่านกัมมันต์ในอัตราส่วนที่ 0.2 0.3 และ 0.4 นั้น ไม่มีผลมากต่อการบวมน้ำของแผ่นฟิล์ม NOCC/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์แต่อย่างใด

กราฟรูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่าในแผ่นฟิล์มจากไคโตซานที่ไม่มีการเติมอัลจิเนตและ ถ่านกัมมันต์ อัตราการบวมน้ำสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของไคโตซานเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากค่าการบวมน้ำของไฮโดรเจลขึ้นกับปริมาณเนื้อสารซึ่งแผ่นฟิล์มที่มีเนื้อสารมากจะทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีความหนา เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มที่มีอัตราส่วนของไคโตซานต่ำกว่า

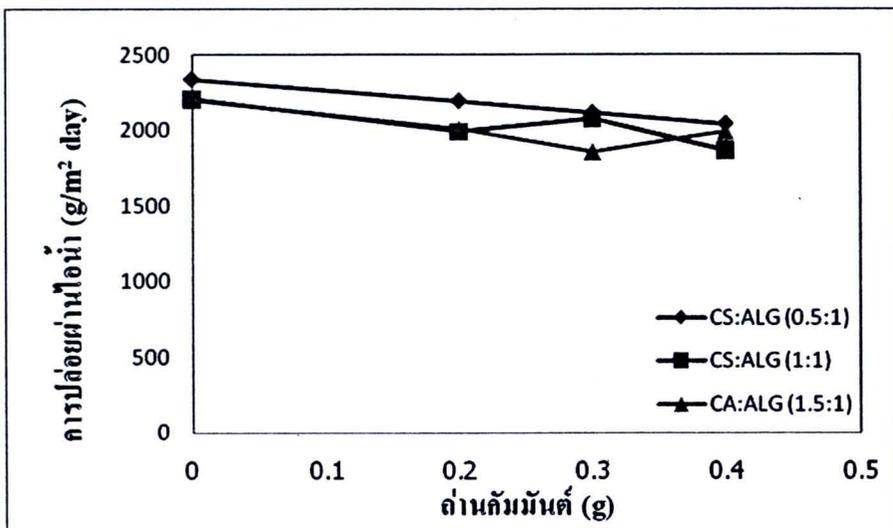


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าการบวมน้ำ (Swelling ratio) และอัตราส่วนถ่านกัมมันต์ของแผ่นฟิล์มไคโตซาน/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์และ NOCC/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์

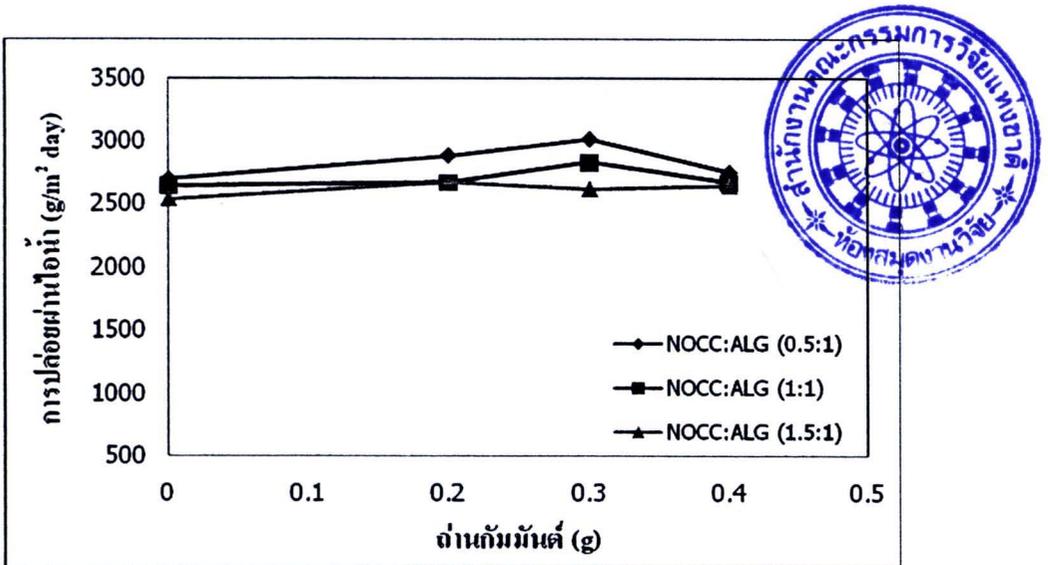
จากการเปรียบเทียบแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้จากไคโตซานและ NOCC พบว่าแผ่นฟิล์ม NOCC มีค่าการบวมน้ำสูงกว่าแผ่นฟิล์มไคโตซาน เนื่องจาก NOCC มีสมบัติคล้ายไคโตซานแต่จะมีหมู่ของคาร์บอกซิเลต (COO<sup>-</sup>) เพิ่มขึ้นบางส่วน ซึ่งเมื่อนำมาครอสลิงก์กับอัลจิเนตพบว่าจะเกิดการผลัดกันของประจุ แต่จะคงรูปได้ด้วย Ca<sup>2+</sup> บางส่วนและบริเวณที่เกิดการผลัดกันจะทำให้มีการดูดน้ำเข้ามาส่งผลให้ค่าการบวมน้ำมากขึ้น [37] ส่วนกรณีเติมถ่านกัมมันต์ พบว่าการเติมถ่านกัมมันต์ในอัตราส่วนที่ 0.2 0.3 และ 0.4 นั้นไม่มีผลมากต่อการบวมน้ำของแผ่นฟิล์ม NOCC/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์ และแผ่นฟิล์ม ไคโตซาน/อัลจิเนต-ถ่านกัมมันต์

### 4.3.3 การศึกษาอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ (Water vapour transmission rate) ของแผ่นฟิล์ม โคลโตซาน อัลจิเนต และ ถ่านกัมมันต์

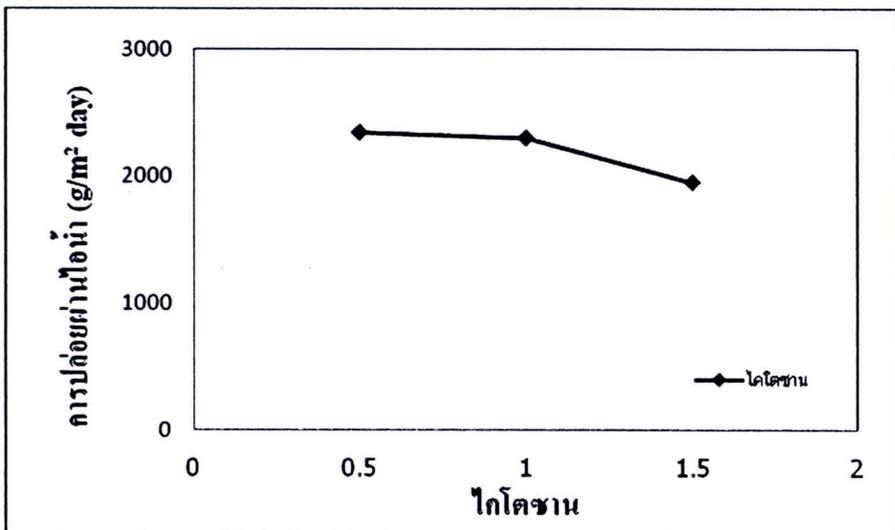
อัตราการปล่อยผ่านไอน้ำของวัสดุปิดบาดแผลนั้นจะต้องมีค่าที่เหมาะสม เนื่องจากบาดแผลแต่ละชนิดจะมีกระบวนการรักษาที่แตกต่างกัน ถ้าสามารถปล่อยผ่านไอน้ำมากเกินไปก็จะทำให้แผลสูญเสียน้ำทำให้แผ่นเจลติดบาดแผลได้ แต่ถ้าสามารถปล่อยผ่านไอน้ำน้อยเกินไปจะทำให้แผลเกิดการหมักหมมได้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ (WVTR) ของโคลโตซาน และอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ (WVTR) ของ NOCC และอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ (WVTR) และอัตราส่วนของไคโตซาน

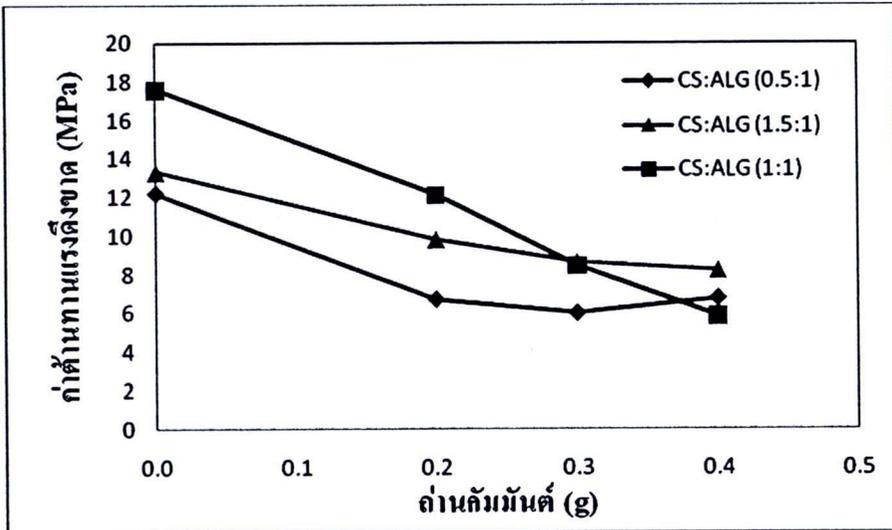
จากกราฟรูปที่ 4.20 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำ (WVTR) และอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์ของโคโคซาน พบว่าเมื่อโคโคซานปริมาณน้อย ไฮโดรเจลจะมีอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำได้ดีกว่าเมื่อโคโคซานอัตราส่วนสูง เนื่องมาจากอัตราส่วนของโคโคซานมากขึ้น ทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีความหนาขึ้นจึงมีการขัดขวางการปล่อยผ่านไอน้ำส่งผลให้ค่าอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำลดลง และเมื่อมีการเติมถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าไม่ส่งผลต่ออัตราการปล่อยผ่านไอน้ำมากนัก ซึ่งจะให้ค่าการปล่อยผ่านไอน้ำที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ในทำนองเดียวกัน แผ่นฟิล์มที่เตรียมได้จาก NOCC ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.21 พบว่าปริมาณ NOCC ที่อัตราส่วนต่ำ จะมีอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำได้ดีกว่า NOCC ที่อัตราส่วนสูง และในกรณีที่มีการเติมถ่านกัมมันต์นั้นจะให้ค่าการปล่อยผ่านไอน้ำที่สูงด้วยเช่นกัน เนื่องจากถ่านกัมมันต์กระจายตัวในแผ่นฟิล์มส่งผลให้แผ่นฟิล์มมีช่องว่างมาก ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนที่ 0.3 จะให้ค่าการปล่อยผ่านไอน้ำลดลง ซึ่งเป็นผลจากความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้นและการเติมถ่านกัมมันต์

กราฟรูปที่ 4.22 แสดงให้เห็นว่าในแผ่นฟิล์มจากโคโคซานที่ไม่มีการเติมอัลจินตและถ่านกัมมันต์ ให้ค่าอัตราการปล่อยผ่านไอน้ำลดลงเมื่ออัตราส่วนของโคโคซานเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากค่า อัตราการปล่อยผ่านไอน้ำของไฮโดรเจลขึ้นกับปริมาณเนื้อสารซึ่งไฮโดรเจลที่มีเนื้อสารน้อยจะทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีความบางเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มที่มีอัตราส่วนของโคโคซานสูง

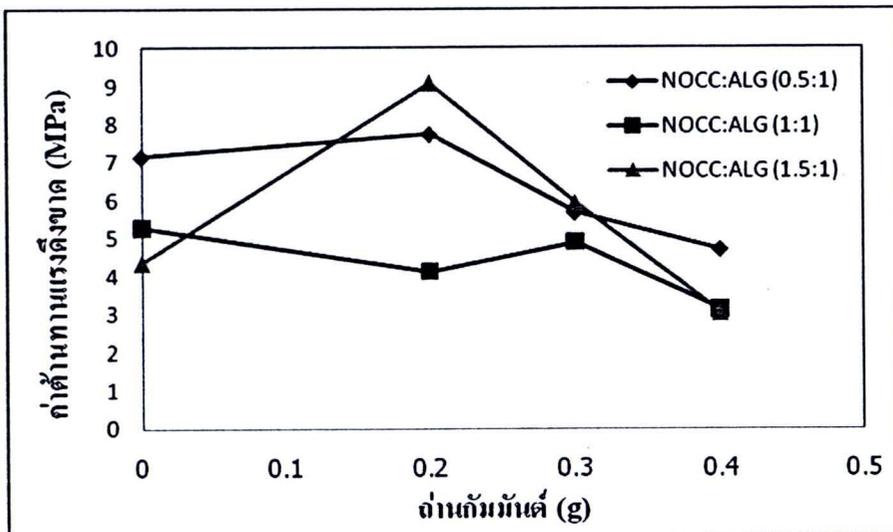
#### 4.4 สมบัติเชิงกล (Mechanical properties) ของแผ่นฟิล์มจากไคโตซาน และ NOCC

ความแข็งแรง การคงตัว และความยืดหยุ่นของเจลนั้นสามารถหาได้จากการทดสอบโดย

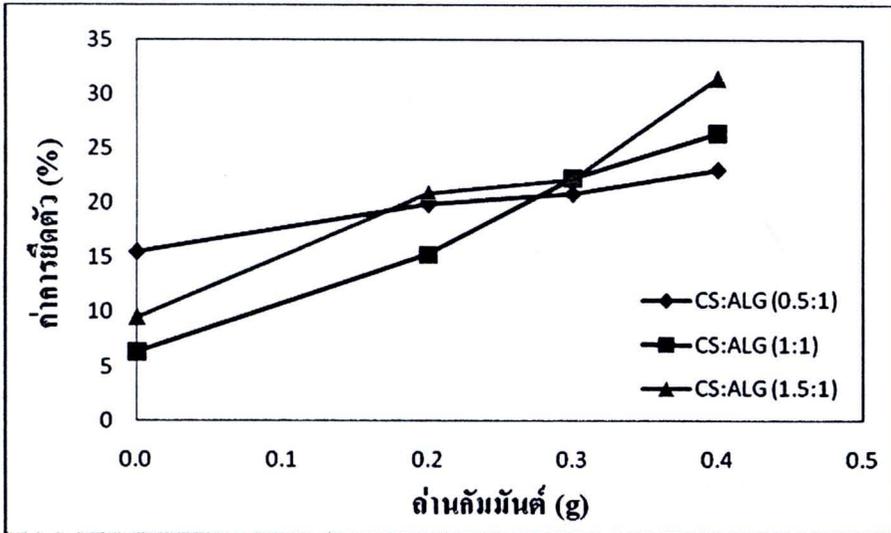
Tensile test โดยเครื่อง LLOYD Instrument



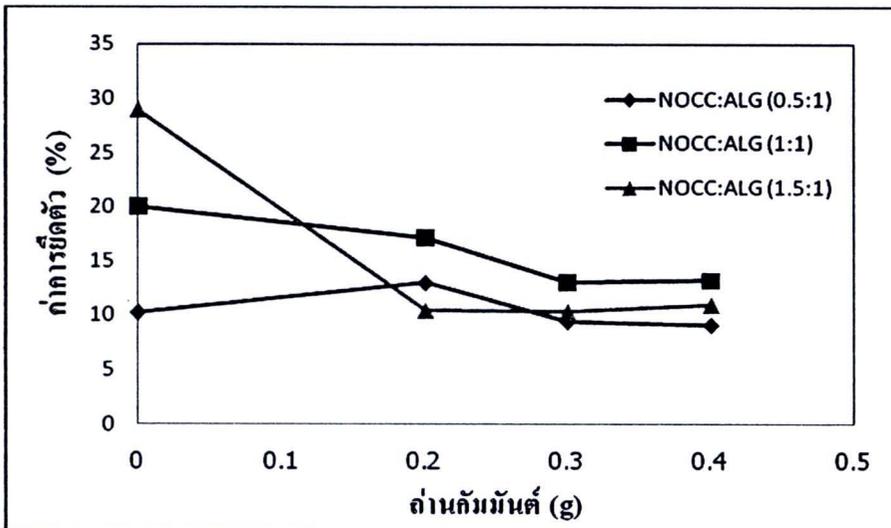
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) ของไคโตซานและอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) ของ NOCC และอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบการยืดตัว (% Elongation) ของไคโตซานและอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบการยืดตัว (% Elongation) ของ NOCC และอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์

จากกราฟรูปที่ 4.23 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) และอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์ ในกรณีที่ไม่มีการเติมถ่านกัมมันต์ จะสังเกตได้ว่าเมื่ออัตราส่วนของไคโตซานเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) สูงขึ้นเนื่องมาจากเกิดพันธะไฮออนิกระหว่างไคโตซานและอัลจินตมากขึ้นทำให้สามารถทนแรงดึงได้ ยกเว้นที่อัตราส่วนของไคโตซานที่ 1.5 มีค่าการทนแรงดึงได้น้อยกว่าอัตราส่วนที่ 1 นั้นอาจเป็นผลเนื่องมาจากแผ่นฟิล์มตัวอย่างเกิดการฉีกขาดขณะทำการตัดตัวอย่าง เมื่อมีการเติมถ่านกัมมันต์ในปริมาณที่มากขึ้นค่าความต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) จะลดลงตามลำดับ เนื่องมาจากการเติมถ่านกัมมันต์ลงในตัวอย่างจะทำให้ตัวอย่างที่ได้จะมีลักษณะเปราะและแข็ง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมถ่านกัมมันต์ ในทำนองเดียวกันแผ่นฟิล์มของ NOCC ดังแสดงในรูปที่ 4.24 พบว่าในกรณีที่ไม่มีการเติมถ่านกัมมันต์ เมื่ออัตราส่วนของ NOCC เพิ่มมากขึ้น จะให้ค่าความต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) ต่ำ แต่เมื่อมีการเติมถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วน 0.2 จะให้ค่าความต้านทานแรงดึงขาดที่สูงขึ้นและจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของถ่านกัมมันต์มากขึ้น เนื่องมาจากการเติมถ่านกัมมันต์ลงในตัวอย่างจะทำให้ตัวอย่างที่ได้จะมีลักษณะเปราะและแข็ง

จากรูปที่ 4.25 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการยืดตัว (% Elongation) และอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์ พบว่าอัตราส่วนของไคโตซานที่มีค่าน้อยจะให้ค่าการยืดตัวสูงกว่าเมื่ออัตราส่วนของไคโตซานสูง เนื่องมาจากเมื่ออัตราส่วนของไคโตซานมีค่าสูงนั้น จะมีไคโตซานที่ไม่เกิดพันธะกับอัลจินตแต่จะเกี่ยวพันกันเองระหว่างสายโซ่โพลีเมอร์ ทำให้มีความหนาแน่นของสายโซ่มากขึ้น ส่งผลให้ตัวอย่างมีการยืดตัวที่ได้ดี [38] ในกรณีที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ พบว่าเมื่อมีการเติมถ่านกัมมันต์ในอัตราส่วนที่มากขึ้นจะให้ค่าการยืดตัวของแผ่นฟิล์มดีขึ้น เนื่องมาจากถ่านกัมมันต์ที่กระจายตัวอยู่ทั่วไปจะช่วยให้ลดความหนาแน่นของสายโซ่ของไคโตซานที่เกี่ยวข้องกันเอง และจากรูปที่ 4.26 กรณีที่ไม่มีการเติมถ่านกัมมันต์แผ่นฟิล์มของ NOCC ในอัตราส่วนที่สูงจะให้ค่าการยืดตัวได้ดีกว่าอัตราส่วนของ NOCC ที่ต่ำ เนื่องมาจากอัตราส่วนของ NOCC ที่สูงจะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับ อัลจินตทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะของการยืดตัวสูง ถ้ามีการเติมถ่านกัมมันต์ในอัตราส่วนต่างๆ จะให้ค่าการยืดตัวลดน้อยลงเนื่องจากแผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะแข็งและเปราะ

#### 4.5 การศึกษาลักษณะทางชีวภาพเบื้องต้นของไฮโดรเจลที่มีสมบัติในการต้านทานเชื้อแบคทีเรียของไฮโดรเจลที่เตรียมได้จากไคโตซานและ NOCC

วัสดุที่นำมาใช้ในการปิดบาดแผลหรือสมานแผลนั้นควรมีความสามารถในการต้านทานเชื้อแบคทีเรียและป้องกันการติดเชื้อเพื่อไม่ให้แผลเกิดการอักเสบขึ้นมา เนื่องจากถ้าบาดแผลเกิดการติดเชื้อจะทำให้กระบวนการสมานแผลเป็นไปได้ยาก โดยสมบัติข้อนี้ของไฮโดรเจลสามารถศึกษาได้จากการทดสอบการผ่านเชื้อแบคทีเรียดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในไฮโดรเจลจากไคโตซาน อัลจินตและถ่านกัมมันต์

ตัวอย่าง	CS:ALG:AC	การปนเปื้อน
CC1	0.5:1:0.2	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 2	0.5:1:0.3	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 3	0.5:1:0.4	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 4	1:1:0.2	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 5	1:1:0.3	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 6	1:1:0.4	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 7	1.5:1:0.2	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 8	1.5:1:0.3	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 9	1.5:1:0.4	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 10	0.5:1:0	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 11	1.5:1:0	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 12	1:1:0	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 13	0.5:0:0	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 14	1:0:0	ไม่มีการปนเปื้อน
CC 15	1.5:0:0	ไม่มีการปนเปื้อน
Positive control	-	ไม่มีการปนเปื้อน
Negative control	-	เกิดการปนเปื้อน

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในไฮโดรเจลจาก NOCC อัลจินเนตและ ถ่านกัมมันต์

ตัวอย่าง	NOCC:ALG:AC	การปนเปื้อน
WW 1	0.5:1:0.2	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 2	0.5:1:0.3	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 3	0.5:1:0.4	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 4	1:1:0.2	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 5	1:1:0.3	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 6	1:1:0.4	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 7	1.5:1:0.2	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 8	1.5:1:0.3	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 9	1.5:1:0.4	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 10	0.5:1:0	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 11	1.5:1:0	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 12	1:1:0	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 13	0.5:0:0	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 14	1:0:0	ไม่มีการปนเปื้อน
WW 15	1.5:0:0	ไม่มีการปนเปื้อน
Positive control	-	ไม่มีการปนเปื้อน
Negative control	-	เกิดการปนเปื้อน

จากการทดสอบทางด้านชีวภาพของแผ่นฟิล์มไฮโดรเจลที่ได้จากไคโตซานและ NOCC พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งเป็นผลมาจากที่ไคโตซานมีคุณสมบัติต่อต้านเชื้อแบคทีเรียจากลักษณะเฉพาะนี้ทำให้แผ่นฟิล์มที่เตรียมได้เหมาะสมในการนำไปใช้สมานแผล และหลอดทดลองที่เป็น Positive control ไม่มีการปนเปื้อนเช่นเดียวกัน ยกเว้นที่ Negative control เกิดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย