การกราฟต์ผ้าไหมไทยด้วยไคโตซานโดยใช้ดีบีดีพลาสมาเพื่อให้คุณสมบัติต้านแบคทีเรีย

นางสาวขวัญชนก ราบรื่นทวีสุข

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DBD-PLASMA GRAFTING OF CHITOSAN ON THAI SILK FOR ANTIBACTERIAL ABILITY

Miss Kwanchanok Rabruentaweesook

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Nuclear Technology
Department of Nuclear Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกราฟต์ผ้าไหมไทยด้วยไคโตซานโดยใช้ดีบีดีพลาสมาเพื่อให้คุณสมบัติต้านแบคทีเรีย
โดย	นางสาวขวัญชนก ราบรื่นทวีสุข
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ดุลยพงศ์ วงศ์แสวง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์)

....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. ดุลยพงศ์ วงศ์แสวง)

....กรรมการ

(ดร. พงษ์แพทย์ เพ่งวาณิชย์)

....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขวัญชนก ราบรื่นทวีสุข : การกราฟต์ผ้าไหมไทยด้วยไคโตซานโดยใช้ดีบีดีพลาสมาเพื่อให้คุณสมบัติต้านแบคทีเรีย (DBD-PLASMA GRAFTING OF CHITOSAN ON THAI SILK FOR ANTIBACTERIAL ABILITY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. ดุลยพงศ์ วงศ์แสวง, 89 หน้า.

ผ้าไหม ถือเป็นสิ่งหนึ่งที่แสดงออกถึงเอกลักษณ์ของไทย เป็นสินค้าราคาสูง นิยมนำมาตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าเพื่อสวมใส่ แต่โอกาสในการนำมาสวมใส่มีน้อย เวลานำมาสวมใส่ผ้าไหมจะสัมผัสกับเหงื่อที่ร่างกายผลิตขึ้น ภายหลังการสวมใส่ต้องได้รับการทำความสะอาดอย่างทะนุถนอม ไม่สามารถซักด้วยกระบวนการทั่วไปได้ ทำให้มีโอกาสเกิดเชื้อแบคทีเรียในผ้าไหม ส่งผลให้ผ้าไหมด้อยคุณภาพลงเสื่อมสภาพและเสื่อมราคาได้ การทำวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้านแบคทีเรียจากการกราฟต์ผ้าไหมไทยด้วยไคโตซานและดีบีดีพลาสมา (DBD-plasma; Dielectric Barrier Discharge Plasma) ด้วยความต่างศักย์ 5-10 kV และใช้เวลา 5, 10 และ 15 วินาที ด้วยผ้าไหมไทยคุณภาพนกยูงสีน้ำเงินที่ไม่ได้ผ่านการฟอกสีและลอกผิวกาว กับสารละลายไคโตซานจากไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 0, 10, 30, 50, 70 และ 90 kGy นำมาทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการต้านแบคทีเรีย ด้วยวิธีการเพาะเชื้อแบคทีเรีย พบว่า ผ้าไหมที่ผ่านการดัดแปรผิวด้วยดีบีดีพลาสมาที่ 10 kV เป็นเวลา 10 วินาที การกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy ทนต่อการซักมากที่สุด และสามารถต้านทั้งแบคทีเรีย Staphylococcus Aures และ Escherichia Coli ได้ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา	วิศวกรรมนิวเคลียร์	ลายมือชื่อนิสิต	....
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก	....
ปีการศึกษา	2558		

5670131021 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY
KEYWORDS: DBD-PLASMA / THAI SILK FABRIC / CHITOSAN / ANTIBACTERIA

KWANCHANOK RABRUENTAWEESOOK: DBD-PLASMA GRAFTING OF CHITOSAN ON THAI SILK FOR ANTIBACTERIAL ABILITY. ADVISOR: ASSOC. PROF. DOONYAPONG WONGSAWAENG, Ph.D., 89 pp.

Thai silk fabrics have been well known as a symbol of Thailand for a long time. It is very popular to get dressed into in special occasions and the cost can be very high depending on quality. After getting dressed, it should be gently and properly cleaned by hand because laundry machine might damage silk fabrics. Moreover, as dry cleaning is not suitable for silk fabrics, people commonly dry silk dresses by hanging them outside and under the roof to receive soft sunlight. However, Thailand is located in a tropical-zone of the world, where the weather is hot and humid. When the fabric contacts with human skin, it will absorb human body's perspiration. Under this condition, bacteria can favorably grow in the fabric and will directly affect the quality of fabric. The objective of this research is to antibacterial from Thai silk fabrics with chitosan and DBD-plasma. Using the high voltage of 5 to 10 kV and the treatment time of 5, 10 and 15 seconds with blue peacock quality of Thai silk that undye and undegum. And chitosan solution from radiated chitosan powder in different activity of Gamma-ray of 0, 10, 30, 50, 70 and 90 kGy. To find the most proper condition of antibacterial ability by inseminate bacteria. The silk that the high voltage of 10kV for 10 seconds and graft with irradiate chitosan of 10 kGy is the best condition for antibacterial ability

Department:	Nuclear Engineering	Student's Signature	....
Field of Study:	Nuclear Technology	Advisor's Signature	....
Academic Year:	2015		

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่มอบโอกาสในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ดุลยพงศ์ วงศ์แสวง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้คอยให้คำปรึกษา แนะแนวทางในการวิจัย รวมถึงตรวจสอบแก้ไขร่างวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด รศ.สมยศ ศรีสถิตย์ ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ ผศ.สุวิทย์ ปุณณชัยยะ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย และอาจารย์ ดร.พงษ์แพทย์ เพ่งวาณิชย์ กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำและเข้าร่วมฟังการดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และน้องชายของผู้วิจัย ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ ขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นวิศวกรรมนิวเคลียร์และวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์ที่คอยช่วยเหลือด้านเทคนิคและเป็นกำลังใจให้สามารถก้าวข้ามผ่านอุปสรรคมาได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย...ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ... จ

กิตติกรรมประกาศ... ฉ

สารบัญ... ช

สารบัญภาพ ... 10

สารบัญตาราง... 16

บทที่ 1 บทนำ ... 17

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ ... 17

1.2 วัตถุประสงค์... 18

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย ... 18

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย ... 18

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ... 18

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ... 19

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ... 21

2.1 ผ้าไหมไทย (Thai silk) ... 21

2.1.1 คุณภาพของผ้าไหมไทย ... 21

2.1.2 เส้นไหมไทย ... 24

2.2 ไคโตซาน (Chitosan)... 27

2.2.1 ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อไคโตซาน ... 29

2.2.2 การนำไคโตซานมาใช้ในการต้านแบคทีเรีย... 30

2.3 พลาสมา (Plasma)... 32

2.3.1 DBD-Plasma... 34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.3.2 Plasma Grafting 35
บทที่ 3 วิธีการวิจัย 37
3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย 37
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 39
3.3 การเตรียมงานวิจัย 41
3.3.1 การเตรียมสารละลายไคโตซาน 41
3.3.2 การเตรียมผ้าไหม 41
3.3.3 การเตรียมเครื่องให้กำเนิดพลาสมา 42
3.4 การดำเนินงานวิจัย 42
3.4.1 การทดสอบความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาที่เหมาะสมแก่การดัดแปรด้วยพลาสมา 42
3.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการดัดแปรด้วยพลาสมา 43
3.4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานที่ได้รับการฉายรังสี 44
3.4.4 การทดสอบความคงทนต่อการซักของไคโตซาน 45
3.4.5 การทดสอบการต้านทานแบคทีเรีย 45
บทที่ 4 ผลการวิจัย 46
4.1 การทดสอบความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาที่เหมาะสมแก่การดัดแปรด้วยพลาสมา 46
4.2 ผลของการทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการดัดแปรด้วยพลาสมา 49
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานที่ได้รับการฉายรังสี 51
4.4 การทดสอบความคงทนต่อการซักของไคโตซาน 54
4.5 ผลของการทดสอบการต้านทานแบคทีเรีย 69
บทที่ 5 อภิปราย สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 87
5.1 อภิปรายผลการวิจัย 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

5.2 สรุปผลการวิจัย 89

5.3 ข้อเสนอแนะ 89

รายการอ้างอิง .... ฑฑฑ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .... ตตต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

รูปที่ 1 ผ้าไหมไทย 21

รูปที่ 2 ตรานกยูงพระราชทาน 22

รูปที่ 3 วงจรชีวิตของหนอนไหม 24

รูปที่ 4 โครงสร้างของเส้นไหม 26

รูปที่ 5 ไคโตซานแบบผง 27

รูปที่ 6 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน 28

รูปที่ 7 โครงสร้างทางเคมีของไคติน 28

รูปที่ 8 ไคตินที่พบได้ตามธรรมชาติ 29

รูปที่ 9 พลาสมา 32

รูปที่ 10 พลาสมาที่มนุษย์สร้างขึ้น 33

รูปที่ 11 การวางขั้วไฟฟ้าและวัสดุฉนวนเพื่อให้เกิด DBD-Plasma 34

รูปที่ 12 การกราฟต์ 35

รูปที่ 13 การกราฟต์ด้วยพลาสมา 36

รูปที่ 14 เครื่องให้กำเนิดพลาสมาสำหรับงานวิจัย 42

รูปที่ 15 การนำผ้าไหมมาดัดแปรด้วยพลาสมา 43

รูปที่ 16 การดัดแปรผ้าไหมด้วยพลาสมาและสารละลายไคโตซาน 44

รูปที่ 17 กราฟแท่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน 50

รูปที่ 18 กราฟเส้นเปรียบเทียบระสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน 52

รูปที่ 19 กราฟเส้นเปรียบเทียบการหลุดออกของไคโตซานจากการซัก 55

รูปที่ 20 ผ้าไหมที่ไม่ได้ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลอง 57

รูปที่ 21 ผ้าไหมที่ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลอง 57

รูปที่ 22 ผ้าไหมที่ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลองและผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา 57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 23 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีและไม่ซัก........... 58

รูปที่ 24 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีและซัก 1 ครั้ง.... 58

รูปที่ 25 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีและซัก 2 ครั้ง.... 58

รูปที่ 26 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และไม่ซัก .. 59

รูปที่ 27 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 1 ครั้ง 59

รูปที่ 28 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 2 ครั้ง 59

รูปที่ 29 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และไม่ซัก .. 60

รูปที่ 30 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 1 ครั้ง 60

รูปที่ 31 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 2 ครั้ง 60

รูปที่ 32 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และไม่ซัก .. 61

รูปที่ 33 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และซัก 1 ครั้ง 61

รูปที่ 34 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และซัก 2 ครั้ง 61

รูปที่ 35 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และไม่ซัก .. 62

รูปที่ 36 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 1 ครั้ง 62

รูปที่ 37 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 2 ครั้ง 62

รูปที่ 38 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และไม่ซัก .. 63

รูปที่ 39 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 1 ครั้ง 63

รูปที่ 40 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 2 ครั้ง 63

รูปที่ 41 การวิเคราะห์ด้วย FT-IR บนผ้าไหมที่มีไคโตซานเคลือบอยู่ 65

รูปที่ 42 สเปกตรัมของผ้าไหมที่ไม่ได้ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลอง 66

รูปที่ 43 สเปกตรัมของผ้าไหมที่ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลอง 66

รูปที่ 44 สเปกตรัมของผ้าไหมที่ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลองและผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา 66

รูปที่ 45 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ไม่ผ่านการฉายรังสี 67

รูปที่ 46 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy 67

รูปที่ 47 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30 kGy 67

รูปที่ 48 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50 kGy 67

รูปที่ 49 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70 kGy 68

รูปที่ 50 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy 68

รูปที่ 51 ผลการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของผ้าไหม 69

รูปที่ 52 ผลการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของผ้าไหมที่ไม่ผ่านการกราฟต์ 69

รูปที่ 53 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และไม่ซัก 70

รูปที่ 54 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และซัก 1 ครั้ง 70

รูปที่ 55 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และซัก 2 ครั้ง 70

รูปที่ 56 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และไม่ซัก 71

รูปที่ 57 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 1 ครั้ง 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 58 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 2 ครั้ง 71

รูปที่ 59 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และไม่ซัก 72

รูปที่ 60 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 1 ครั้ง 72

รูปที่ 61 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 2 ครั้ง 72

รูปที่ 62 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และไม่ซัก 73

รูปที่ 63 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และซัก 1 ครั้ง 73

รูปที่ 64 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และซัก 2 ครั้ง 73

รูปที่ 65 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และไม่ซัก 74

รูปที่ 66 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 1 ครั้ง 74

รูปที่ 67 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 2 ครั้ง 74

รูปที่ 68 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และไม่ซัก 75

รูปที่ 69 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 1 ครั้ง 75

รูปที่ 70 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 2 ครั้ง 75

รูปที่ 71 ผลการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ของผ้าไหม 78

รูปที่ 72 ผลการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ของผ้าไหมที่ไม่ผ่านการกราฟต์ 78

รูปที่ 73 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และไม่ซัก 79

รูปที่ 74 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และซัก 1 ครั้ง 79

รูปที่ 75 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และซัก 2 ครั้ง 79

รูปที่ 76 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และไม่ซัก 80

รูปที่ 77 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 1 ครั้ง 80

รูปที่ 78 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 2 ครั้ง 80

รูปที่ 79 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และไม่ซัก 81

รูปที่ 80 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 1 ครั้ง 81

รูปที่ 81 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 2 ครั้ง 81

รูปที่ 82 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และไม่ซัก 82

รูปที่ 83 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และ 1 ครั้ง 82

รูปที่ 84 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และการซัก 2 ครั้ง 82

รูปที่ 85 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และไม่ซัก 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 86 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 1 ครั้ง 83

รูปที่ 87 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 2 ครั้ง 83

รูปที่ 88 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และไม่ซัก 84

รูปที่ 89 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 1 ครั้ง 84

รูปที่ 90 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 2 ครั้ง 84

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ผลของปริมาณรังสีแกมมาต่อมวลโมเลกุลของไคโตซาน 29

ตารางที่ 2 ผลการใช้ไคโตซานต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus 31

ตารางที่ 3 ผลการใช้ไคโตซานต้านแบคทีเรีย Escherichia coli 31

ตารางที่ 4 การทดสอบผ้าไหมที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาดัดแปรด้วยพลาสมา 47

ตารางที่ 5 น้ำหนักของผ้าไหมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการดัดแปร 49

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการดัดแปร 49

ตารางที่ 7 น้ำหนักของผ้าไหมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการฉายรังสี 51

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการฉายรังสี 52

ตารางที่ 9 ความคงทนต่อการซักของไคโตซาน 54

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การหลุดออกของไคโตซานจากการซัก 54

ตารางที่ 11 ขนาดโมเลกุลของไคโตซาน เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน และการหลุดออกของไคโตซาน 56

ตารางที่ 12 ผลการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของผ้าไหม 69

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของผ้าไหมกับขนาดโมเลกุลของไคโตซาน 76

ตารางที่ 14 ผลการต้านแบคทีเรีย Escherchia coli ของผ้าไหม 78

ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ของผ้าไหมกับขนาดโมเลกุลของไคโตซาน 85

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ผ้าไหม ถือเป็นสิ่งหนึ่งที่แสดงออกถึงความมีเอกลักษณ์ของไทย เป็นสินค้าราคาสูง จึงเสมือนเป็นสัญลักษณ์อย่างหนึ่งของสังคมชั้นสูงของไทย นิยมนำมาตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าเพื่อสวมใส่ นิยมนำมาเป็นส่วนประกอบของเครื่องเรือนเพื่อตกแต่งบ้านหรือที่พักอาศัย อย่างไรก็ตาม ผ้าไหมไทยไม่ได้เหมาะกับทุกโอกาสเสมอไป ดังนั้น เสื้อผ้าที่ตัดเย็บจากผ้าไหมไทยจึงถูกเลือกมาสวมใส่ในโอกาสเฉพาะหรือโอกาสสำคัญ โดยขึ้นอยู่กับตัวบุคคล ภายหลังการสวมใส่แต่ละครั้งจะต้องได้รับการทำความสะอาดอย่างทะนุถนอม เพราะการซักล้างแบบทั่วไป มีโอกาสทำให้เส้นไหม ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผ้าไหมผิดไปจากสภาพเดิม [1] อีกทั้งกระบวนการทำให้ผ้าแห้งอย่างเช่น การปั่นแห้ง เป็นกระบวนการที่ไม่เหมาะกับผ้าไหม จึงนิยมนำไปผึ่งแดดรำไร ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมา ทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตในเนื้อผ้า ส่งผลให้ผ้าไหมด้อยคุณภาพลง เสื่อมสภาพและเสื่อมราคาได้ง่าย [2]

ในต่างประเทศ มีการแก้ปัญหาดังกล่าวกับผ้าที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการซักล้างบ่อย เช่น ผ้าทออย่างหนา [3] ผ้าทอขนสัตว์ [4] ในลักษณะที่อาจจะมีการสวมใส่เฉพาะในฤดูหนาว และภูมิอากาศของประเทศดังกล่าวมีความชื้นในอากาศสูง [5] ด้วยการให้ผ้าดังกล่าวผ่านการเคลือบสารเคมี แต่ในกรณีที่น่าสนใจ คือ การนำผ้าที่ต้องการพัฒนาคุณสมบัติดังกล่าว มาดัดแปรด้วยพลาสมา [6] ก่อนจะชุบเคลือบสารเคมีที่มีคุณสมบัติต้านแบคทีเรีย พบว่าผ้าที่ผ่านการทดลองแล้วสามารถต้านการเกิดของแบคทีเรียได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตาม พบว่ามีสิ่งหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการยับยั้งการเจริญเติมโตของเชื้อราและแบคทีเรีย คือ ไคโตซาน ซึ่งผลิตได้จากวัสดุในธรรมชาติ และสามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติได้ จากคุณสมบัติดังกล่าว ทำให้มีการนำไคโตซานมาใช้ประโยชน์ทั้งในงานด้านเกษตรกรรม ด้านการแพทย์ ด้านการปศุสัตว์ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย [7]

ในผ้าไหมทุกชนิด จะมีโปรตีนไหมอยู่ทั่วทั้งพื้นผิว ซึ่งโปรตีนไหมเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ ส่วนไคโตซานเองก็เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติเช่นกัน ดังนั้น การนำผ้าไหมไปดัดแปรด้วยพลาสมาแล้วนำมาชุบเคลือบสารละลายที่มีไคโตซานเป็นส่วนประกอบ จะเป็นการทำให้พอลิเมอร์ธรรมชาติทั้ง 2 ตัวเกิดการกราฟต์กัน ทำให้ผ้าไหมมีคุณสมบัติต้านแบคทีเรียและวิธีนี้ยังคงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยอีกด้วย [8]

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อกราฟต์ผ้าไหมไทยด้วยไคโตซานโดยใช้ดีบีดีพลาสมาให้มีคุณสมบัติต้านแบคทีเรีย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1. ใช้ผ้าไหมคุณภาพนกยูงสีน้ำเงิน ที่ไม่ผ่านการย้อมสี

1.3.2. หาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกราฟต์ไคโตซานบนผ้าไหมโดยใช้เทคนิค DBD Plasma เพื่อให้ทนต่อแบคทีเรียได้มากที่สุด โดยศึกษาผลของตัวแปรต่อไปนี้

1) ความต่างศักย์ของแหล่งจ่ายไฟ ในช่วง 0 – 10 kV

2) ระยะเวลาที่ใช้ในการอาบพลาสมา ไม่เกิน 15 วินาที

3) ไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาในช่วง 0 – 90 kGy ที่ความเข้มข้น 1% (w/v)

1.3.3. ทดสอบการทนต่อแบคทีเรีย Staphylococcus aureus และ Escherichia coli ด้วยวิธี Plate Counting

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.4.1. ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2. เตรียมสารละลายไคโตซาน

1.4.3. เตรียมผ้าไหม

1.4.4. เตรียมเครื่องให้กำเนิดพลาสมา

1.4.5. ทดสอบความต่างศักย์และระยะเวลาที่เหมาะสมแก่การดัดแปรด้วยพลาสมา

1.4.6. ทดสอบประสิทธิภาพในการดัดแปรด้วยพลาสมา

1.4.7. ทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน

1.4.8. ทดสอบความคงทนต่อการซักของไคโตซาน

1.4.9. ทดสอบการต้านทานแบคทีเรีย

1.4.10. สรุปผลการวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์ประโยชนที่คาดว่าจะได้รับ

1.5 ประโยชนที่คาดว่าจะได้รับ

เงื่อนไขที่เหมาะสมในการกราฟต์ไคโตซานบนผ้าไหมไทย โดยใช้เทคนิค DBD Plasma เพื่อให้ทนต่อแบคทีเรียได้มากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.6.1. Cinthia และ Ming Yi Li ได้ทำการวิจัยเรื่อง “The Effect of Plasma Treatment on Fabric Properties of Silk Fabric” โดยทดลองนำผ้าไหมทั้งที่ไม่ได้ผ่านการลอกกาวไหมและผ่านการลอกกาวไหมแล้ว มาดัดแปรด้วยพลาสมาออกซิเจน โดยกำหนดตัวแปรสำคัญคือ พลาสมา, ระยะเวลาที่ทำการดัดแปร และระยะห่างระหว่างชิ้นงานการทดลองและแหล่งจ่ายพลาสมา พบว่า ผ้าไหมที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาแล้วมีน้ำหนักที่เบาลง มีการเปียกน้ำที่ง่ายขึ้น มีความเหลืองมากขึ้น มีความขาวลดลง ย้อมสีติดได้ง่ายขึ้น และมีผิวสัมผัสที่หยาบขึ้น

1.6.2. Doonyapong Wongsawaeng ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Environmentally Friendly RF Plasma Treatment Process of Thai Silk Fibers with Chitosan for Antibacterial Ability” โดยสร้างพลาสมาด้วยเครื่องกำเนิดพลาสมาความถี่คลื่นวิทยุ 13.56 MHz และควบคุมความดันให้คงที่ ผ้าไหมที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาแล้วกราฟต์ (Graft) ด้วยสารละลายไคโตซาน จะมีความคงทนต่อการซักมากกว่าผ้าไหมทั่วไปและในไคโตซานที่ใช้ความแรงของรังสีสูงขึ้นสามารถต้านการเกิดของแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ได้ 90% ขึ้นไป

1.6.3. Kan Chi Wai, Chan Kwong และ Marcus Yuen Chun-wah ได้ทำการวิจัยเรื่อง “The Possibility of Low-Temperature Plasma Treated Wool Fabric for Industrial Use” โดยทดลองสร้างพลาสมาอุณหภูมิต่ำจากเครื่องกำเนิดพลาสมาที่เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทออย่างแพร่หลาย เพื่อทำการดัดแปรผ้าขนแกะและใช้การตรวจสอบต่างๆตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASTM พบว่าผ้าขนแกะที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาแล้ว มีความทนต่อแรงตึงมากขึ้น แต่ในขณะเดียวกันเมื่อคลายแรงตึงแล้วมีการคืนตัวที่น้อยลง และยังฉีกขาดง่ายขึ้นอีกด้วย

1.6.4. Kan Chi Wai และ Yin-ling Lam ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Low Stress Mechanical Properties of Plasma-Treated Cotton Fabric Subjected to Zinc Oxide-Anti-Microbial Treatment” โดยสร้างพลาสมาอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Plasma) เพื่อดัดแปรผ้าคอตตอน (Cotton) แล้วนำไปกราฟต์ด้วยสารละลายซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เพื่อต้านการเจริญเติบโตของไมโครเบียลในเนื้อผ้า และทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คุณสมบัติเชิงกลของผ้าที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่า ผ้าคอตตอนสามารถต้านทานการเกิดไมโครเบียลได้ดีขึ้น และยังระบายเหงื่อจากร่างกายได้ดีขึ้นอีกด้วย

1.6.5. Amelia Sparavigna ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Plasma Treatment Advantages for Textiles” โดยทดลองสร้างพลาสมาอุณหภูมิต่ำมาดัดแปรผ้าทั่วไป เพื่อพัฒนาคุณสมบัติต่างๆของผ้าให้เป็นไปตามที่ต้องการมากขึ้นโดยยังคงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่ง3 ปัจจัยหลัก คือ ความสะอาด, พื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไป และ ผลจากการสัมผัสกับน้ำ พบว่าผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาแล้วจะมีความสะอาด คือ ต้านทานแบคทีเรียมากขึ้นระดับหนึ่ง, มีพื้นผิวที่หยาบกร้านขึ้น และ สามารถซึมซับน้ำได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปร

1.6.6. Wanvimol pasanphan1, Rangrong Yoksan และ Suwabun Chirachanchai ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Molecular Weight Reduction of Chitosan via γ-ray Irradiation” โดยทดลองนำไคโตซานไปฉายรังสีแกมมาในระดับความเข้มต่าง ๆ จนถึง 160 kGy มวลโมเลกุลของไคโตซานลดลงจาก 6.7×10^5 ถึง 1.2×10^6 เป็น 1.0×10^5 Daโดยที่โครงสร้างหลักของไคโตซานยังคงเดิม และ การลดลงของมวลโมเลกุลในระดับเดียวกันนี้สามารถทำได้โดยใช้ความแรงของรังสีเพียง 20 kGy พบว่าความว่องไวต่อปฏิกิริยาของไคโตซานที่ได้รับการฉายรังสีเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 50-60% ส่วนในกรณีของ สารละลายไคโตซานในกรดอะซิติก พบว่าโครงสร้างของไคโตซานที่ได้จากการฉายรังสีมีการเปลี่ยนแปลง

1.6.7. Lian-Ying Zheng และ Jiang-Feng Zhuได้ทำการวิจัยเรื่อง “Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights” โดยพบว่าขนาดมวลโมเลกุลของไคโตซานมีผลต่อเจริญเติบโตของแบคทีเรีย Staphylococcus aureus และ Escherichia coli โดยในไคโตซานที่มีมวลโมเลกุลต่ำกว่า 300 kDa สามารถต้านการเจริญเติบโตของ Staphylococcus aureus ได้ดีขึ้น แต่ในทางกลับกัน สามารถต้านการเจริญเติบโตของ Escherichia coli ได้ด้อยลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผ้าไหมไทย (Thai silk)

2.1.1 คุณภาพของผ้าไหมไทย

รูปที่ 1 ผ้าไหมไทย

ผ้าไหมไทยเป็นสิ่งที่อยู่คู่กับสังคมไทยมายาวนาน นับตั้งแต่สมัยกรุงสุโขทัยเป็นราชธานี โดยพบหลักฐานจากข้อความในบันทึกการเดินทางของชาวจีน ว่ามีการซื้อขายผ้าไหมระหว่างอาณาจักรสุโขทัยและอาณาจักรเขมร ซึ่งในสมัยนั้นชาวเขมรไม่มีความรู้ในการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม แต่ภาคอีสานและภาคเหนือของไทยมีการปลูกหม่อนเลี้ยงไหมมาก่อนยุคสุโขทัย [9]

จากหลักฐานทางบันทึกและภาพวาด พบว่าในประเทศจีนมีวัฒนธรรมการเลี้ยงหนอนไหมมาเป็นเวลานานนับพันปี และวัฒนธรรมดังกล่าวได้เผยแพร่มาสู่ตอนใต้ของประเทศจีน มีการสันนิษฐานว่าชาวสยามในยุคแรกมาจากแผ่นดินจีนและได้นำเอาวัฒนธรรมการเลี้ยงไหมและทอผ้าไหมเข้ามาด้วย แม้ว่าในปัจจุบันจะไม่มีผ้าไหมไทยในสมัยสุโขทัยหลงเหลืออยู่ แต่หลักฐานจากภาพแกะสลักและการใช้สี สื่อว่ามีการทอผ้าไหมสีเข้มเอาไว้ใช้ตัดเสื้อผ้าใส่ในโอกาสพิเศษที่มีการเฉลิมฉลองกัน

ต่อมาในสมัยกรุงศรีอยุธยา เป็นยุคที่มีการทอผ้าไหมอย่างแพร่หลาย และยังมีการนำเข้าผ้าไหมจากจีนและญี่ปุ่นด้วย สมัยนั้นมีการสวมใส่ผ้าโสร่งที่สวยงาม และมีการสวมใส่เฉพาะในหญิงสาวที่ได้รับพระราชทานผ้าไหมทอลายสวยงามดังกล่าวจากกษัตริย์เท่านั้น มาถึงในยุคกรุงรัตนโกสินทร์เป็นราชธานี มีการสืบทอดวัฒนธรรมของลายผ้าไหมสำหรับข้าราชการระดับสูง (ลายสมภาคภูมิ) และข้าราชการระดับล่าง (ลายสมภาคริ้ว) ใช้สำหรับโอกาสที่เข้าเฝ้ากษัตริย์เท่านั้น

รูปที่ 2 ตรานกยูงพระราชทาน

แม้ในอดีต ผ้าไหมไทยจะเป็นผ้าที่ทอขึ้นเพื่อใช้ภายในงานพิธีสำคัญ แต่ด้วยความที่ได้รับการส่งเสริมจากพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ให้มีการปลูกหม่อนเพื่อเลี้ยงไหม รัฐบาลไทยในช่วงปลายรัชสมัยของพระองค์ พยายามยกระดับอุตสาหกรรมไหมไทย โดยนำผู้เชี่ยวชาญจากประเทศญี่ปุ่นเข้ามาช่วยเรื่องการปรับปรุงพันธุ์ไหมและหม่อน รวมถึงการสาวไหมและการกรอไหมด้วยเครื่องจักร ในปี ค.ศ.1945 จิม ทอมป์สัน เป็นผู้ทำการบุกเบิกตลาดผ้าไหมไทยไปสู่ตลาดโลก [9]

จวบจนปัจจุบัน ผ้าไหมไทยมีหลายคุณภาพหลากราคามากขึ้น เนื่องจากกรรมวิธีให้ได้มาซึ่งเส้นใยและกรรมวิธีการทอซึ่งเป็นปัจจัยหลักต่างกันออกไป เพราะนอกจากผ้าไหมสีพื้นแล้ว มีการทอผ้าไหมยกดอก หรือการพิมพ์ด้วยลวดลายที่เป็นเอกลักษณ์ของไทย จนไปถึงลวดลายที่ทันสมัยเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค ที่มีการนำผ้าไหมมาใช้อย่างหลากหลายมากขึ้น สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ทรงตั้งพระราชปณิธานอันแน่วแน่ในการอนุรักษ์และรักษาผ้าไหมไทยให้เป็นมรดกทางวัฒนธรรมคู่ชาติไทย และเพื่อเป็นการเผยแพร่เอกลักษณ์ผ้าไหมไทยให้มีชื่อเสียงขจรขจายไปทั่วโลก จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานตราสัญลักษณ์นกยูง ให้เป็นเครื่องหมายเพื่อรับรองคุณภาพของผ้าไหมไทย

เพื่อเป็นการสนองพระราชปณิธานของเจ้าสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ กรมหม่อนไหมได้กำหนดหลักเกณฑ์รับรองผ้าไหมไทยตรานกยูงพระราชทาน ในประเด็นที่สำคัญ คือ ต้องเป็นผ้าไหมที่ผลิตในประเทศไทยเท่านั้น มีการลอกกาวไหมหรือย้อมสีด้วยวัสดุธรรมชาติ หรือสารเคมีที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม สีไม่ตก ลวดลายและเนื้อผ้ามีความสม่ำเสมอ อาจมีการตกแต่งด้วยเส้นเงินหรือเส้นทองที่ได้มาตรฐาน ซึ่งตรานกยูงพระราชทานมีจำนวน 4 ชนิด [10] ประกอบด้วย

1. ตรานกยูงพระราชทานสีทอง เป็นคุณภาพสูงสุดของผ้าไหมไทย การผลิตเป็นแบบภูมิปัญญาพื้นบ้านดั้งเดิมของไทย ใช้เส้นไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านทั้งเส้นพุ่งและเส้นยืน เส้นไหมจะต้อง

สาวด้วยมือผ่านพวงสาวลงภาชนะ การทอต้องทอด้วยกี่ทอมือแบบพื้นบ้าน กระสวยพุ่งด้วยมือ ย้อมด้วยสีธรรมชาติหรือสีเคมีที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม และต้องผลิตในประเทศไทย

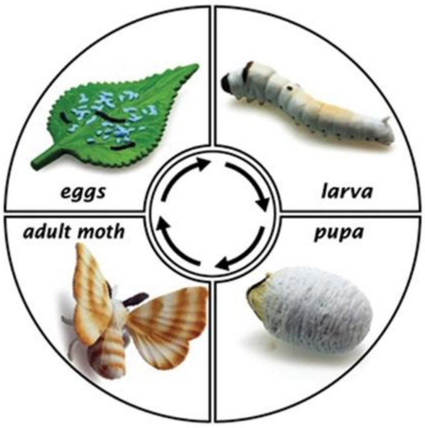
2. ตรานกยูงพระราชทานสีเงิน เป็นผ้าไหมคุณภาพรอง ผลิตขึ้นแบบภูมิปัญญาชาวบ้านผสมผสานกับการประยุกต์ใช้เครื่องมือและกระบวนการผลิตในบางขั้นตอน ใช้เส้นไหมพันธุ์ไทยพื้นบ้านหรือที่ได้รับการปรับปรุงจากพันธุ์ไทยเป็นเส้นพุ่งและเส้นยืน เส้นไหมต้องผ่านการสาวด้วยมือ หรืออุปกรณ์ที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนไม่เกิน 5 แรงม้า การทอต้องทอด้วยกี่ทอมือ พุ่งกระสวยด้วยมือหรือกี่กระตุก และต้องผลิตในประเทศไทย

3. ตรานกยูงพระราชทานสีน้ำเงิน เป็นผ้าไหมคุณภาพกลาง ผลิตขึ้นโดยภูมิปัญญาชาวบ้านของไทย โดยการประยุกต์เทคโนโลยีการผลิตให้เข้ากับสมัยนิยมและทางธุรกิจ ใช้เส้นไหมแท้เป็นเส้นพุ่งและเส้นยืน ย้อมด้วยสีธรรมชาติ หรือสีเคมีที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ทอด้วยกี่แบบใดก็ได้และต้องผลิตในประเทศไทย

4. ตรานกยูงพระราชทานสีเขียว เป็นผ้าไหมคุณภาพทั่วไปซึ่งผ่านกระบวนการผลิตและเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ผสมผสานกับภูมิปัญญาไทย เช่น ลวดลาย สีสัน ใช้เส้นใยไหมแท้กับเส้นใยอื่นที่มาจากวัสดุธรรมชาติ หรือเส้นใยสังเคราะห์ต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน หรือตามความต้องการของผู้บริโภค โดยมีเส้นไหมแท้เป็นองค์ประกอบหลัก และมีเส้นใยอื่นเป็นองค์ประกอบรองสัดส่วนการใช้เส้นใยชนิดอื่นประกอบต้องระบุให้ชัดเจน ทอด้วยกี่ชนิดใดก็ได้ ย้อมด้วยสีธรรมชาติหรือสีเคมีที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม และต้องผลิตในประเทศไทย

สิ่งหนึ่งที่ผ้าไหมไทยยังคงดำรงไว้ไม่เปลี่ยนแปลง คือ ความมันเงา, ความนุ่มนวลของเนื้อผ้าและความไม่สม่ำเสมอไม่เรียบสนิทของลายทอเนื่องจากทอด้วยมือ ทุกวันนี้ผ้าไหมจึงเป็นหัตถกรรมที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย เป็นมรดกทางวัฒนธรรม และยังคงเป็นสินค้าที่สร้างรายได้จากต่างประเทศให้แก่ประเทศไทย [10]

2.1.2 เส้นไหมไทย



รูปที่ 3 วงจรชีวิตของหนอนไหม

เส้นไหมเกิดจากการสังเคราะห์โปรตีนในต่อมไหม [11] ถือว่าเป็นเส้นใยจากสัตว์จำพวกแมลง ซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ซึ่งเส้นไหมจะได้จากหนอนไหมที่เลี้ยงไว้หรือพบในธรรมชาติ อาศัยอยู่ในพุ่มไม้ วงจรชีวิตของหนอนไหม หากไหมมีการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ จะใช้ระยะเวลา 42-55 วัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ

1. ระยะไข่ไหมไข่ (Egg, Embryo) ใช้ระยะเวลา 10-12 วัน โดยไข่ไหมจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ไข่ไหมที่พักตัว (Hibernating egg) คือไข่ไหมปกติทั่วไป ที่สามารถฟักออกเป็นตัวได้ในระยะเวลา 11-12 วัน และไข่ไหมที่ไม่พักตัว (Non-hibernating egg) คือไข่ ที่ต้องกระตุ้นให้ฟักเป็นตัวโดยการฟักเทียมไข่ไหมด้วยสารละลายกรดเกลือ จึงฟักออกเป็นตัวในระยะเวลา 10-11 วัน
2. ระยะหนอนไหม (Larva) ใช้ระยะเวลา 19-25 วัน หนอนไหมจะมีการลอกคราบสี่ครั้งตลอดระยะเวลาดังกล่าว เริ่มแรกหนอนไหมจะมีน้ำหนัก 0.45 มิลลิกรัม และจะเพิ่มขึ้นเป็น 10,000 เท่าจากน้ำหนักเดิม เมื่อโตเต็มที่และพร้อมจะทำรัง ลำตัวจากสีดำจะกลายเป็นสีใส เป็นระยะไหมสุก หนอนไหมจะใช้ระยะเวลา 2-3 วันพ่นเส้นใยออกมาสำหรับทำรัง และลอกคราบเป็นดักแด้
3. ระยะดักแด้ (Pupa) ใช้ระยะเวลา 10-13 วัน ก่อนจะลอกคราบเพื่อกลายเป็นผีเสื้อ
4. ระยะผีเสื้อ (Moth) มีอายุ 7-10 วัน ตัวเต็มวัยจะผสมพันธุ์และวางไข่เพื่อสืบพันธุ์

กล่าวได้ว่า ในช่วง 26 วันแรกของวงจรชีวิตหนอนไหม ต่อมไหมจะมีอยู่ในตัวไหมมาตั้งแต่กำเนิด จะพัฒนาอย่างรวดเร็ว เส้นไหมเมื่อยังอยู่ในตัวของหนอนไหม จะมีลักษณะเป็นของเหลวอยู่ในต่อมไหม เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเพื่อเข้าสู่ระยะดักแด้ ไหมจะสุกและเกิดกระบวนการบีบตัวเองให้ของเหลวในต่อมไหมพ่นออกมาทางรูพ่นเส้นใยไหม เป็นการทำให้ของเหลวในต่อมไหมเปลี่ยนสภาพเป็นเส้นไหม หนอนไหมจะตาย ส่วนเส้นใยที่พ่นออกมาจากปากไหมคือเส้นไหมดิบ การได้มาซึ่งเส้นไหมอีกวิธีหนึ่งคือ การสาวไหม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กระบวนการสาวไหม (Silk reeling) [10] คือการดึงเส้นใยออกจากรังไหม จะทำด้วยมือ ในการสาวไหม จะนำรังไหมไปต้มกับน้ำสะอาด เพื่อเป็นการทำละลายกาวไหมที่ผนึกเส้นใยออกจากกัน จากนั้นปมของเส้นใยแต่ละรังจะคลายออกมาโดยเส้นใยจะพันกันเป็นเกลียว ทำให้เกิดการยึดเกาะซึ่งกันและกัน

ต่อมาคือกระบวนการกรอไหม (Silk throwing) [11] เป็นกระบวนการที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของผ้าไหม หลังจากนำรังไหมไปต้มกับน้ำสะอาดแล้ว เส้นไหมที่ได้จากการดึงเส้นใยจากรังไหมหลายๆรังมารวมเป็นเส้นเดียว ทำให้มีความเหนียว ทนทานและเลื่อมเป็นมันจากการหักเหของแสง ในการทอผ้าไหม เป็นการทำให้เส้นไหมสองกลุ่มขัดกันเป็นแนวตั้งฉาก ประกอบด้วยเส้นไหมยืนและเส้นไหมพุ่ง คือ

1. เส้นไหมยืน เป็นไหมที่จะถูกยึดกับแกนม้วนด้าย ปลายอีกด้านจะร้อยเข้าตะกอซึ่งมีฟันหวีคอยปรับความตึงหย่อนให้เหมาะสมตลอดการทอผ้า
2. เส้นไหมพุ่ง เป็นไหมที่ถูกกรอเข้ากระสวย ใช้กำหนดการทอระหว่างการสับตะกอแต่ละชุดสลับกันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ผ้าไหมเป็นผืน

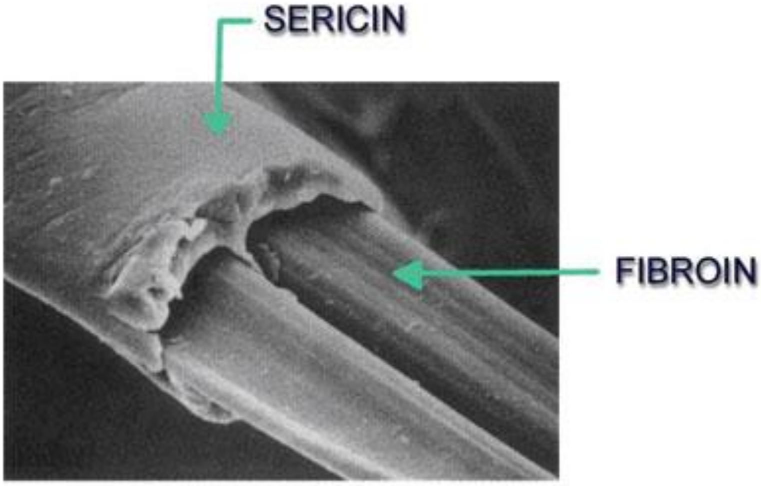
2.1.2.1 องค์ประกอบทางฟิสิกส์ของเส้นไหมไทย

ผ้าไหมที่ไม่ได้ผ่านการลอกกาวไหม หรือ ผ้าไหมดิบ จะมีสัมผัสที่หยาบกว่าไหมที่ผ่านเอากาวไหมออกแล้ว และสีของไหมจะออกเป็นสีเหลืองเพราะกาวไหม ในขณะเดียวกัน ผ้าไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมจะมีสัมผัสที่เรียบลื่นและมีสีที่ขาวกว่า [9]

2.1.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นไหมไทย

เส้นไหมสามารถแยกองค์ประกอบหลักได้เป็น 2 ชนิด [12] คือ เส้นใยไฟโบรอิน (Fibroin) เป็นโครงสร้างโปรตีนภายในเส้นไหม และเส้นใยเซริซิน (Sericin) หรือกาวไหม เป็นโปรตีนโครงสร้างภายนอกของเส้นไหม เส้นไหมมีลักษณะที่พิเศษกว่าเส้นใยชนิดอื่น คือ การที่เส้นใยไฟโบรอินอยู่ร่วมกับเส้นใยเซริซิน ซึ่งเป็นลักษณะที่หาไม่ได้ในเส้นใยชนิดอื่น โดยพบว่า ร้อยละ 75 คือไฟโบรอิน และอีกร้อยละ 25 คือเซริซิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4 โครงสร้างของเส้นไหม

1. เส้นใยไฟโบรอิน (Fibroin) เป็นโปรตีนมีองค์ประกอบเป็นโซ่สองกิ่ง ประกอบด้วนกิ่งที่มีมวลโมเลกุลเยอะและกิ่งที่มีมวลโมเลกุลน้อย ในกิ่งที่มีมวลโมเลกุลมาก เรียกว่า heavy chain มีส่วนประกอบเป็นกลุ่มของกรดอะมิโนเป็นโซ่ขนาดสั้นรวมตัวกันอยู่ 87% ประกอบไปด้วยไกลซีน (Glycine) 45%, อะลานีน (Alanine) 30% และเซรีน (Serine) 12% บางครั้งพบองค์ประกอบเป็นกรดอะมิโนมากกว่า 96% รวมแล้วมีมวลอยู่ที่ 325 kDa ส่วนกิ่งที่มีมวลโมเลกุลต่ำ จะเรียกว่า light chain มีส่วนประกอบของกรดอะมิโนน้อยมาก ประกอบด้วยแอสพาร์เทต (Aspartate) 15%, อะลานีน (Alanine) 14%, ไกลซีน (Glycine) 11% และเซรีน (Serine) 11% รวมแล้วมีมวลอยู่ที่ 25 kDa ซึ่งน้ำหนักดังหล่าวยังไม่รวมมวลระหว่างกิ่งทั้งสอง

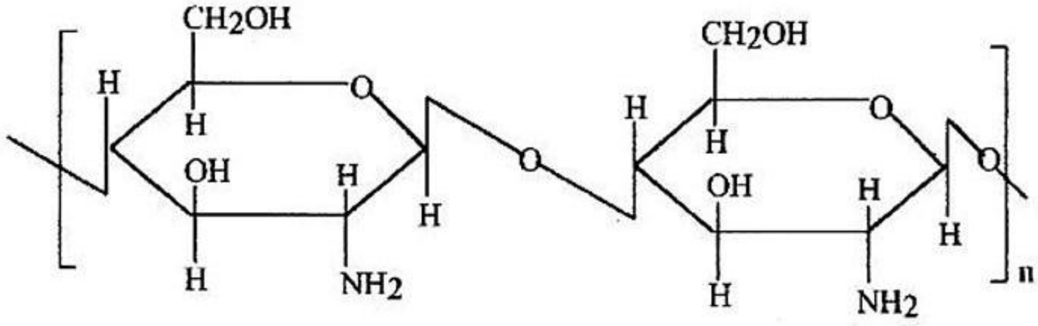
2. เส้นใยเซริซิน (Sericin) หรือโปรตีนกาวไหม มีมวลโมเลกุลอยู่ระหว่าง 20-310 kDa ซึ่งประกอบไปด้วย แอสพาร์เทต (Aspartate), ไกลซีน (Glycine) และเซรีน (Serine) รวมแล้ว 60% ก่อนนำไหมไปทอเป็นผืนผ้าจะต้องมีการนำกาวไหมออกก่อนด้วยการต้มไหมในน้ำร้อน เพราะโครงสร้างของเซริซินคืออัลบูเมน (Albumen) และเจลาติน (Gelatin) ภายหลังการนำกาวไหมออกแล้ว เส้นไหมจะมีความนุ่มและเงางาม

2.2 ไคโตซาน (Chitosan)

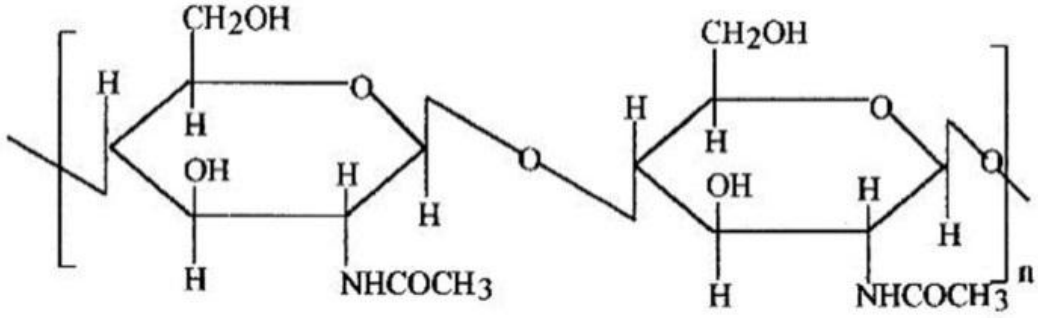
รูปที่ 5 ไคโตซานแบบผง

ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ (Bio-polymer) [13] มีองค์ประกอบอยู่ในรูป D-glucosamine ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเปลือกแข็งที่หุ้มเซลล์ของรา ยีสต์ จุลินทรีย์ และของสัตว์ไร้กระดูกสันหลังจำพวกที่มีเปลือกแข็ง เช่น กุ้ง ปู ปลาหมึก และแมลง ด้วยความที่เป็นวัสดุชีวภาพจึงสามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้โดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม จึงมีการนำไคโตซานมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการแพทย์ การเกษตร ด้านอุตสาหกรรม ด้านอาหาร และด้านอื่นๆอีกมากมาย

ไคโตซานเป็นโคพอลีเมอร์ที่เกิดจาก Glucosamine และ N-acetylglucosamine โดยประกอบด้วย Glucosamine มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นสารอนุพันธุ์ของไคตินที่ผลิตได้จากการทำปฏิกิริยากับด่างเข้มข้นเพื่อกำจัดหมู่ Acithil ออก ทำให้โมเลกุลเล็กลง [14]



รูปที่ 6 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน



รูปที่ 7 โครงสร้างทางเคมีของไคติน

ไคโตซานมีคุณสมบัติที่อ่อนตัว [13] สามารถขึ้นรูปเป็นเจล เม็ด เส้นใย หรือคอลลอยด์ รวมถึงการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆได้มากขึ้น นอกจากนั้น ไคโตซานประกอบด้วยหมู่อะมิโน (-NH2) และหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นเปลี่ยนเป็นสารอนุพันธ์อื่นๆได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนไคติน [15] สามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป เป็นสารที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างป้องกันและเสริมความแข็งแรงให้แก่โครงสร้างร่างกาย เป็นพอลิเมอร์สายยาวที่ประกอบขึ้นจากน้ำตาลหน่วยย่อย (N-acetyl-D-glucosamine) มาเรียงต่อกัน ละลายในกรดอนินทรีย์ แต่ไม่ละลายในด่างเจือแอลกอฮอล์ ซึ่งจะมีโครงสร้างและคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามที่มาของไคติน ซึ่งไคตินธรรมชาติจะอยู่รวมกับโปรตีนและเกลือแร่

รูปที่ 8 ไคตินที่พบได้ตามธรรมชาติ

ไคตินเป็นสารโมเลกุลยาว [15] ไม่มีประจุ และมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำๆ ซึ่งไคตินในธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. อัลฟาไคติน หรือมีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะสวนทางกัน มีความแข็งแรงสูง ได้แก่ ไคตินจากเปลือกกุ้ง ไคตินจากกระดองปู

2. เบตาไคติน หรือมีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในทิศทางเดียวกัน จึงไม่ค่อยแข็งแรง แต่มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีมากกว่าแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากแกนปลาหมึก

3. แกมมาไคติน หรือมีการเรียงตัวแบบสายโซ่โมเลกุลที่มีลักษณะไม่แน่นอน หรือรูปแบบผสม มีความแข็งแรงรองจากแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากเห็ด ผนังเซลล์ของเชื้อรา พืชชั้นต่ำ

2.2.1 ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อไคโตซาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 1 ผลของปริมาณรังสีแกมมาต่อมวลโมเลกุลของไคโตซาน [16]

ɣ-ray dose (kGy)	Molecular weight (Dalton)
0	6.72×10^{-5}
10	4.46×10^{-5}
30	2.81×10^{-5}
50	1.77×10^{-5}
70	1.52×10^{-5}
90	1.24×10^{-5}

การปรับปรุงให้ไคโตซานมีขนาดมวลโมเลกุลที่เล็กลง และเพิ่มความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ สามารถทำได้โดยนำมาฉายด้วยรังสีแกมมา (ɣ-ray) ในสถานะของแข็งด้วยปริมาณรังสีที่เหมาะสม

ในการนำไคโตซานไปผ่านการฉายรังสีแกมมา พบว่า น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานลดลงจากเดิมถึง 75-80% ในลักษณะแปรผันตรงกับปริมาณของรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้น โดยไม่ทำให้โครงสร้างโมเลกุลของไคโตซานเกิดการเปลี่ยนแปลง [16] ไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี สามารถนำไปทำเป็นสารละลายที่ใช้งานง่ายกว่าในกรณีที่ใช้เคลือบหรือชุบ พบว่าความหนืดของสารละลายลดลงและความไวต่อปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นกว่าเดิมถึง 50-60%

2.2.2 การนำไคโตซานมาใช้ในการต้านแบคทีเรีย

ไคโตซานเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายเพราะการนำมาใช้ในการต้านแบคทีเรีย [15] และไคโตซานยังเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ จึงสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ และได้รับความนิยม

1. การใช้งานด้านการเกษตร เช่น การยับยั้งและสร้างภูมิต้านทานโรคให้กับพืช เสริมภูมิต้านทานต่อแมลงศัตรูพืช และเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในดิน
2. การใช้งานด้านการปศุสัตว์ ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกัน ลดการติดเชื้อ และเพิ่มน้ำหนักตัวของสัตว์
3. การใช้งานด้านการบริโภค ใช้เป็นสารกันเสีย สารเคลือบผักและผลไม้เพื่อรักษาความสด ใช้เป็นอาหารเสริมช่วยลดคอเลสเตอรอลและไขมันในเส้นเลือด
4. การใช้งานด้านการแพทย์ ใช้เป็นเจลปิดแผลจากไคโตซานเพื่อกระตุ้นให้เกิดการซ่อมแซมเนื้อเยื่อและลดการอักเสบของบาดแผล
5. การใช้งานด้านสิ่งแวดล้อม ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยให้ไคโตซานซึ่งมีประจุบวกจับกับโปรตีน ไขมัน และประจุของโลหะหนัก
6. การใช้งานด้านอุตสาหกรรม ใช้ในการเคลือบเส้นใยหรือเคลือบผิวผ้า เพื่อลดการเกิดแบคทีเรียและกลิ่นอับชื้น

สำหรับงานวิจัยนี้ การนำไคโตซานมาใช้ในการต้านแบคทีเรียที่มีการเจริญเติบโตในเนื้อผ้า คือ แบคทีเรียแกรมบวก Staphylococcus aureus และแบคทีเรียแกรมลบ Escherichia coli ปัจจัยที่ส่งผลต่อการต้านแบคทีเรีย 2 ชนิดนี้ คือ ขนาดโมเลกุลของไคโตซาน และความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ [13]

ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของไคโตซาน ส่งผลให้การต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเป็นไปในทางที่ดีขึ้น เมื่อความเข้มข้นของไคโตซานเท่ากัน การต้าน Staphylococcus aureus มีผลลัพธ์ที่ดีกว่าการต้าน Escherichia coli ในทางกลับกัน ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่มากขึ้น ทำให้การต้านการเจริญเติบโตของ Staphylococcus aureus เป็นไปในทางที่ดีขึ้น แต่การต้านการเจริญเติบโตของ Escherichia coli กลับลดลง **[7]**

ตารางที่ 2 ผลการใช้ไคโตซานต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus

MW (kDa)	Inhibition rate η (%)			
	Conc. Of chitosan			
	0.25%	0.5%	0.75%	1.0%
< 5	0	0	0	0
48.5	0	95	99	100
72.4	0	96	99	100
129	40	100	99	100
166	95	100	100	100
305	99	100	100	100

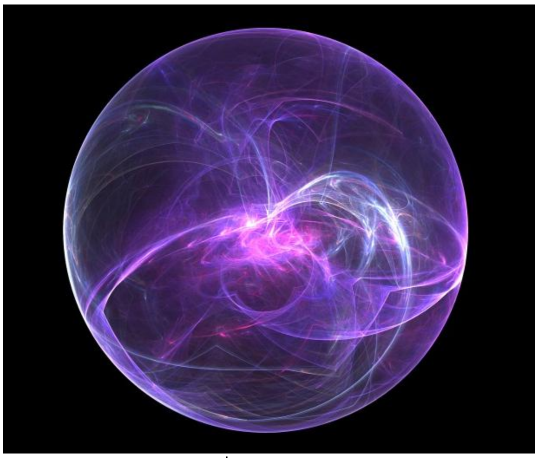
ตารางที่ 3 ผลการใช้ไคโตซานต้านแบคทีเรีย Escherichia coli

MW (kDa)	Inhibition rate η (%)			
	Conc. Of chitosan			
	0.25%	0.5%	0.75%	1.0%
< 5	50	60	90	100
48.5	30	80	90	100
72.4	5	10	50	100
129	0	5	90	100
166	0	40	80	100
305	0	40	50	100

ไคโตซานมีผลต่อแบคทีเรียทั้งสองชนิดดังกล่าวต่างกัน [7] เพราะพฤติกรรมที่ต่างกันของแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด และพื้นผิวของไคโตซานที่เป็นประจุบวกอยู่แล้ว ไคโตซานจะดูดซับส่วนที่มีความเป็นประจุลบเข้ามาภายในเซลล์จนเสถียร จะสามารถแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของแบคทีเรียและฆ่าแบคทีเรียดังกล่าว กระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นกับแบคทีเรีย Staphylococcus aureus เป็นส่วนหลัก และแบคทีเรีย Escherichia coli เป็นส่วนรอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3 พลาสมา (Plasma)



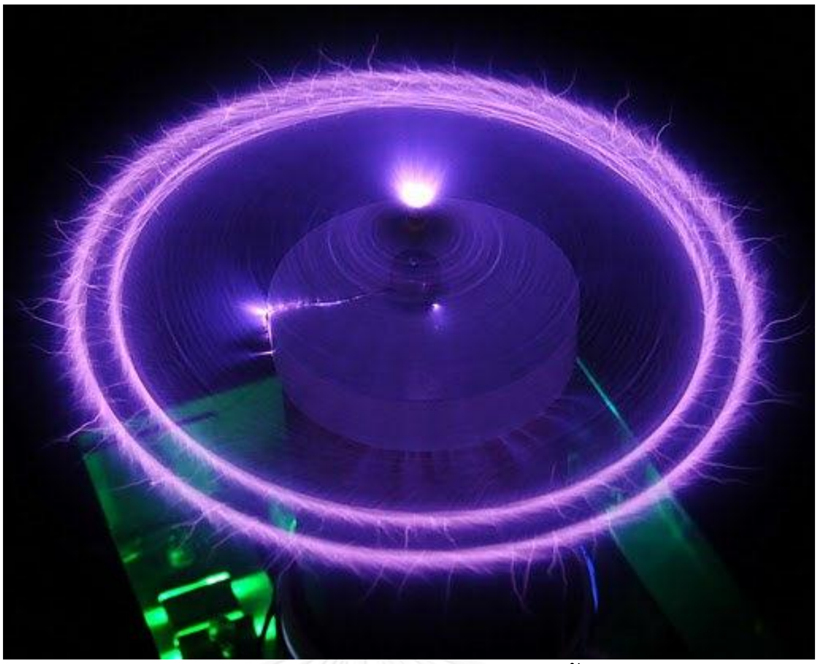
รูปที่ 9 พลาสมา

พลาสมา เป็นสถานะที่ 4 ของสสาร [17] คือก๊าซที่อยู่ในสภาวะเป็นประจุ (ไอออน) ประกอบด้วยประจุบวกและประจุลบทางไฟฟ้าในสัดส่วนที่สมดุลกัน เกิดจากการให้พลังงาน หรือการถูกกระตุ้นโดยพลังงานไฟฟ้า พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานความร้อน และอนุภาค

ในก๊าซที่เป็นกลาง หากมีพลังงานส่งผ่านไปยังอิเล็กตรอนอิสระ ให้มีพลังงานมากพอที่จะไปชนกับอะตอม จะเกิดกระบวนการแตกตัว (Ionization) จากการที่อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม และการแตกตัวที่เพิ่มขึ้น ทำให้สสารอยู่ในสถานะพลาสมา โดยพลาสมาจะมีการเหนี่ยวนำทางสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า พลาสมาสามารถกลับไปอยู่ในสถานะก๊าซได้จากการหยุดให้พลังงานจนเกิดการรวมตัว (Recombination) ซึ่งพลาสมาแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ พลาสมาตามธรรมชาติ และพลาสมาที่มนุษย์สร้างขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการนำพลาสมามาใช้ในการปรับปรุงวัสดุนั้น เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในวงการอุตสาหกรรมผ้าทอ ที่นิยมนำพลาสมามาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติด้านต่างๆของผ้าให้ตรงกับความต้องการของตลาดมากขึ้น



รูปที่ 10 พลาสมาที่มนุษย์สร้างขึ้น

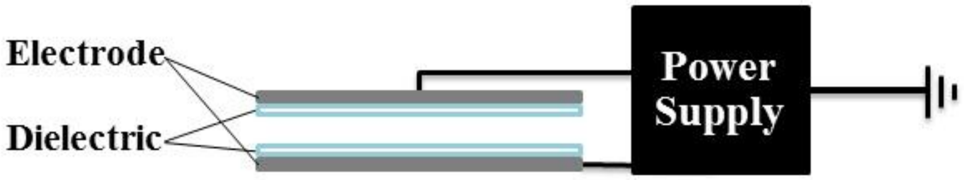
การนำพลาสมามาใช้ในการปรับปรุงวัสดุนั้นแบ่งออกเป็น 3 ประเภท [17] คือ

1. Plasma Polymerization เป็นการเคลือบฟิล์มพอลิเมอร์ลงบนพื้นผิวของวัสดุที่เป็นพอลิเมอร์ กระจก หรือโลหะ ได้ผลลัพธ์เป็นฟิล์มที่บางเพียง 500 อังสตรอม ถึง 1 ไมครอน โดยอาศัยการที่หมู่ฟังก์ชันมอนอเมอร์มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างและเชื่อมต่อแบบสลับ (Cross-link) พบได้ในเซ็นเซอร์วัดความชื้น ตัวต้านทานไฟฟ้า เป็นการเคลือบเพื่อป้องกันการขีดข่วน คงทนต่อการสึกหรอ และคงไว้ซึ่งสารเคมีบนพื้นผิว

2. Plasma Grafting คล้ายกับ Plasma Polymerization แต่เป็นการต่อกิ่งมอนอเมอร์บนพื้นผิวของวัสดุที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา โดยที่หมู่ฟังก์ชันอมนอเมอร์ทำการกราฟต์ลงบนพื้นผิวของวัสดุนั้น เป็นการพัฒนาคุณสมบัติดั้งเดิมให้ดีขึ้น หรือสร้างคุณสมบัติใหม่ๆ ให้แก่ชิ้นงานเพื่อให้ตรงกับความต้องการมากขึ้น เช่น การกันน้ำ การทนไฟ การต้านแบคทีเรีย โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกลเกิดขึ้นวัสดุ

3. Plasma Modification เป็นการใช้ก๊าซเฉื่อยในการสร้างพลาสมาเพื่อปรับปรุงพื้นผิวของวัสดุ เช่นการกัดผิว (Etch) ซึ่งพลาสมาจะทำอันตรกิริยากับพื้นผิวของวัสดุให้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งเกิดขึ้นจากการให้พลังงานแก่ก๊าซด้วยวิธีการใช้ความต่างศักย์ การใช้คลื่นวิทยุ หรือการใช้คลื่นไมโครเวฟ

2.3.1 DBD-Plasma



รูปที่ 11 การวางขั้วไฟฟ้าและวัสดุฉนวนเพื่อให้เกิด DBD-Plasma

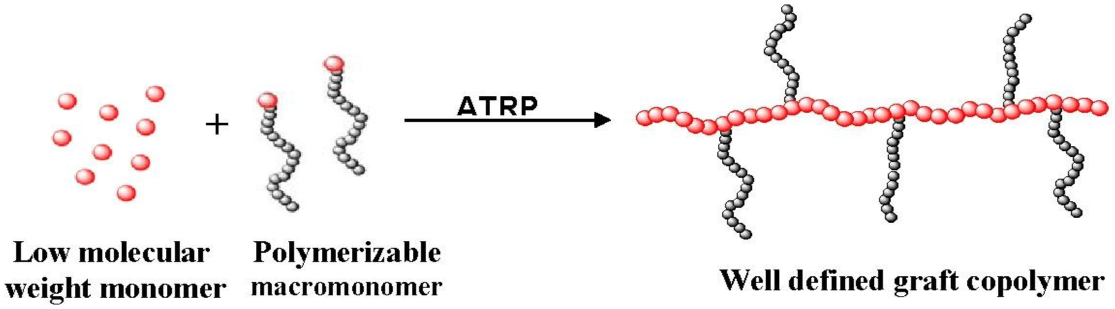
DBD-Plasma หรือ Dielectric Barrier Discharge Plasma [18] เป็นวิธีการสร้างพลาสมาโดยอาศัยความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้า พลาสมาที่ได้จะเป็นพลาสมาอุณหภูมิต่ำ (Low-Temperature Plasma) นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผ้าทอ เพื่อใช้ปรับปรุงหน้าสัมผัสของสิ่งทอ โดยพลาสมาชนิดนี้สร้างจากอากาศทั่วไปในบรรยากาศปกติ ผ่านการให้พลังงานด้วยความต่างศักย์ โดยอาศัยปัจจัย 3 ประการ คือ

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้า ซึ่งเป็นแบบ High-frequency, high-voltage power supply เช่น Power supply สำหรับหลอดนีออนสีต่างๆ ที่ทำเป็นตัวหนังสือโฆษณา
2. ขั้วนำไฟฟ้า (Electrode) ใช้เป็นแผ่นโลหะนำไฟฟ้า เช่น ทองแดง หรือ อลูมิเนียม เป็นต้น
3. ฉนวนไฟฟ้า (Dielectric) ใช้เป็นแผ่นฉนวน เช่น กระจก หรือ ไมก้า

การต่อแหล่งจ่ายไฟกับแผ่นโลหะที่เป็นขั้วนำไฟฟ้า ที่วางขนานกัน แผ่นฉนวนไฟฟ้าก็ต้องวางขนานกันอยู่ภายในและเว้นระยะห่างที่เหมาะสมประมาณ 2 มิลลิเมตร โดยคั่นเพื่อให้เกิดระยะห่างด้วยฉนวนไฟฟ้า โดยระยะห่างที่เว้นไว้จะเป็นบริเวณที่เกิดพลาสมาขึ้น

ทั้งนี้ ความหนาของแผ่นฉนวนไฟฟ้าจะส่งผลโดยตรงต่อพลาสมาที่เกิดขึ้น [19] หากแหล่งจ่ายไฟมีกระแสไฟฟ้าและแรงดันที่เหมาะสม มีช่วงความถี่ที่เหมาะสม ระยะห่างระหว่างแผ่นฉนวนไฟฟ้าเหมาะสม แผ่นฉนวนไฟฟ้าค่อนข้างบาง แผ่นโลหะที่เลือกต้องมีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าที่ดี และขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้มีความกว้างยาวที่เหมาะสม พลาสมาที่เกิดขึ้นจะมีความสม่ำเสมอตลอดทั้งพื้นที่

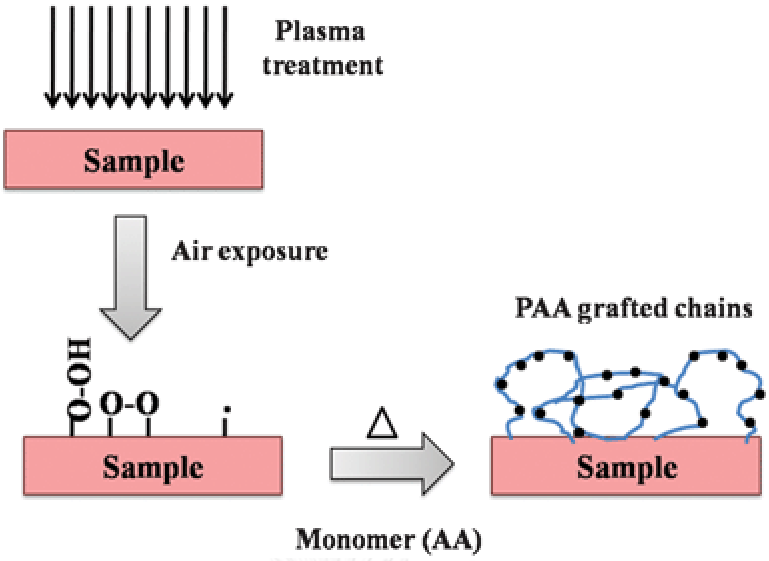
2.3.2 Plasma Grafting



รูปที่ 12 การกราฟต์

เนื่องจากพลาสมาจัดเป็นประจุ, แสง หรือสถานะที่ตื่นตัว [1] เป็นสภาวะที่ง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาที่พื้นผิว ไม่ได้ลงลึกไปถึงชั้นโมเลกุล และยังคงไว้ซึ่งคุณสมบัติดั้งเดิมของวัสดุนั้นๆ สามารถกล่าวได้ว่า การที่พื้นผิวถูกออกซิไดซ์ เมื่ออิเล็กตรอนที่อยู่ในสถานะตื่นตัว หรือประจุ หรือรังสีอัลตร้าไวโอเลตของพลาสมาอุณหภูมิต่ำ จะส่งผลให้พันธะโควาเลนต์ (Covalent Bond) ของพอลีเมอร์เดิมบนพื้นผิวของวัสดุที่ผ่านการดัดแปรแตกออกจากกัน ได้เป็นพอลีเมอร์ใหม่จากการแตกออกของพอลีเมอร์เดิม คือมีกิ่งที่สั้นลง ซึ่งเป็นผลจากการกัดผิว ซึ่งปลายกิ่งของพอลีเมอร์ใหม่ที่ได้นั้น อยู่ในสถานะที่พร้อมทำปฏิกิริยา หากสัมผัสกับพอลีเมอร์ที่สามารถเข้ากันได้ จะเกิดการทำพันธะกันบนกิ่งที่ว่างอยู่ได้ง่าย

การกราฟต์ คือการก่อให้เกิดสภาวะที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา บนพื้นผิวของวัสดุที่ต้องการโดยดัดแปรด้วยพลาสมา ขณะที่ให้วัสดุสัมผัสกับพลาสมาที่เกิดจากการทดลอง พันธะไฮโดรเจนบนพื้นผิวของวัสดุนั้นจะหลุดออกจากกัน และภายหลังจากการนำวัสดุที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาแล้วจุ่มลงในสารละลายทันที จะเกิดการกราฟต์ขึ้น เพราะองค์ประกอบทางเคมีในพลาสมาจะอยู่ในสถานะพร้อมทำปฏิกิริยา และทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่ว่องไวขึ้น



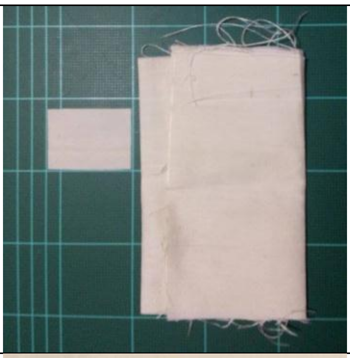
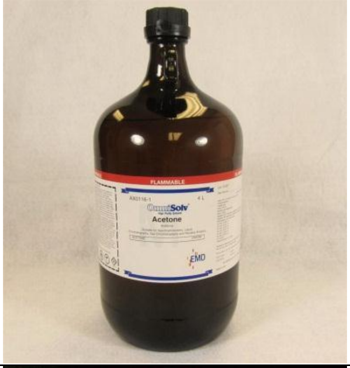
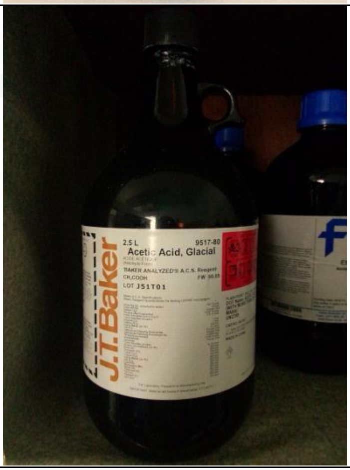
รูปที่ 13 การกราฟต์ด้วยพลาสมา

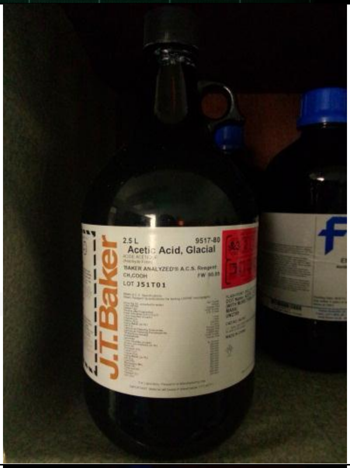
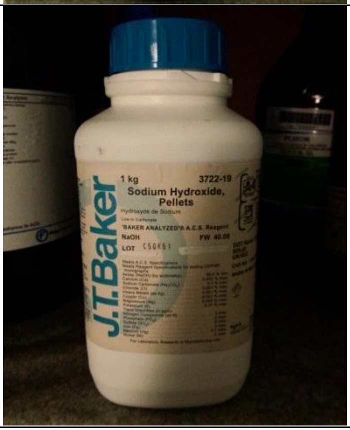
ในการวิจัยนี้ การปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านพื้นผิวของผ้า ซึ่งเป็นการปรับปรุงวัสดุประเภทที่ 3 คือ Plasma Modification นิยมใช้พลาสมาอุณหภูมิต่ำจากการให้พลังงานไฟฟ้า โดยพลาสมาที่ได้จะนำมาดัดแปรพื้นผิวชั้นบนสุดของผ้าด้วยการกัดผิว (Etching) แต่หลังจากการดัดแปร การนำผ้ามาชุบสารละลายที่มีพอลิเมอร์อย่างไคโตซานเป็นองค์ประกอบทันที จะเกิดการปรับปรุงวัสดุตามประเภทที่ 2 เรียกว่า Plasma Grafting [1] ซึ่งในที่นี้ เป็นการกราฟต์ด้วยไคโตซานจากการนำไปชุบในสารละลายไคโตซานภายหลังการดัดแปรด้วยพลาสมานั่นเอง เรียกรวมว่า เป็นการ Polymer Formation นั่นเอง

ระยะความลึกในการดัดแปร จะขึ้นอยู่กับรังสีซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาจาก Plasma Generator ซึ่งรังสีอัลตร้าไวโอเล็ตที่ปลดปล่อยออกมาเป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นสั้น และสามารถทำให้เกิดการตัดหรือต่อข้ามกิ่งที่พอลิเมอร์ได้

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

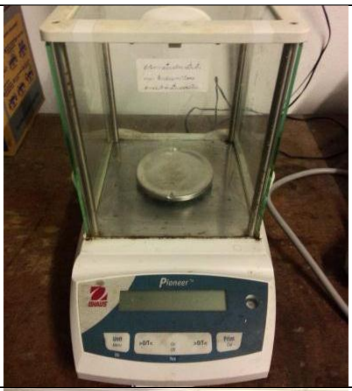
1. ผ้าไหมที่ไม่ผ่านการย้อมสี คุณภาพ : ตรานกยูงพระราชทานสีน้ำเงิน ขนาด : หน้ากว้าง 40 นิ้ว แหล่งที่มา : ร้านจิตรลดา ในมูลนิธิส่งเสริมศิลปาชีพฯ	
2. สารละลายไดคลอโรมีเทน หรือ สารละลายเมทิลีน คลอไรด์ หรือ มีเทนไดคลอไรด์ สูตรเคมี : CH_2CL_2 เกรด : ยา	
3. สารละลายเอทานอล หรือ เอทิลแอลกอฮอล สูตรเคมี : C_2H_5OH เกรด : ยา เข้มข้น : 98%	

4. น้ำดีไอออไนซ์ หรือ น้ำกลั่นบริสุทธิ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง : 5.0 – 7.0 ความนำไฟฟ้า (25°C) : 0 – 1.0 microsiemens	
5. ไคโตซานแบบเกล็ด แบบไม่ผ่านการฉายรังสีแกมมา และผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 10, 30, 50, 70 และ 90 kGy สูตรเคมี : $C_8H_{13}NO_5$ เกรด : รับประทานได้	
6. กรดอะซิติก หรือ กรดน้ำส้ม หรือ กรดเอทาโนอิค สูตรเคมี : $C_2H_4O_2$ เกรด : ยา	
7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ โซดาไฟ ชนิดเม็ด 350 กรัม สูตรเคมี : NaOH เกรด : ยา	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์เคมี - บีกเกอร์ - หลอดหยดสาร - จุกยาง	
ตู้อบ Forced Convection Oven ยี่ห้อ Lenton รุ่น WF30	
อุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ยี่ห้อ AMTAST รุ่น AMT01	
เครื่องสารตามแรงแม่เหล็ก ยี่ห้อ CORNING รุ่น PC-4200	
อุปกรณ์กำเนิดพลาสมา - พาวเวอร์ซัพพลาย แบบความถี่และความต่างศักย์สูง รุ่น NG.B410ET1 - แผ่นอลูมีเนียมหนา 2 mm ขนาด 6x10 cm - แผ่นอลูมิเนียมหนา 2 mm ขนาด 15x20 cm - แผ่นกระจกหนา 2 mm ขนาด 14.5x20 cm - ไดอะแฟรม	

เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ยี่ห้อ Pioneer รุ่น PA214	
กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา ยี่ห้อ Olympus รุ่น BH-2 กำลังขยาย 100 เท่า	
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยี่ห้อ JOEL รุ่น JSM5600lv	
เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ สถานที่ : ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
จานเพาะเชื้อ	

3.3 การเตรียมงานวิจัย

3.3.1 การเตรียมสารละลายไคโตซาน

1. เตรียมสารละลายกรดน้ำส้มในน้ำกลั่น โดยให้กรดน้ำส้มเข้มข้น 2% โดยปริมาตรต่อปริมาตร
2. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำกลั่น โดยให้โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 โมลาร์ (เนื่องจากใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์แบบเม็ด การละลายในน้ำกลั่นจะมีความหนืด ให้ตั้งสารละลายบนเครื่องคนสารตามแรงแม่เหล็ก)
3. ผสมเกล็ดไคโตซานที่ไม่ได้รับการฉายรังสีลงในสารละลายกรดน้ำส้มที่เตรียมไว้แล้ว โดยให้เกล็ดไคโตซานเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรโดยตั้งสารละลายบนเครื่องคนสารตามแรงแม่เหล็กเนื่องจากสารละลายมีความหนืดสูง และใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ที่ 5.6
4. ผสมเกล็ดไคโตซานที่ได้รับการฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 10 kGy, 30 kGy, 50 kGy, 70 kGy และ 90 kGy ลงในสารละลายกรดน้ำส้มที่เตรียมไว้และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีในข้อ 3)

3.3.2 การเตรียมผ้าไหม

1. นำผ้าไหมตรานกยูงพระราชทานสีน้ำเงิน ที่ไม่ผ่านการย้อมสี มาแช่ในไดคลอโรมีเทนเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อล้างกาวไหมออก
2. ซักผ้าไหมด้วยเอธานอล 98% จำนวน 2 ครั้ง และล้างผ่านด้วยน้ำดีไอออไนซ์จำนวน 2 ครั้ง
3. อบแห้งผ้าด้วยเตาอบ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง
4. นำผ้าออกมาผึ่งในสภาวะปกติสำหรับการทดลอง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.3 การเตรียมเครื่องให้กำเนิดพลาสมา

รูปที่ 14 เครื่องให้กำเนิดพลาสมาสำหรับงานวิจัย

1. นำอลูมิเนียมแบบแผ่นขนาด 15x20 cm วางทับด้วยกระจกขนาด 14.5x20 cm และอลูมิเนียมแผ่นขนาด 6x10 cm ตามลำดับ คั่นให้เกิดระยะห่างด้วยแผ่นไดอะแฟรม
2. ต่อพาวเวอร์ซับพลายแบบความถี่และความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง แบบ Input 220V, 50/60Hz และ Output 10kV, 30mA ต่อเข้ากับอลูมิเนียมแผ่นบน
3. ปลอกสายกราวด์ ต่อเข้ากับอลูมิเนียมแผ่นล่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 การดำเนินงานวิจัย

3.4.1 การทดสอบความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาที่เหมาะสมแก่การดัดแปรด้วยพลาสมา

1. นำผ้าไหมมาดัดแปรด้วยพลาสมา ที่ความต่างศักย์ 5-10 kV เป็นระยะเวลา 5 วินาที, 10 วินาที และ 15 วินาที ตามลำดับ
2. นำชิ้นงานทั้ง 18 ชิ้นที่ได้จากการทดลอง ไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา ถ่ายภาพ นำภาพมาเปรียบเทียบสีและภาพพื้นผิว เพื่อหาความต่างศักย์ไฟฟ้า และระยะเวลาที่ เหมาะสมแก่การดัดแปรด้วยพลาสมามากที่สุด

3.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการดัดแปรด้วยพลาสมา

รูปที่ 15 การนำผ้าไหมมาดัดแปรด้วยพลาสมา

1. ชั่งน้ำหนักของผ้าไหมตามขนาดที่ต้องการจำนวน 6 ชิ้น
2. นำผ้าไหมสามชิ้นแรกมาชุบสารละลายไคโตซานที่ไม่ได้รับการฉายรังสีทันที เป็นเวลา 20 นาที โดยไม่ต้องผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา
3. นำผ้าไหมสามชิ้นที่เหลือมาดัดแปรด้วยพลาสมา ที่ความต่างศักย์และระยะเวลาที่ได้จากการทดสอบที่ 3.4.1 แล้วชุบสารละลายไคโตซานที่ไม่ได้รับการฉายรังสีทันที เป็นเวลา 20 นาที
4. ล้างเมือกของสารละลายออกจากผ้าทั้งสองชิ้นด้วยน้ำกลั่น แล้วอบแห้งผ้าด้วยเตาอบ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง
5. นำผ้าออกมาผึ่งในสภาวะปกติสำหรับการทดลอง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
6. ชั่งน้ำหนักของผ้าทั้ง 6 ชิ้นอีกครั้ง โดยน้ำหนักที่ได้ แต่ล่ะค่านำมาคำนวณตามสูตร Mass per unit area หรือ Grams per square metre ตามมาตรฐาน ASTM D3776-96 [20] ดังสมการที่ 1

$$g / m^2 = 10^3 G / LW \qquad (1)$$

โดยที่ G = น้ำหนักของผ้า (g) L = ความยาวของผ้า (60 mm)

W = ความกว้างของผ้า (40 mm)

7. นำค่าที่ได้จากการคำนวณบันทึกลงในตาราง ทำการเปรียบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังจากนำผ้าไหมมาชุบสารละลายไคโตซาน คิดเป็นประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน (% Add on) เปรียบเทียบระหว่างผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา และผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา

3.4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานที่ได้รับการฉายรังสี

รูปที่ 16 การดัดแปรผ้าไหมด้วยพลาสมาและสารละลายไคโตซาน

1. ชั่งน้ำหนักของผ้าไหมจำนวน 18 ชิ้นก่อนทำการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 6 ชุด ชุดละ 3 ชิ้น
2. นำผ้าไหมชุดที่ 1 มาดัดแปรด้วยพลาสมา ที่ความต่างศักย์และระยะเวลาที่ได้จาก 3.4.1 แล้วชุบสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีทันที เป็นเวลา 20 นาที
3. นำผ้าไหมชุดที่ 2 มาดัดแปรด้วยพลาสมา ที่ความต่างศักย์และระยะเวลาที่ได้จาก 3.4.1 แล้วชุบสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy, 30 kGy, 50 kGy, 70 kGy และ 90 kGy ทันทีเป็นเวลา 20 นาที
4. ล้างเมือกของสารละลายไคโตซานออกจากผ้าทั้ง 5 ชุดด้วยน้ำกลั่น แล้วอบแห้งผ้าด้วยเตาอบอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง
5. นำผ้าออกมาผึ่งในสภาวะปกติสำหรับการทดลอง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
6. ชั่งน้ำหนักของผ้าทั้ง 6 ชุดอีกครั้ง โดยน้ำหนักที่ได้ แต่ละค่านำมาคำนวณตามสูตร Mass per unit area หรือ Grams per square metre ดังสมการที่ 1

7. นำค่าที่ได้จากการคำนวณบันทึกลงในตาราง ทำการเปรียบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังจากนำผ้าไหมมาชุบสารละลายไคโตซาน คิดเป็นประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน (% Add on) เปรียบเทียบระหว่างผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา และผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา

3.4.4 การทดสอบความคงทนต่อการซักของไคโตซาน

1. ทำตามการทดสอบที่ 3.4.3 ตามขั้นตอนที่ 1-7)
2. จากขั้นตอนที่ 2-7) ผ้าชิ้นที่ 1 ให้ทำตามขั้นตอนที่ 8-10) ผ้าชิ้นที่ 2 ให้นำไปซัก 1 ครั้ง และผ้าชิ้นที่ 3 ให้นำไปซัก 2 ครั้งตามลำดับ
3. นำผ้าทั้ง 18 ชิ้นไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และวิเคราะห์ด้วยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.4.5 การทดสอบการต้านทานแบคทีเรีย

นำผ้าทั้ง 18 ชิ้นที่ได้จากการทดสอบที่ 3.4.4 ไปทดสอบการเจริญเติบโตของ Staphylococcus aureus และ Escherichia coli ด้วยวิธี Bacterial Counting Plate ตามมาตรฐาน AATCC 100 [21]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการกราฟต์ผ้าไหมไทยด้วยไคโตซาน โดยใช้ดีบีดีพลาสมาให้มีคุณสมบัติต้านแบคทีเรีย โดยตัวแปรที่นำมาพิจารณา คือ ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า ระยะเวลาในการดัดแปร และความแรงของรังสีแกมมาที่ใช้ลดขนาดมวลโมเลกุลของไคโตซาน เพื่อศึกษาคุณสมบัติในการต้านแบคทีเรีย ซึ่งในส่วนของความต่างศักย์ทางไฟฟ้าและระยะเวลาในการดัดแปร สามารถยืนยันด้วยภาพจากกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา

ในส่วนของการกราฟต์ระหว่างผ้าไหมและไคโตซานที่ขนาดโมเลกุลต่างกัน สามารถตรวจสอบได้จากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากผ้าไหมผ่านการชุบสารละลายไคโตซาน ในส่วนของความคงทนต่อการซัก สามารถตรวจสอบได้จากน้ำหนักของผ้าไหมที่ลดลงภายหลังการซัก, ภาพยืนยันจากการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และการวิเคราะห์ด้วยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (FTIR)

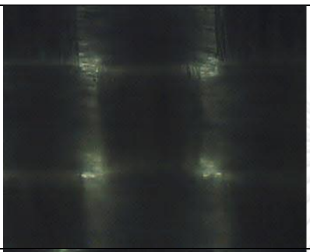
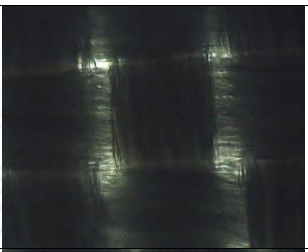
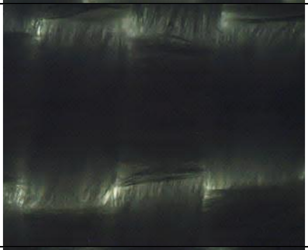
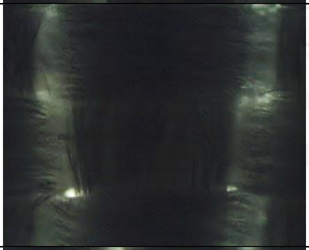
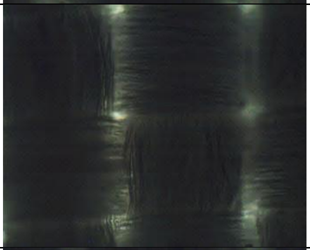
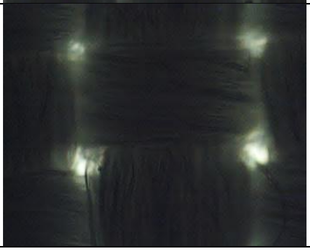
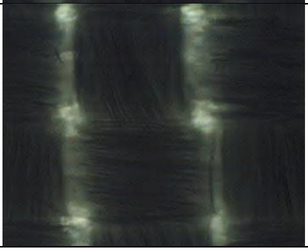
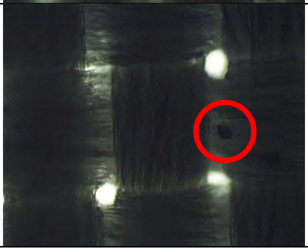
สุดท้าย คือ ในส่วนของการต้านแบคทีเรียสามารถตรวจสอบได้จากวิธีการเพาะเชื้อแบคทีเรีย (Bacterial counting test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1 การทดสอบความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาที่เหมาะสมแก่การดัดแปรด้วยพลาสมา

จากการทดลองนำผ้าไหมมาดัดแปรด้วยพลาสมา ที่ความต่างศักย์ 5-10 kV เป็นระยะเวลา 5 วินาที, 10 วินาที และ 15 วินาที ตามลำดับ จากนั้นนำผ้าไหมไปถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของผ้าไหมแต่ละชิ้น โดยผลการทดลองแสดงเป็นภาพถ่ายในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การทดสอบผ้าไหมที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาดัดแปรด้วยพลาสมา

ค่าความต่างศักย์ (kV)	ระยะเวลาในการดัดแปรด้วยพลาสมา (s)		
	5	10	15
5	-	-	
6			
7			
8			
9			
10			

ในการทดลองที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 5 kV พบว่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้าต่ำเกินไป พลาสมาที่เกิดขึ้นในบริเวณ Active site มีความไม่สม่ำเสมอ คือ เกิดการ Discharge ให้เห็นเฉพาะช่วงขอบเท่านั้น จึงไม่ใช้ผลการทดลองในส่วนของความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 5 kV ออกไป เพราะเป็นการดัดแปรด้วยพลาสมาที่ไม่สมบูรณ์

การหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และระยะเวลาดัดแปรด้วยพลาสมาที่เหมาะสมกับการทดลองในขั้นต่อไป เป็นการทดลองที่สำคัญ เนื่องจากดีบีดีพลาสมาที่ใช้ในการทดลอง เกิดจากการให้พลังงานไฟฟ้ากับอากาศ หากจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่น้อยเกินไป พลาสมาที่เกิดขึ้นในบริเวณ Active site จะเกิดความไม่สม่ำเสมอ แต่ทางกลับกัน การจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่มากเกินไป หรือใช้ระยะเวลาในการดัดแปรที่นานเกินไป พลาสมาที่เกิดขึ้นก็สามารถทำลายพื้นผิวของวัสดุที่ต้องการดัดแปร แม้จะเป็นพลาสมาอุณหภูมิต่ำ ก็ต้องระมัดระวังและควบคุมในส่วนของตัวแปรทั้งสองตัวนี้ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการดัดแปรเป็นผ้าไหม การทำให้ผ้าไหมเกิดการไหม้หรือพื้นผิวเสียหาย ส่งผลให้ผ้าไหมเสียมูลค่า

พลาสมาที่เกิดขึ้นในบริเวณ Active site ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 6 kV เป็นต้นไป มีความสม่ำเสมอ และสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนด้วยตาเปล่า ระยะเวลาในการดัดแปรจึงเป็นตัวแปรสำคัญต้องพิจารณา ซึ่งพบว่าผลของการดัดแปรด้วยพลาสมาที่เห็นได้ชัด คือ ช่องว่างระหว่างการขัดกันของเส้นใยกว้างขึ้น [12] เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไหมที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปร

จากตารางที่ 4 การดัดแปรด้วยพลาสมาเป็นระยะเวลา 15 วินาที ตั้งแต่การใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 8 kV เป็นต้นไป พบว่าพื้นผิวชั้นบนสุดของผ้าไหมเกิดการเปลี่ยนสีที่เข้มขึ้น สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า และชัดเจนมากขึ้นเมื่อเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้า ภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบทั่วไปและมีวงกลมสีแดง แสดงรอยไหม้บนพื้นผิว ดังนั้นเวลา 15 วินาทีสำหรับการดัดแปรจึงถือว่าไม่เหมาะสม เพราะการทำให้ผ้าไหมเปลี่ยนสี แสดงถึงคุณสมบัติทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไป เป็นการทำให้ผ้าไหมเสื่อมคุณภาพและราคา [9]

ถึงแม้จะใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 8 kV ก็ยังเสี่ยงต่อการไหม้บนพื้นผิว จึงมาพิจารณาการใช้เวลาในการดัดแปรที่ต่ำกว่า 15 วินาที การใช้เวลา 10 วินาทีสำหรับการดัดแปร ไม่พบการเปลี่ยนสีบนพื้นผิวของผ้าไหมในทุกความต่างศักย์ไฟฟ้า ทางผู้วิจัยจึงเลือกความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 10 kV และระยะเวลา 10 วินาที

4.2 ผลของการทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการดัดแปรด้วยพลาสมา

ตารางที่ 5 น้ำหนักของผ้าไหมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการดัดแปร

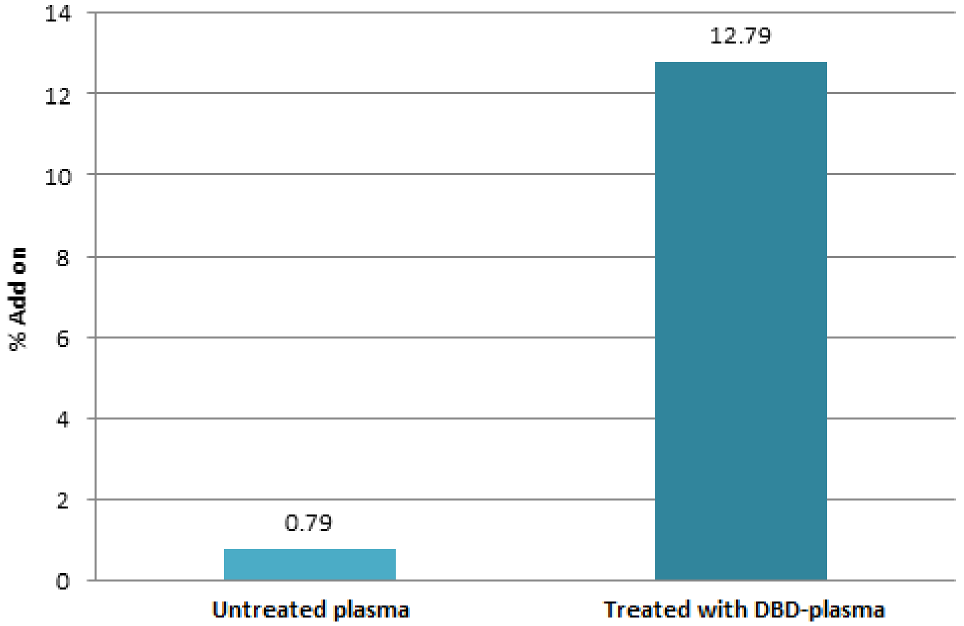
ผ้าไหมที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา				
น้ำหนักผ้าไหม (g/m^2)	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ก่อนชุบสารละลายไคโตซาน	103.33	108.33	105.83	105.83
หลังชุบสารละลายไคโตซาน	103.75	109.58	106.67	106.67
ผ้าไหมที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา				
น้ำหนักผ้าไหม (g/m^2)	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ก่อนชุบสารละลายไคโตซาน	105.00	109.58	107.91	107.5
หลังชุบสารละลายไคโตซาน	119.58	123.33	120.42	121.11

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการดัดแปร

ชิ้นงานผ้าไหม	น้ำหนักก่อนชุบสารละลายไคโตซาน	น้ำหนักหลังชุบสารละลายไคโตซาน	ประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน
ผ้าไหมที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา	105.83 (g/m^2)	106.67 (g/m^2)	0.79 %
ผ้าไหมที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา	107.5 (g/m^2)	121.11 (g/m^2)	12.79 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทำการชั่งน้ำหนักผ้าไหมก่อนการทดลอง และชั่งน้ำหนักผ้าไหมหลังจากนำมาชุบสารละลายไคโตซาน ทั้งผ้าไหมที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา และผ้าไหมที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา น้ำหนักที่บันทึกลงในตารางทุกตาราง เป็นน้ำหนักแบบ Mass per unit area ตามสมการที่ 1 [20] ในบทที่ 3 จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผ้าไหมที่ได้ มาเปรียบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังจากนำผ้าไหมมาชุบสารละลายไคโตซาน โดยให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเป็นประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน หรือ % Add on และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบด้วยกราฟแท่ง เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบมากขึ้น



รูปที่ 17 กราฟแท่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน

จากรูปที่ 17 พบว่าผ้าไหมที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา (Untreated plasma) มีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานเพียง 0.79% ส่วนผ้าไหมผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา (Treated with DBD-plasma) มีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานถึง 12.79%

การเกาะติดของไคโตซานที่มากกว่าในผ้าไหมที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา เป็นผลจากการกราฟต์ (Graft) ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่นำผ้าไหมซึ่งผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาจุ่มลงในสารละลายไคโตซานทันที ในการกราฟต์ การเกาะติดของไคโตซานบนพื้นผิวผ้าไหม เป็นการเกาะแบบพันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) [2] ระหว่างพื้นผิวที่ถูกดัดแปรด้วยพลาสมาของผ้าไหมกับไคโตซานในสารละลาย ผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยไคโตซาน จึงพบการเกาะติดของไคโตซานมากกว่าผ้าไหมที่แช่ในสารละลายไคโตซานตามปกติ เพราะเป็นการเกาะติดแบบทำพันธะ ในขณะที่ผ้าไหมที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา พื้นผิวของผ้าไหมไม่ได้ทำปฏิกิริยากับไคโตซาน การเกาะติดของไคโตซานจึงน้อย

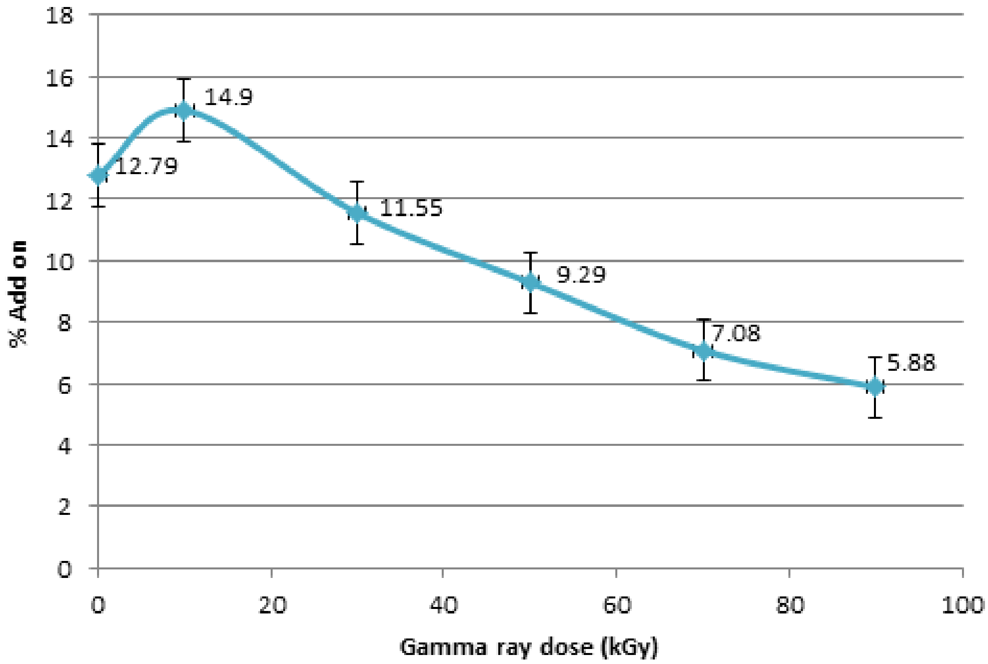
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานที่ได้รับการฉายรังสี

ตารางที่ 7 น้ำหนักของผ้าไหมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการฉายรังสี

สารละลายไคโตซานที่**ไม่ฉายรังสี**				
น้ำหนักผ้าไหม (g/m^2)	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ก่อนชุบสารละลายไคโตซาน	105.00	109.58	107.91	107.5
หลังชุบสารละลายไคโตซาน	119.58	123.33	120.42	121.11
สารละลายไคโตซานที่**ฉายรังสี 10kGy**				
น้ำหนักผ้าไหม (g/m^2)	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ก่อนชุบสารละลายไคโตซาน	106.67	107.08	105.83	106.53
หลังชุบสารละลายไคโตซาน	122.50	120.83	122.50	121.94
สารละลายไคโตซานที่**ฉายรังสี 30kGy**				
น้ำหนักผ้าไหม (g/m^2)	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ก่อนชุบสารละลายไคโตซาน	103.33	106.67	104.58	104.86
หลังชุบสารละลายไคโตซาน	117.50	117.91	114.16	116.53
สารละลายไคโตซานที่**ฉายรังสี 50kGy**				
น้ำหนักผ้าไหม (g/m^2)	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ก่อนชุบสารละลายไคโตซาน	110.00	107.50	108.33	108.61
หลังชุบสารละลายไคโตซาน	111.91	116.25	120.42	118.19
สารละลายไคโตซานที่**ฉายรังสี 70kGy**				
น้ำหนักผ้าไหม (g/m^2)	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ก่อนชุบสารละลายไคโตซาน	106.25	104.58	106.67	105.83
หลังชุบสารละลายไคโตซาน	110.00	115.42	114.58	113.33
สารละลายไคโตซานที่**ฉายรังสี 90kGy**				
น้ำหนักผ้าไหม (g/m^2)	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ก่อนชุบสารละลายไคโตซาน	108.75	104.58	105.42	106.25
หลังชุบสารละลายไคโตซาน	111.25	112.08	114.58	112.64

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากการฉายรังสี

ชิ้นงานผ้าไหม	น้ำหนักก่อนชุบสารละลายไคโตซาน	น้ำหนักหลังชุบสารละลายไคโตซาน	ประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน
สารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี	107.50 (g/m^2)	121.11 (g/m^2)	12.79 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy	106.53 (g/m^2)	121.94 (g/m^2)	14.90 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30 kGy	104.86 (g/m^2)	116.53 (g/m^2)	11.55 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50 kGy	108.61 (g/m^2)	118.19 (g/m^2)	9.29 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70 kGy	105.83 (g/m^2)	113.33 (g/m^2)	7.08 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy	106.25 (g/m^2)	112.64 (g/m^2)	5.88 %



รูปที่ 18 กราฟเส้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน

จากรูปที่ 18 ผ้าไหมที่ชุบสารละลายไคโตซานที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี มีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานอยู่ที่ 12.79% ส่วนการชุบสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy มีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานอยู่ที่ 14.90% ที่การชุบสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 30 kGy มีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานอยู่ที่ 11.55% ที่การชุบสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 50 kGy มีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานอยู่ที่ 9.29% ที่การชุบสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 70 kGy มีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานอยู่ที่ 7.08% และที่การชุบสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 90 kGy มีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานอยู่ที่ 5.88%

พบว่า การใช้สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy จะมีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานมากที่สุด ส่วนการใช้สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 90 kGy จะมีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานน้อยที่สุด

ในแง่ของขนาดโมเลกุล สารละลายไคโตซานที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่กว่าสารละลายไคโตซานที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา [16] โดยขนาดโมเลกุลแปรผกผันกับปริมาณรังสีที่ได้รับ เนื่องจากไคโตซานที่ได้รับการฉายรังสีจะมีขนาดโมเลกุลที่เล็กลงโดยไม่ทำให้โครงสร้างโมเลกุลเปลี่ยนแปลง พบว่าขนาดโมเลกุลของไคโตซานส่งผลโดยตรงกับการกราฟต์ ซึ่งแสดงผลเป็นประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน

สารละลายไคโตซานที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี ซึ่งไคโตซานมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ที่สุด มีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานสูง หมายความว่าเกิดการกราฟต์ที่ดี แต่ประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานจากสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีที่ปริมาณ 10 kGy สูงกว่า แม้จะมีขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่าไคโตซานที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีไม่มากนัก แต่เกิดการกราฟต์ที่ดีกว่า ทำให้สามารถเกาะติดได้ดีกว่า หมายความว่าในไคโตซานที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ไปสำหรับการกราฟต์ และไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy มีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมกับการกราฟต์ที่สุดในการทดลอง และในไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 30 – 90 kGy ขนาดโมเลกุลยิ่งเล็กลงให้ผลการกราฟต์ที่ด้อยลง แสดงเป็นประสิทธิภาพในการเกาะติดที่ต่ำลง

4.4 การทดสอบความคงทนต่อการซักของไคโตซาน

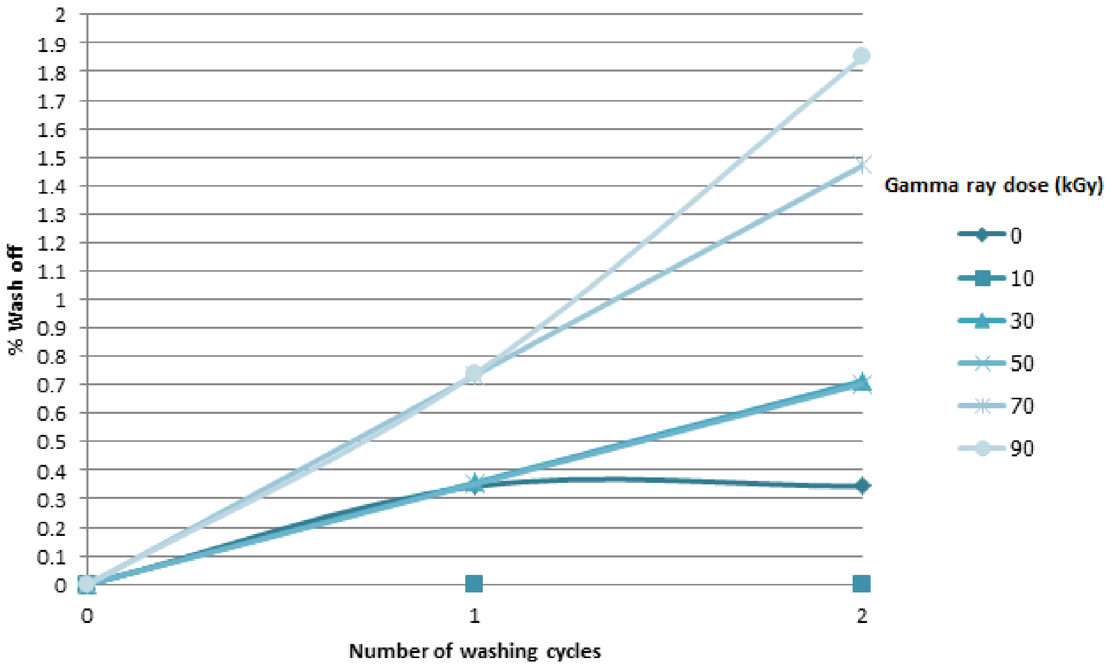
ตารางที่ 9 ความคงทนต่อการซักของไคโตซาน

ชิ้นงานผ้าไหม	น้ำหนักของผ้าไหม (g/m^2)		
	ไม่ผ่านการซัก	หลังซัก 1 ครั้ง	หลังซัก 2 ครั้ง
สารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี	121.25	120.83	120.83
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10kGy	122.08	122.08	122.08
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30kGy	116.67	166.25	115.83
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50kGy	118.33	117.91	117.50
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70kGy	113.33	112.50	111.67
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90kGy	112.50	111.67	110.42

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การหลุดออกของไคโตซานจากการซัก

ชิ้นงานผ้าไหม	การหลุดออกของไคโตซาน	
	หลังการซัก 1 ครั้ง	หลังการซัก 2 ครั้ง
สารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี	0.34 %	0.34 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10kGy	0 %	0 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30kGy	0.35 %	0.71 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50kGy	0.35 %	0.70 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70kGy	0.73 %	1.47 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90kGy	0.74 %	1.85 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 19 กราฟเส้นเปรียบเทียบการหลุดออกของไคโตซานจากการซัก

จากรูปที่ 19 ผ้าไหมที่ผ่านการซักแต่ละครั้ง พบการหลุดออกของไคโตซาน ทั้งสารละลายไคโตซานที่ไม่ได้ฉายรังสี มีการหลุดออก 0.34% และสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 30-90 kGy โดยที่สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 30 kGy มีการหลุดออก 0.35% และ 0.71% ที่สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 50 kGy มีการหลุดออก 0.35% และ 0.70% ที่สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 70 kGy มีการหลุดออก 0.73% และ 1.47% ที่สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 90 kGy มีการหลุดออก 0.74% และ 1.85% ตามลำดับ ในทางกลับกัน สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy ไม่พบการหลุดออกเลย

สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy แสดงผลการเกาะติดของไคโตซานที่ดีที่สุด และมีการหลุดออกของไคโตซานน้อยที่สุด ส่วนสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 90 kGy แสดงผลการเกาะติดที่ด้อยที่สุด และมีการหลุดออกของไคโตซานมากที่สุด ดังที่แสดงในตารางที่ 11 ต่อไปนี้

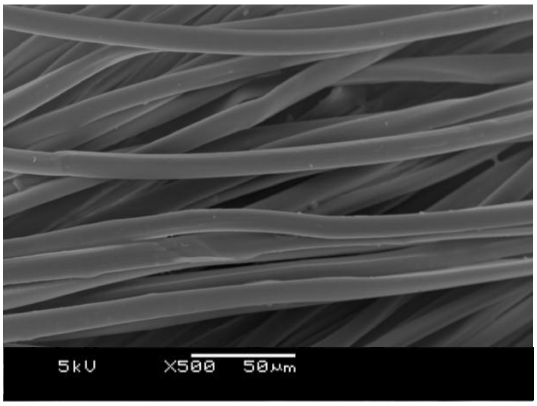
ตารางที่ 11 ขนาดโมเลกุลของไคโตซาน เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน และการหลุดออกของไคโตซาน

ชิ้นงานผ้าไหม	ขนาดโมเลกุลของไคโตซาน (Dalton)	ประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซาน	การหลุดออกของไคโตซาน	
			หลังการซัก 1 ครั้ง	หลังการซัก 2 ครั้ง
สารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี	6.72×10^{-5}	12.79 %	0.34 %	0.34 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10kGy	4.46×10^{-5}	14.90 %	0 %	0 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30kGy	2.81×10^{-5}	11.55 %	0.35 %	0.71 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50kGy	1.77×10^{-5}	9.29 %	0.35 %	0.70 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70kGy	1.52×10^{-5}	7.08 %	0.73 %	1.47 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90kGy	1.24×10^{-5}	5.88 %	0.74 %	1.85 %

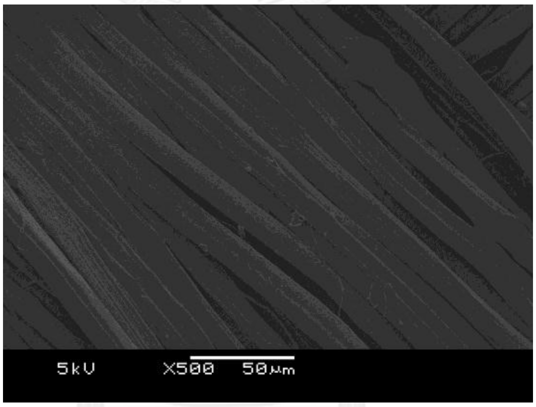
การทดลองในส่วนนี้ รูปที่ 19 และรูปที่ 18 มีความสอดคล้องกัน คือ สำหรับไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy มีขนาดโมเลกุล 4.46×10^{-5} Dalton ทำให้เกิดการกราฟต์ที่ดีที่สุด คือ มีการเกาะติดของไคโตซานดีที่สุดที่ 14.9% และทนต่อการซักมากที่สุด คือพบการหลุดออกของไคโตซาน 0% เป็นการยืนยันขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่เหมาะสมต่อการกราฟต์บนพื้นผิวของผ้าไหม

ส่วนของสารละลายไคโตซานที่ไม่ได้ฉายรังสี ซึ่งไคโตซานมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า มีการเกาะติดของไคโตซานด้อยกว่าไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy และมีการหลุดออกหลังการซัก และผลที่ได้จากสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 30 – 90kGy มีแนวโน้มองการเกาะติดของไคโตซานที่ด้อยลง และมีการหลุดออกภายหลังการซักมากขึ้น เป็นการยืนยันว่า การกราฟต์ที่ดีส่งผลให้มีการเกาะติดของไคโตซานที่ดีและทนต่อการซัก

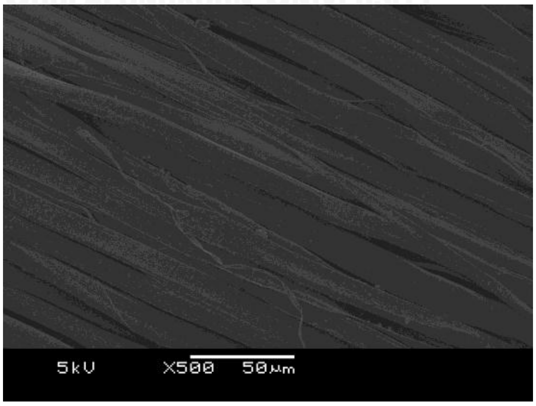
รูปที่ 20 - 40 แสดงภาพถ่ายพื้นผิวผ้าไหมโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)



รูปที่ 20 ผ้าไหมที่ไม่ได้ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลอง

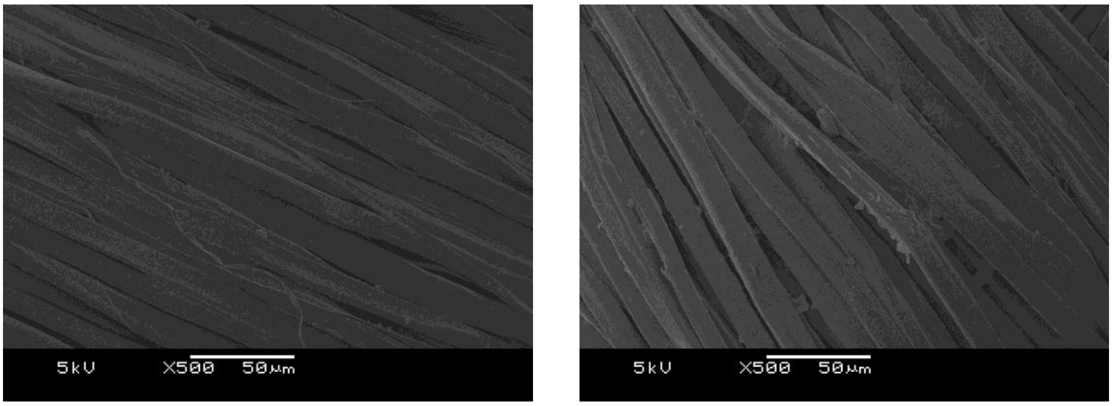


รูปที่ 21 ผ้าไหมที่ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลอง

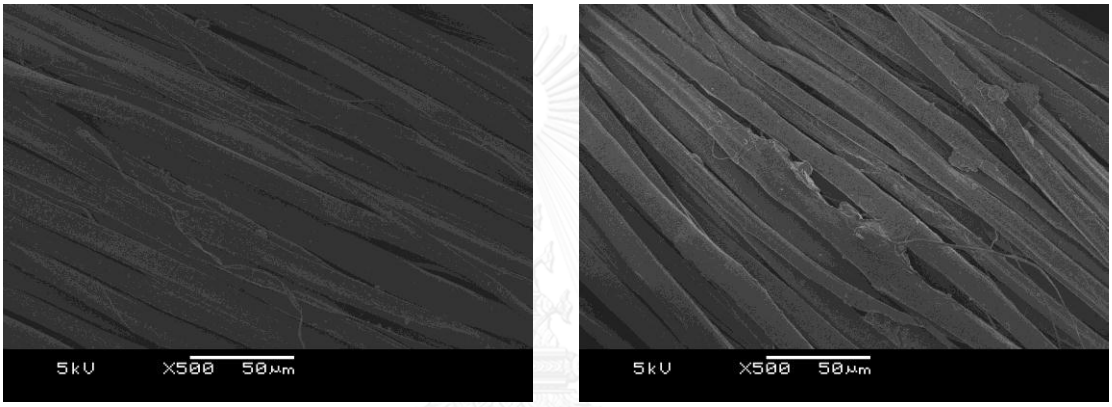


รูปที่ 22 ผ้าไหมที่ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลองและผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา

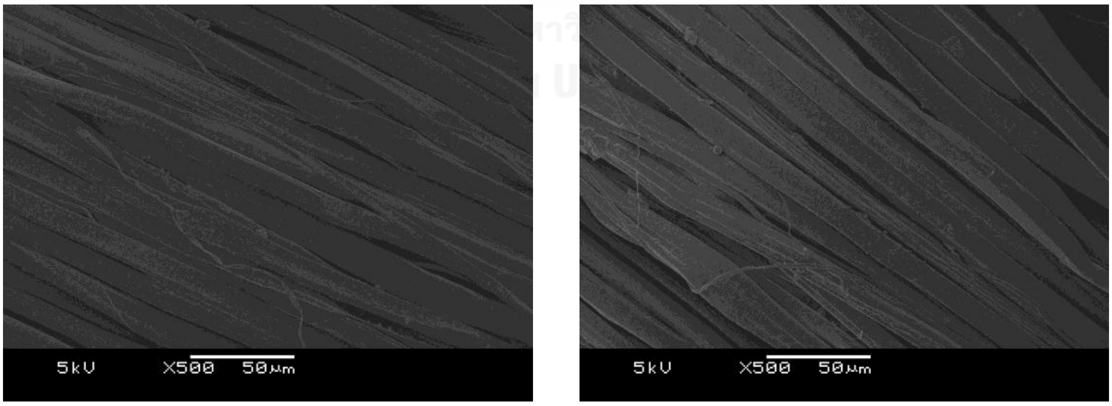
จากรูปที่ 20 – 22 การซักด้วย Dichloromethane เพื่อกำจัดโปรตีนกาวไหมออกจากผ้าไหมก่อนนำไปทดลอง เพื่อให้เห็นผลที่ชัดเจนมากขึ้นเมื่อนำมากราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซาน



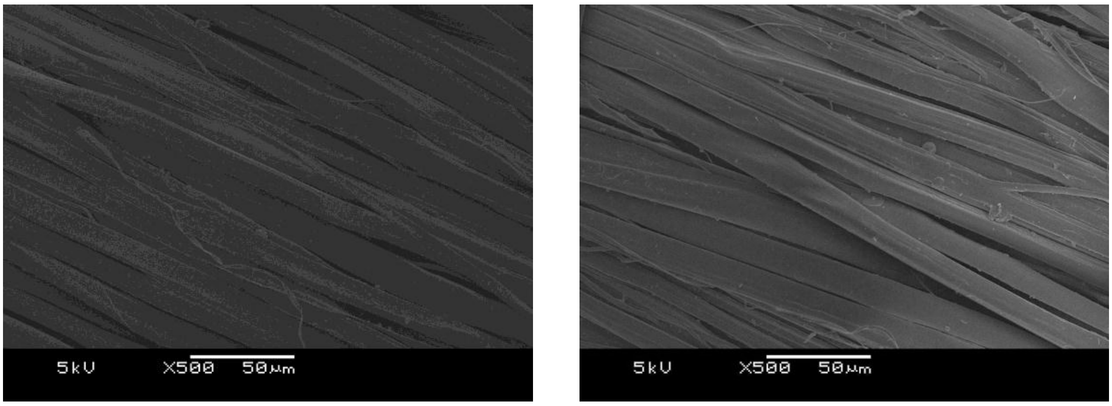
รูปที่ 23 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีและไม่ซัก



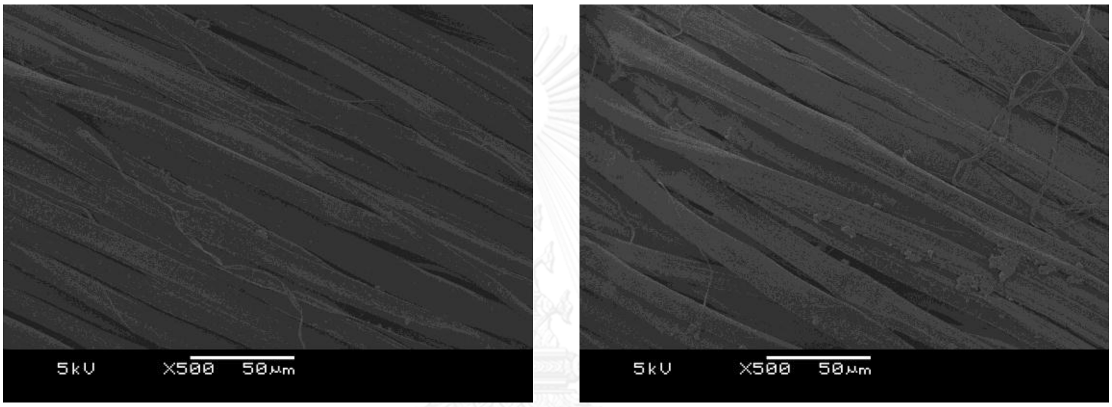
รูปที่ 24 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีและซัก 1 ครั้ง



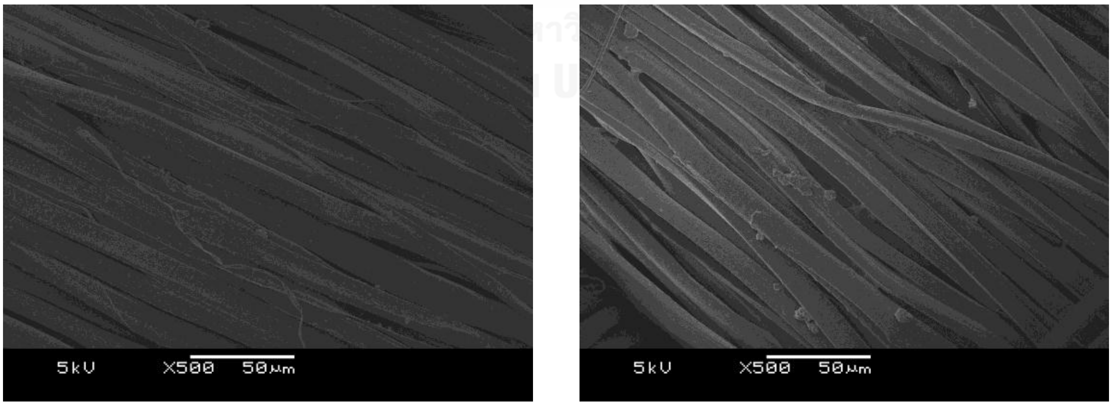
รูปที่ 25 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีและซัก 2 ครั้ง



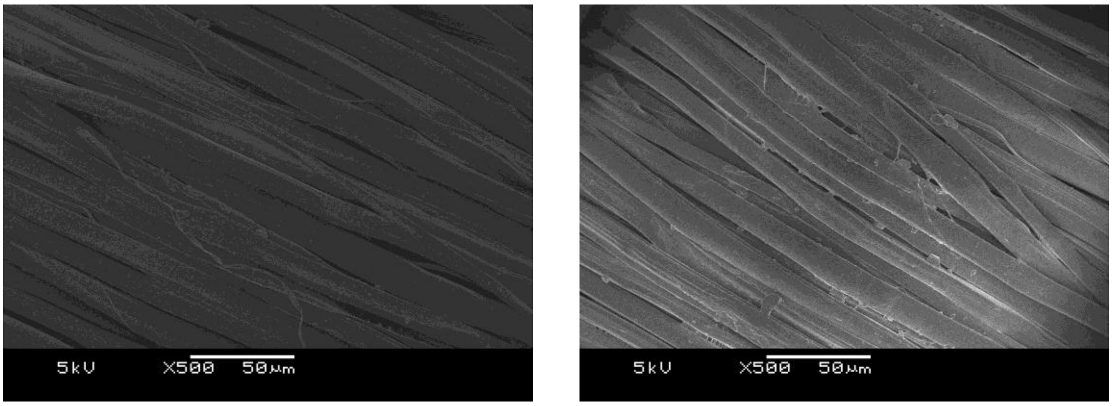
รูปที่ 26 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และไม่ซัก



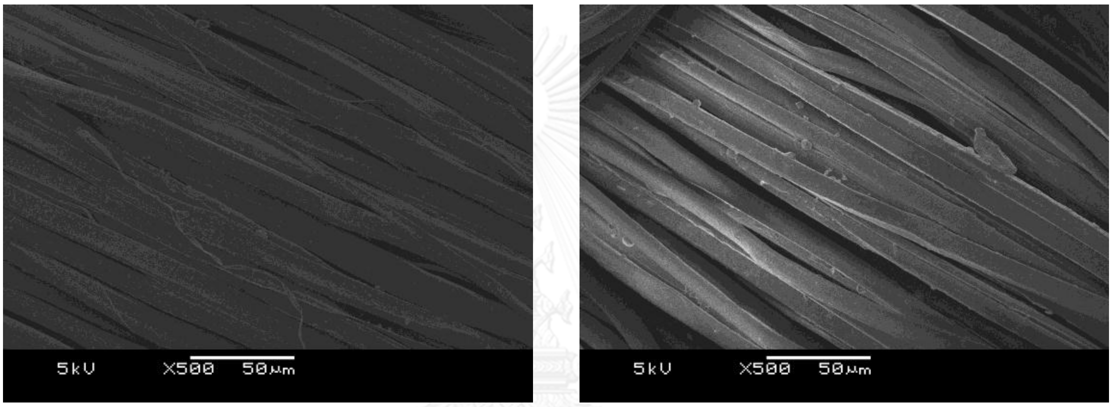
รูปที่ 27 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 1 ครั้ง



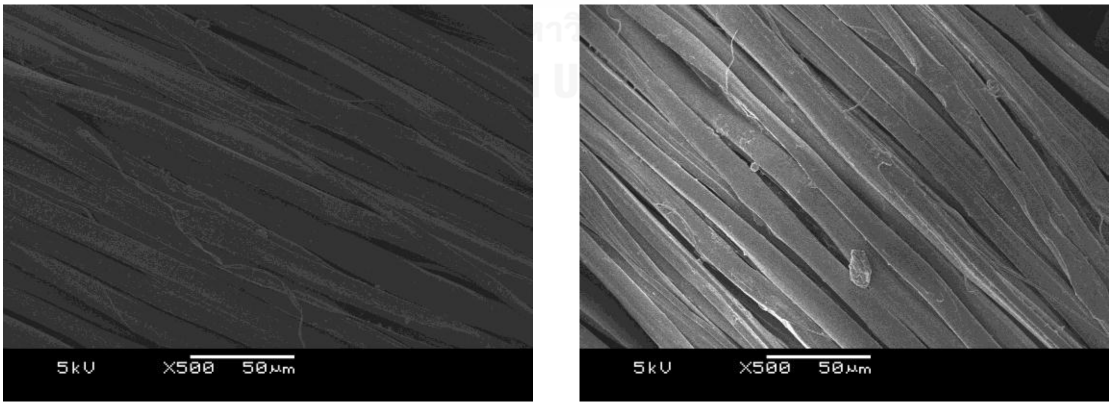
รูปที่ 28 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 2 ครั้ง



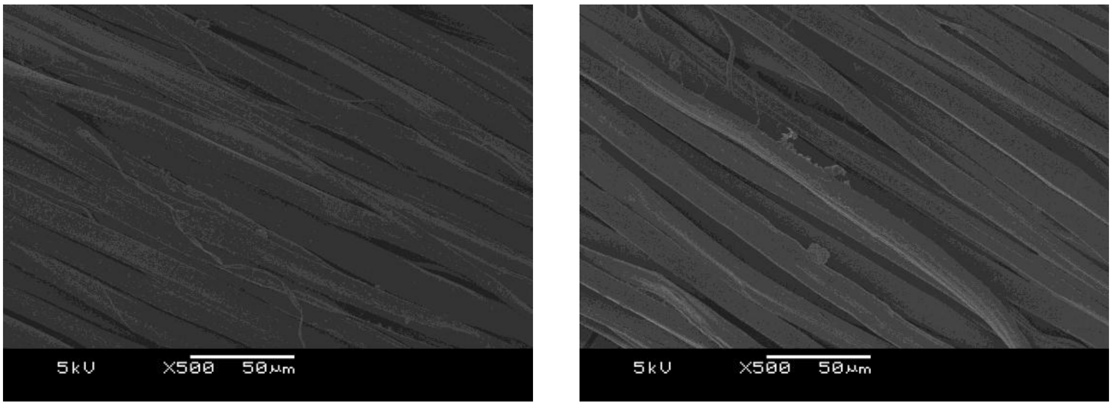
รูปที่ 29 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และไม่ซัก



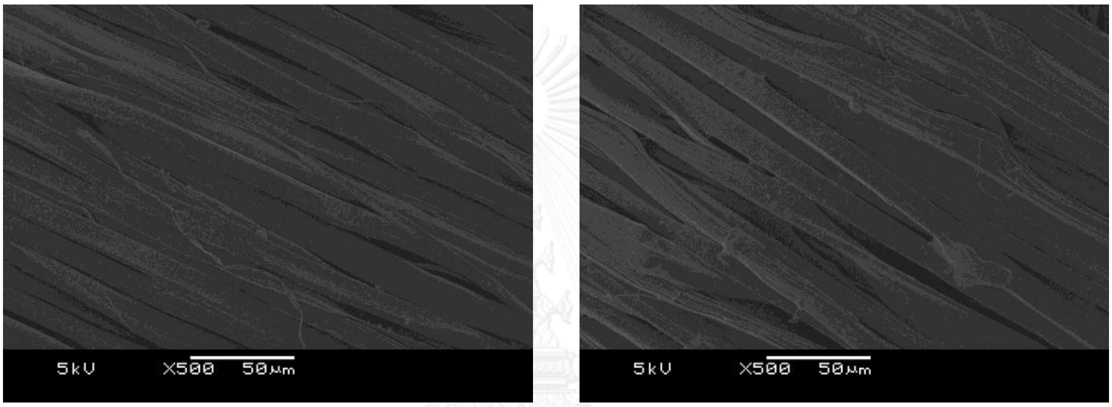
รูปที่ 30 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 1 ครั้ง



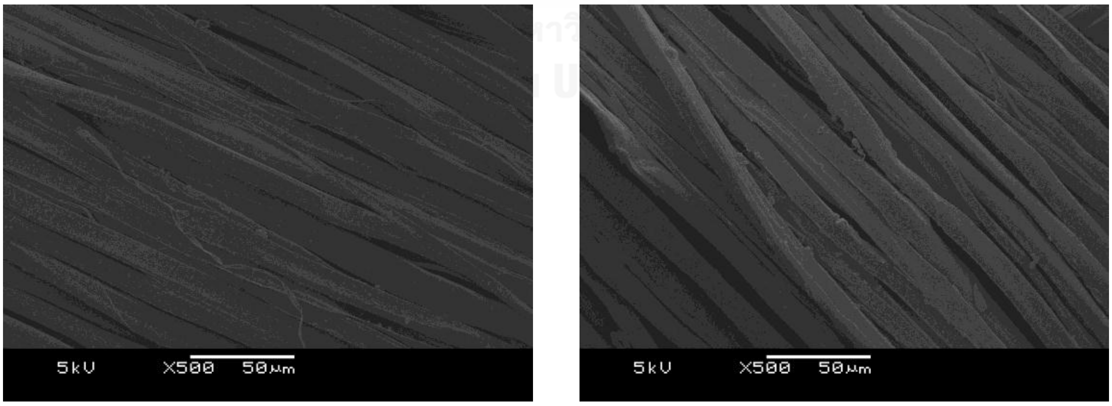
รูปที่ 31 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 2 ครั้ง



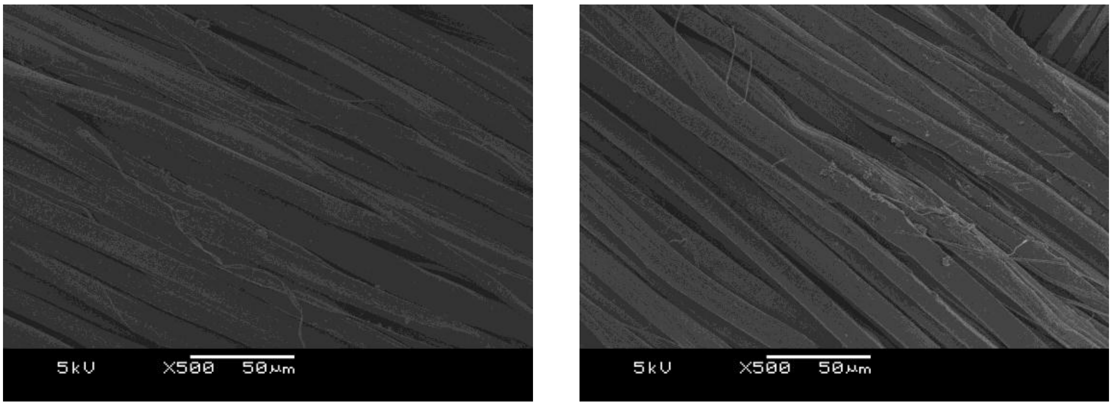
รูปที่ 32 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และไม่ซัก



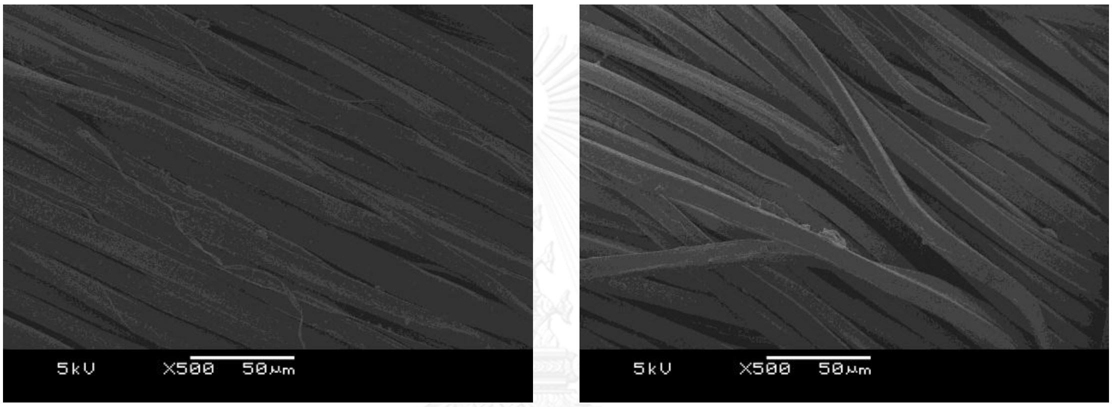
รูปที่ 33 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และซัก 1 ครั้ง



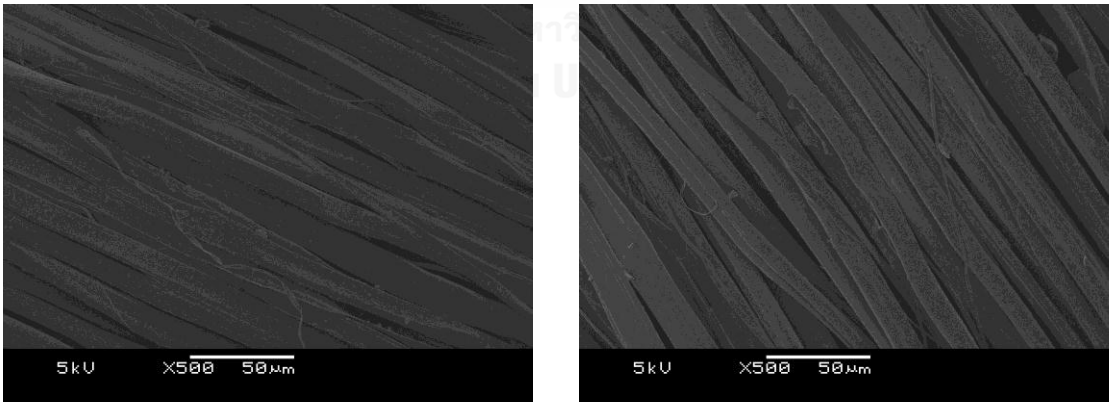
รูปที่ 34 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และซัก 2 ครั้ง



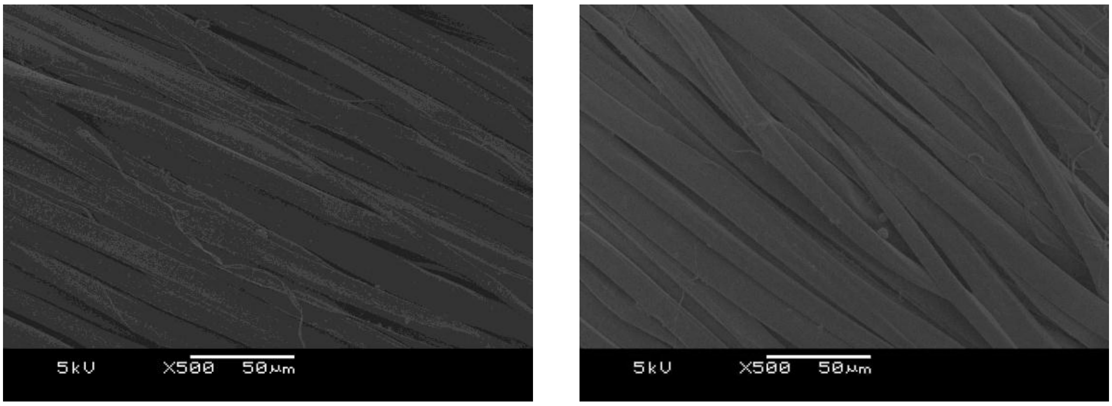
รูปที่ 35 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และไม่ซัก



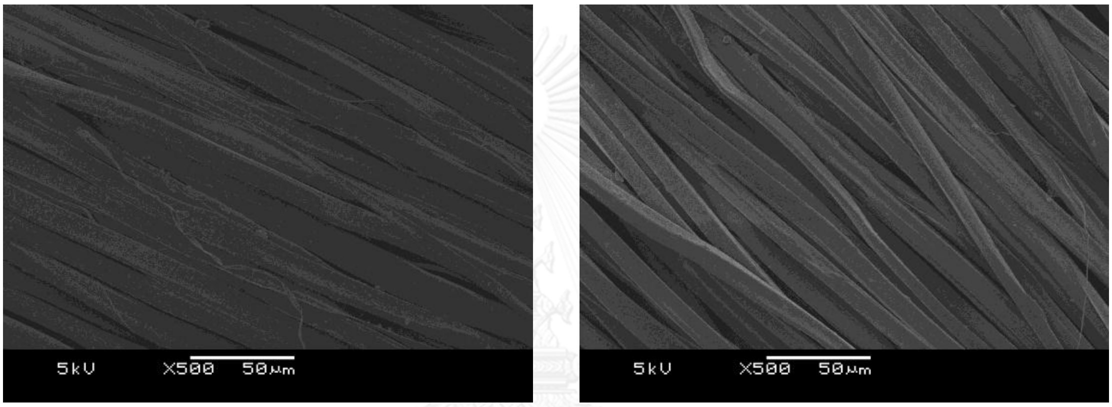
รูปที่ 36 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 1 ครั้ง



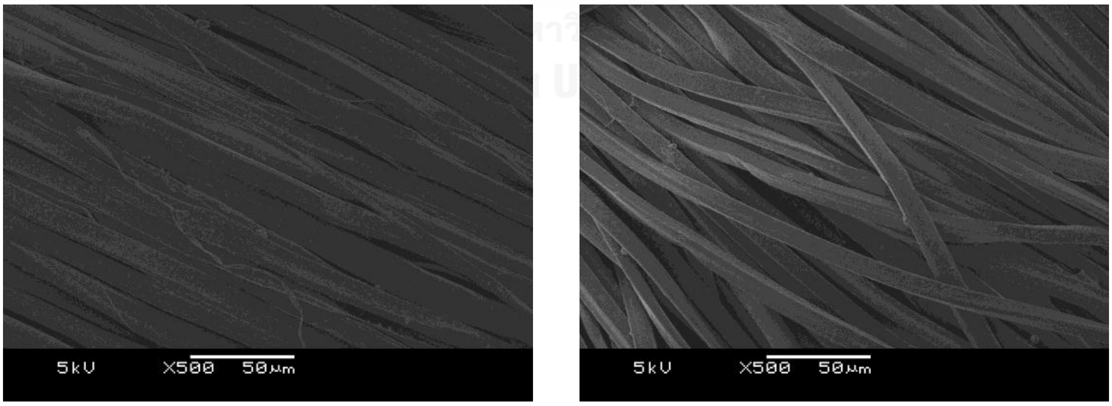
รูปที่ 37 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 2 ครั้ง



รูปที่ 38 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และไม่ซัก



รูปที่ 39 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 1 ครั้ง



รูปที่ 40 ผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 2 ครั้ง

รูปที่ 20 - 22 แสดงความแตกต่างระหว่าง ผ้าไหมที่ไม่ได้ล้างกาวไหมออกด้วย Dichloromethane กับผ้าไหมที่ล้างกาวไหมออกแล้ว ซึ่งยังไม่นำไปดัดแปรด้วยพลาสมา และผ้าไหมที่ล้างกาวไหมออกแล้วและนำไปดัดแปรด้วยพลาสมา พบว่าผ้าไหมที่ยังไม่ได้ล้างกาวไหมออก จะมีความเรียบลื่นของผิว ต่างกับผ้าไหมที่ล้างกาวไหมออกแล้ว พบว่าพื้นผิวมีความหยาบมากขึ้น

รูปที่ 23 – 40 แสดงผลการเกาะติดของไคโตซานจากการกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานทั้งแบบไม่ผ่านการซัก หลังจากการซักครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ยังคงพบการเกาะติดของไคโตซานแต่พบได้น้อยลง สอดคล้องกับตารางที่ 11

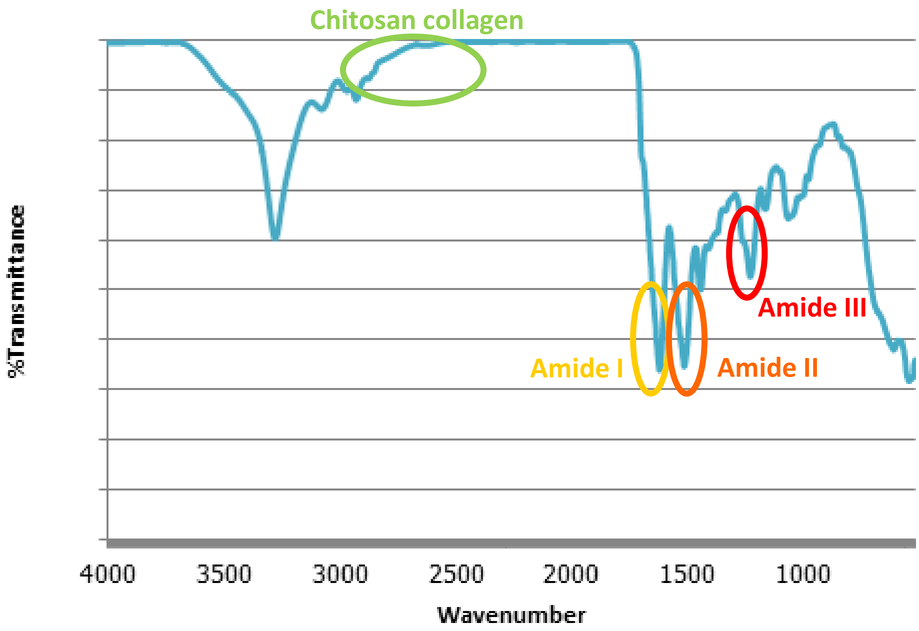
รูปที่ 23 – 25 แสดงผลการเกาะติดของไคโตซานจากสารละลายไคโตซานที่ไม่ได้ฉายรังสีพบการเกาะติดของไคโตซานที่ดี แต่มีการหลุดออกของไคโตซานหลังการซักเล็กน้อย

รูปที่ 26 - 29 แสดงผลการเกาะติดของไคโตซานจากสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy มีการเกาะติดของไคโตซานที่ดีที่สุด แม้จะผ่านการซักถึง 2 ครั้ง สอดคล้องกับผลการทดลองที่มีการหลุดออกของไคโตซานหลังการซักทั้ง 2 ครั้งคิดเป็น 0%

รูปที่ 30 - 40 แสดงผลการเกาะติดของไคโตซานจากสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30 kGy, รูปที่ 26 - 28 แสดงผลการเกาะติดของไคโตซานจากสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50 kGy, รูปที่ 29 - 31 แสดงผลการเกาะติดของไคโตซานจากสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70 kGy และ รูปที่ 32 - 34 แสดงผลการเกาะติดของไคโตซานจากสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy ผลที่เห็นได้อย่างชัดเจน คือ ขนาดที่เล็กลงของไคโตซาน ซึ่งแปรผันตรงกับความแรงของรังสีแกมมาที่ไคโตซานได้รับ [16] นอกจากนี้การเกาะติดของไคโตซานพบได้น้อยลงทั้งหลังจากการซักครั้งที่ 1 และน้อยลงอีกเมื่อซักครั้งที่ 2 ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการชั่งน้ำหนักเพื่อประเมินเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของไคโตซาน ซึ่งมีการหลุดออกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แปรผันตรงกับความแรงของรังสีแกมมาที่ไคโตซานได้รับ เช่นกัน

ดังนั้น ผลการเกาะติดของไคโตซานจากสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy ให้ผลที่ดีที่สุดสอดคล้องกับตารางที่ 11 เพราะขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการกราฟต์มากที่สุด จึงมีการเกาะติดของไคโตซานที่ดีที่สุดไคโตซานติดทนมากที่สุด

รูปที่ 41 - 47 แสดงการวิเคราะห์ด้วยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (FT-IR)

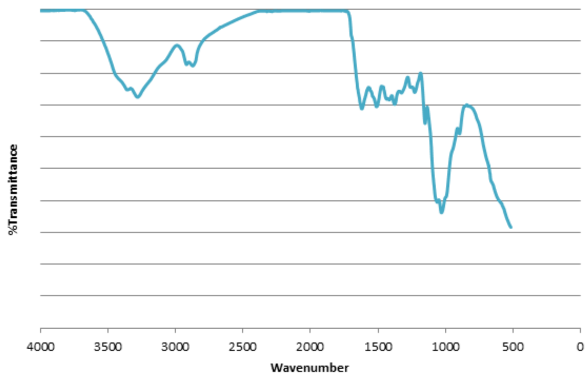


รูปที่ 41 การวิเคราะห์ด้วย FT-IR บนผ้าไหมที่มีไคโตซานเคลือบอยู่

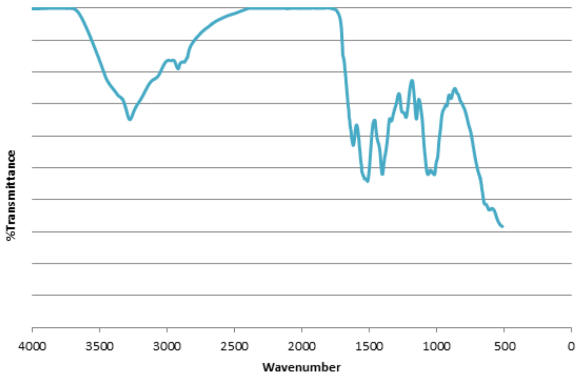
การวิเคราะห์ด้วยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ หรือ FT-IR สามารถวิเคราะห์ได้จาก Characteristic peak ที่ปรากฏบนสเปกตรัมดังรูปที่ 41 แสดงให้เห็นถึง Characteristic peak ขององค์ประกอบที่พบในผ้าไหมที่ทำการทดสอบ

สำหรับผ้าไหม มีองค์ประกอบ คือ โปรตีนไฟโบรอินเป็นหลัก และโปรตีนเซริซินหรือกาวไหมเป็นองค์ประกอบรอง ซึ่งผ้าไหมที่ใช้ในการทดลอง กำจัดกาวไหมด้วย Dichloromethane ไปแล้ว จึงเหลือโปรตีนไฟโบรอิน ซึ่งส่วนประกอบของโปรตีนไฟโบรอินที่ได้จากการวิเคราะห์ Characteristic peak ด้วย FT-IR คือหมู่เอไมด์ (Amide) ตั้งแต่หมู่ 1 – 3 ดังที่วงกลมสีเหลือง, สีส้ม และสีแดงกำกับไว้

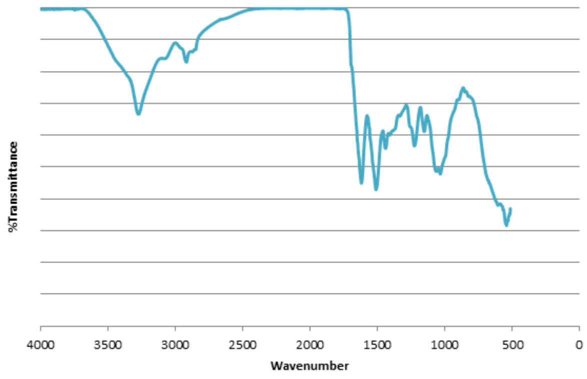
ในส่วนของสารละลายไคโตซาน ซึ่งได้จากสารละลายกรดน้ำส้ม (Acetic Acid) ตัวของสารละลายมีลักษณะคล้ายวุ้น (Collagen) การวิเคราะห์ด้วย FT-IR จะแสดงวุ้นไคโตซาน (Chitosan collagen) ดังที่วงกลมสีเขียว ซึ่งจะเกาะติดบนผ้าไหมเพราะเกิดการกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซาน



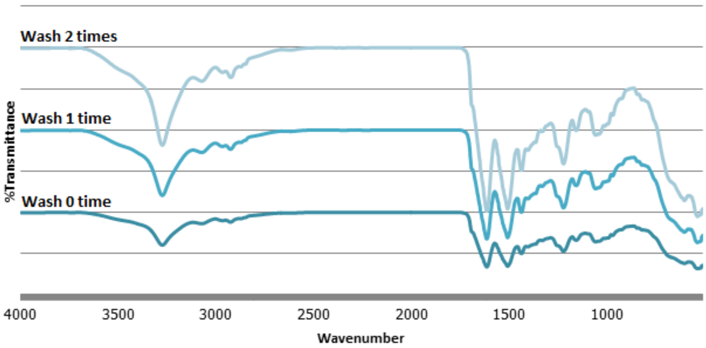
รูปที่ 42 สเปกตรัมของผ้าไหมที่ไม่ได้ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลอง



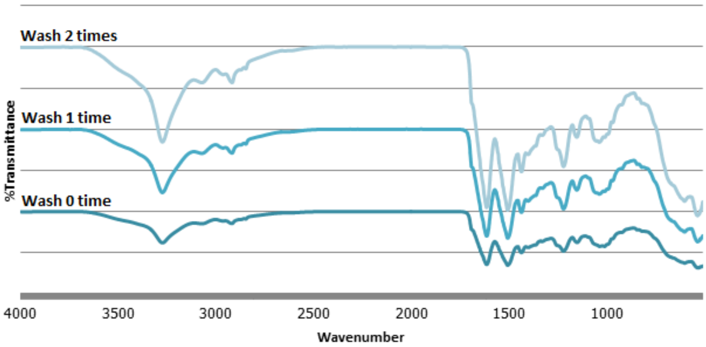
รูปที่ 43 สเปกตรัมของผ้าไหมที่ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลอง



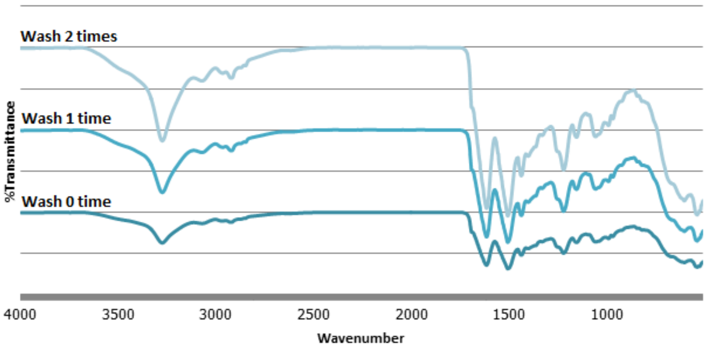
รูปที่ 44 สเปกตรัมของผ้าไหมที่ซักด้วย Dichloromethane ก่อนการทดลองและผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมา



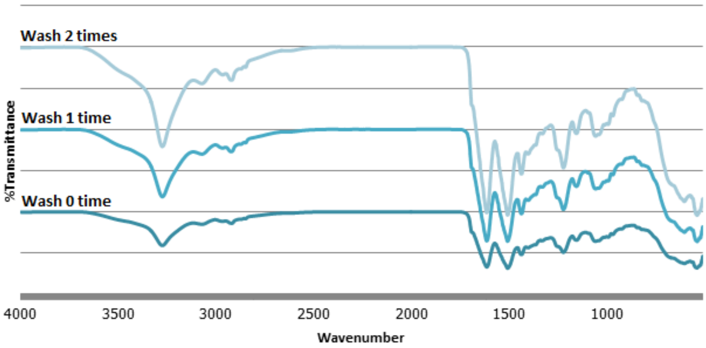
รูปที่ 45 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ไม่ผ่านการฉายรังสี



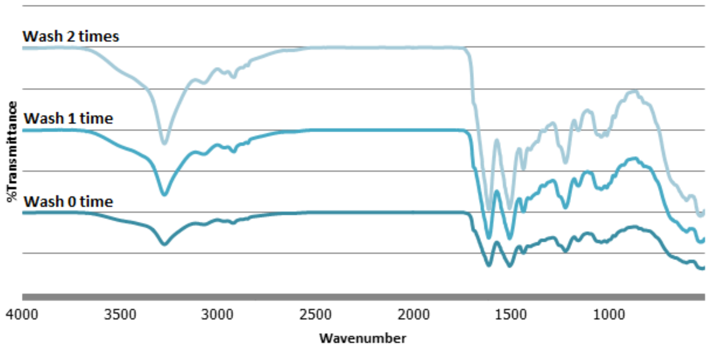
รูปที่ 46 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy



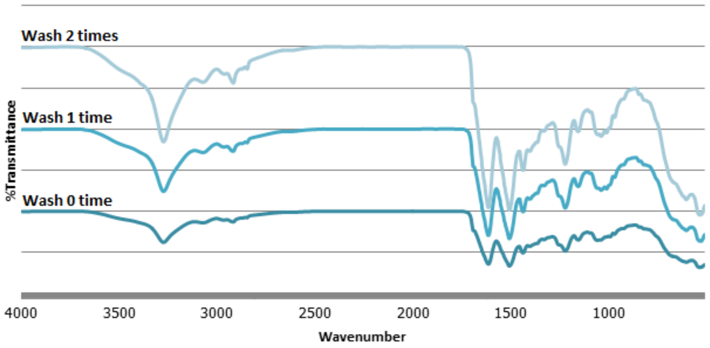
รูปที่ 47 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30 kGy



รูปที่ 48 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50 kGy



รูปที่ 49 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70 kGy



รูปที่ 50 สเปกตรัมของผ้าไหมที่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy

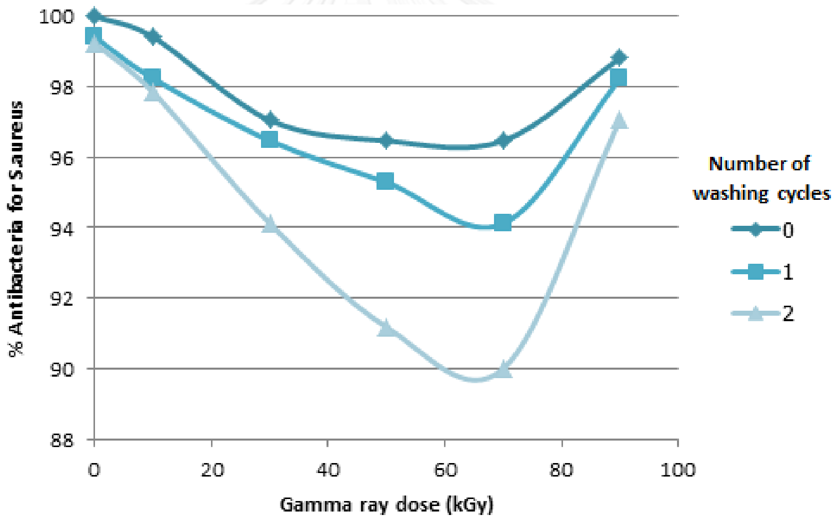
จากรูปที่ 45 - 50 แสดงผลสเปกตรัมของผ้าไหมชุบสารละลายไคโตซานทั้งหมด จาก Characteristic peak ที่ปรากฏให้เห็น แม้จะผ่านการซัก 1 หรือ 2 ครั้งก็ตาม ผลแสดงว่ามีไคโตซานเคลือบอยู่ในทุกสภาวะ สเปกตรัมที่ได้อยู่ในลักษณะที่มีการเกาะติดของไคโตซานในทุกการซัก ในสเปกตรัม พบ Characteristic peak ของทั้งไคโตซาน จาก Peak ของ Chitosan collagen และโปรตีนไฟโบรอินของของไหม จาก Peak ของ Amide ทั้ง 3 หมู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

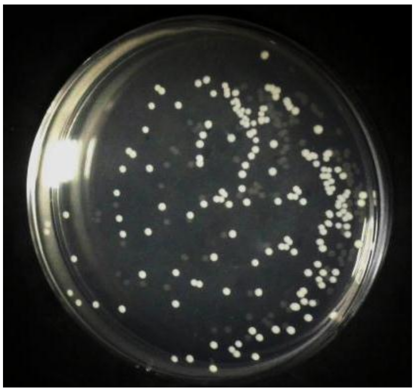
4.5 ผลของการทดสอบการต้านทานแบคทีเรีย

ตารางที่ 12 ผลการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของผ้าไหม

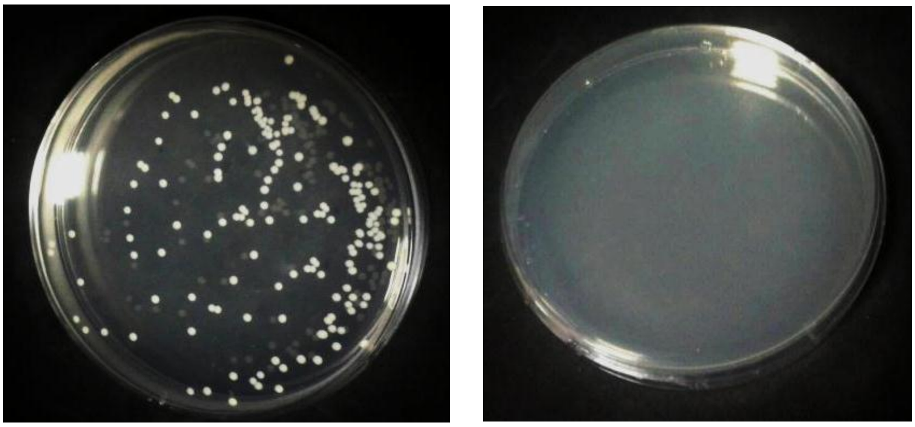
ชิ้นงานผ้าไหม	จำนวนครั้งในการซัก		
	ไม่ซัก	ซัก 1 ครั้ง	ซัก 2 ครั้ง
ไม่ใช้สารละลายไคโตซาน	0 %	0 %	0 %
สารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี	100.00 %	99.41 %	99.24 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy	99.41 %	98.24 %	97.84 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30 kGy	97.05 %	96.47 %	94.12 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50 kGy	96.47 %	95.29 %	91.18 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70 kGy	96.47 %	94.12 %	90.00 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy	98.82 %	98.23 %	97.06 %



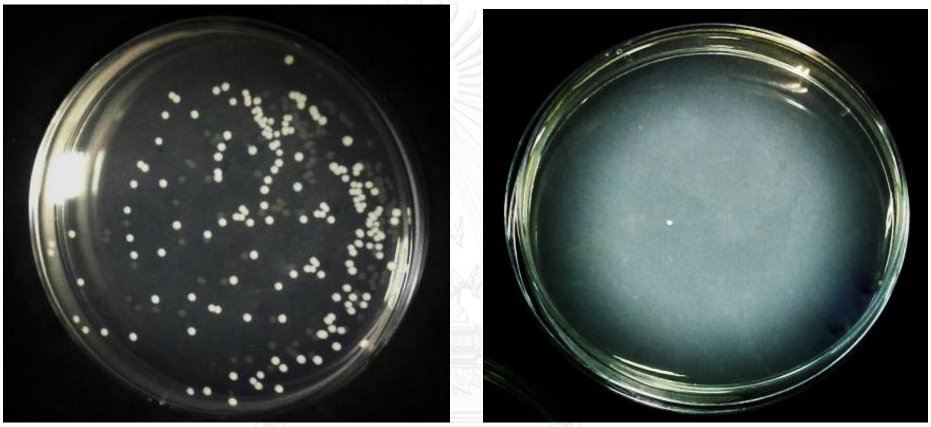
รูปที่ 51 ผลการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของผ้าไหม



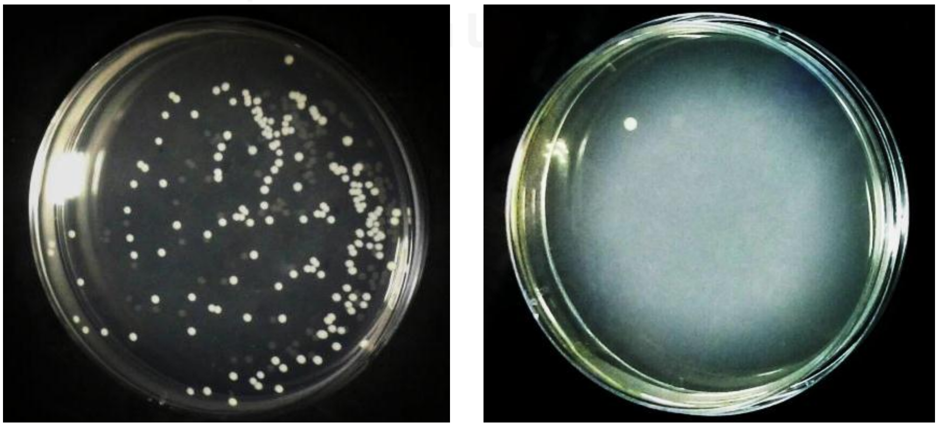
รูปที่ 52 ผลการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของผ้าไหมที่ไม่ผ่านการกราฟต์



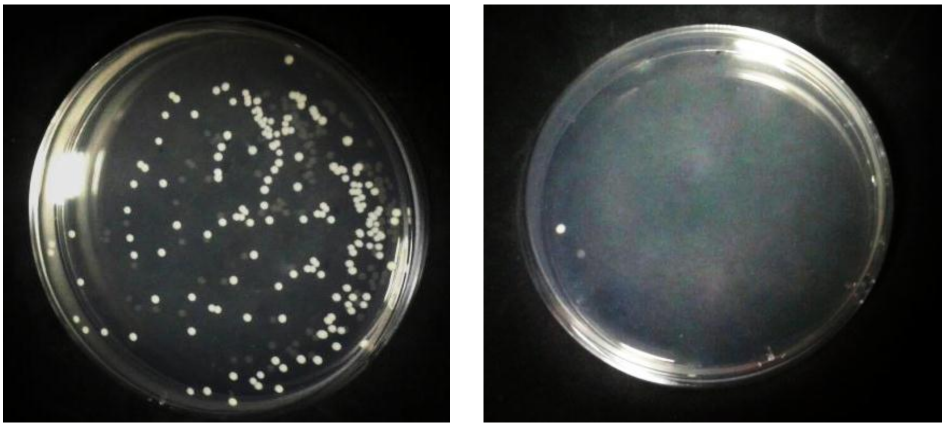
รูปที่ 53 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และไม่ซัก



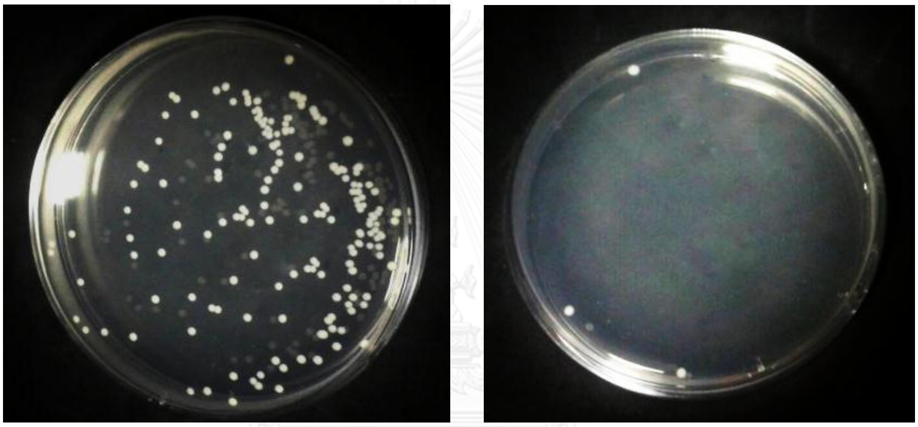
รูปที่ 54 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และซัก 1 ครั้ง



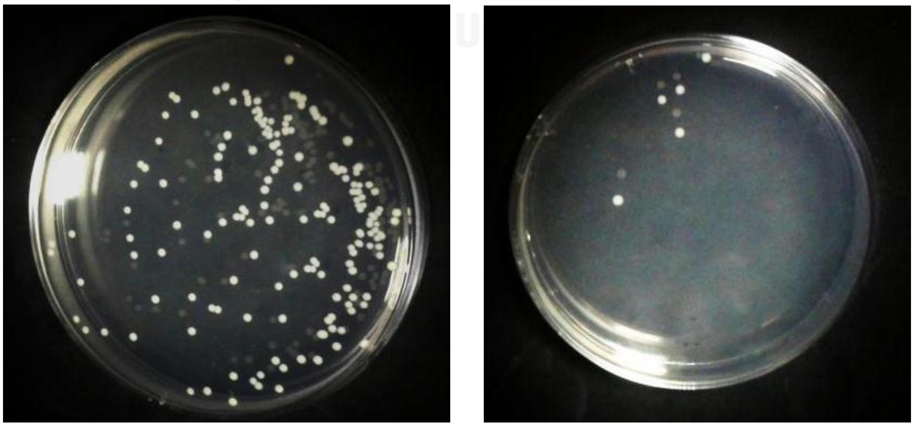
รูปที่ 55 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และซัก 2 ครั้ง



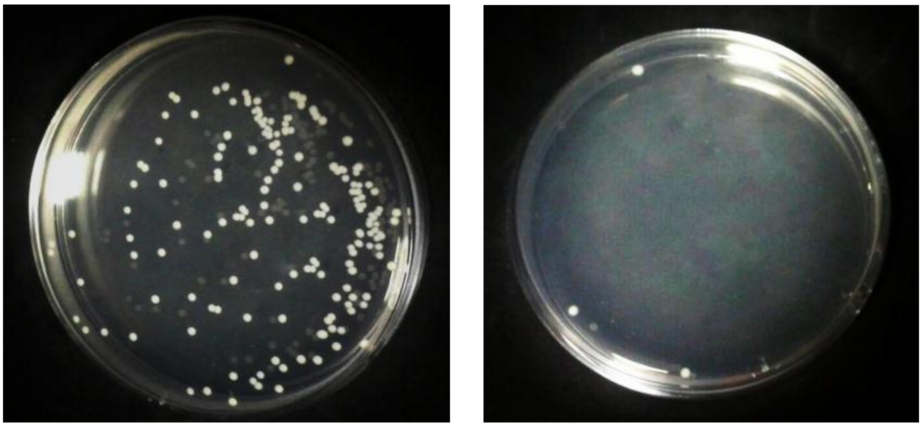
รูปที่ 56 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และไม่ซัก



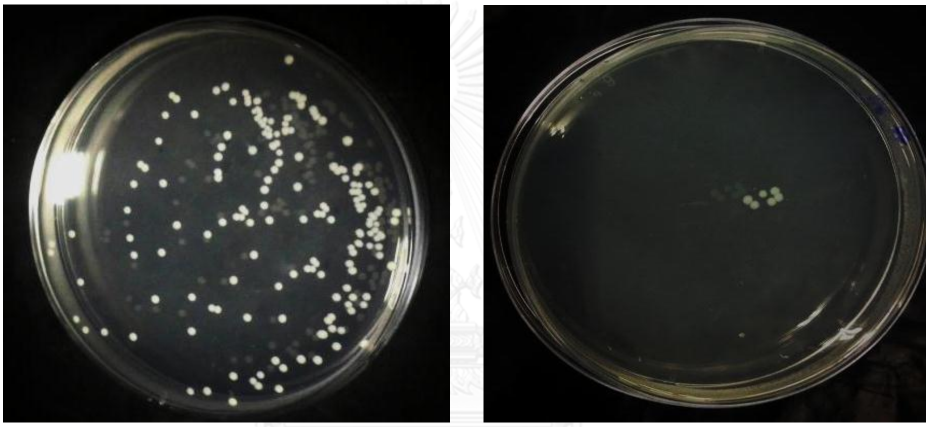
รูปที่ 57 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 1 ครั้ง



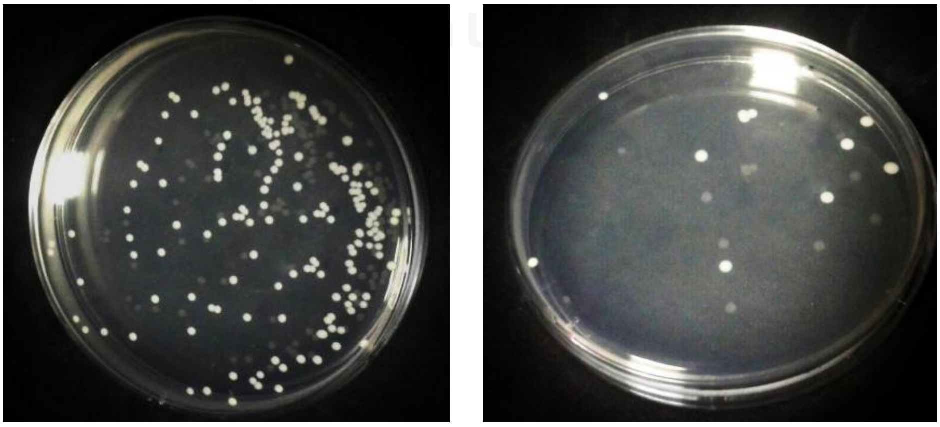
รูปที่ 58 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 2 ครั้ง



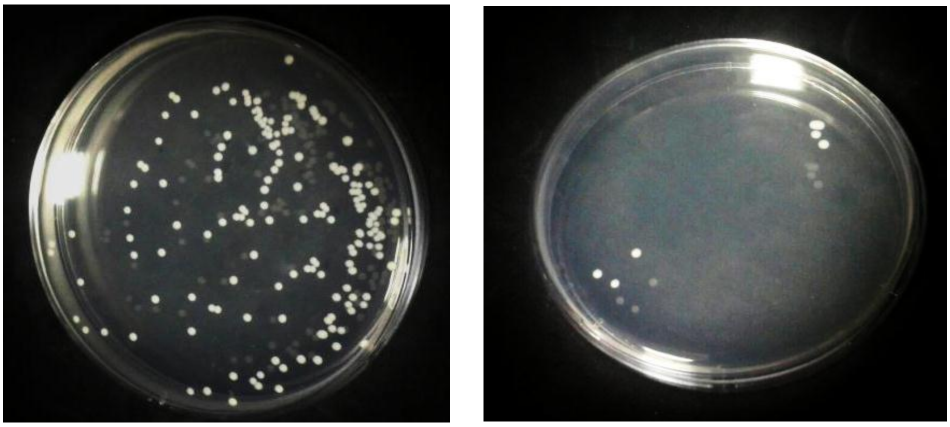
รูปที่ 59 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และไม่ซัก



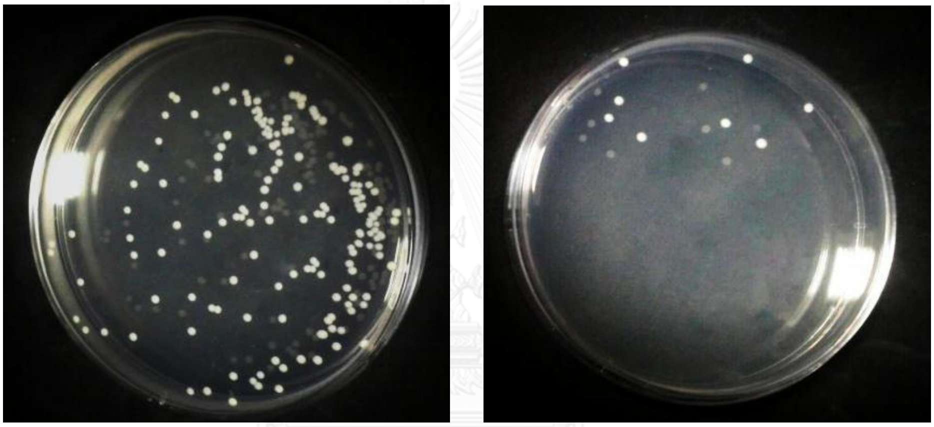
รูปที่ 60 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 1 ครั้ง



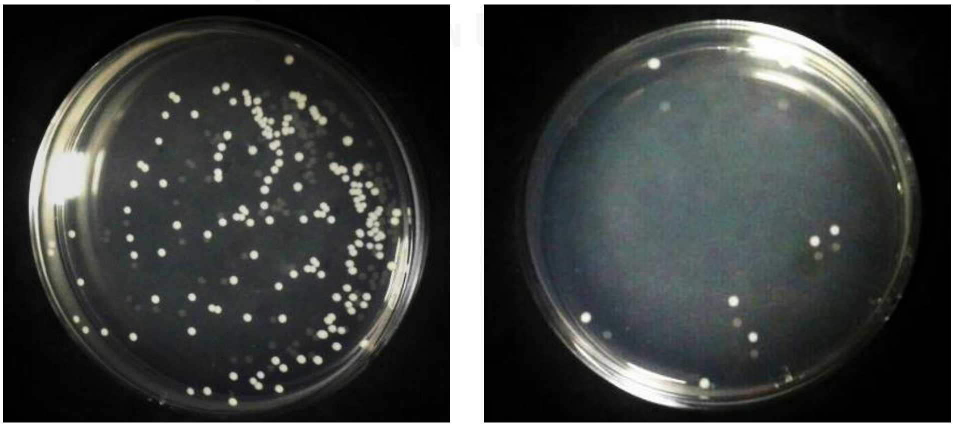
รูปที่ 61 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 2 ครั้ง



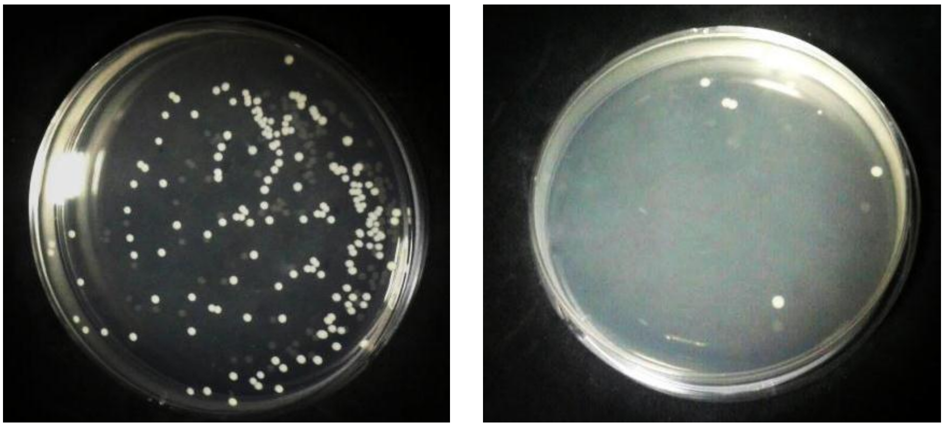
รูปที่ 62 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และไม่ซัก



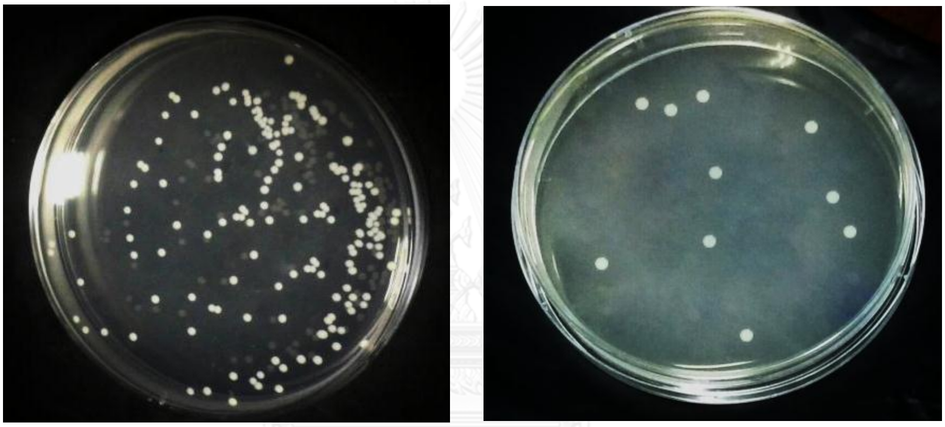
รูปที่ 63 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และซัก 1 ครั้ง



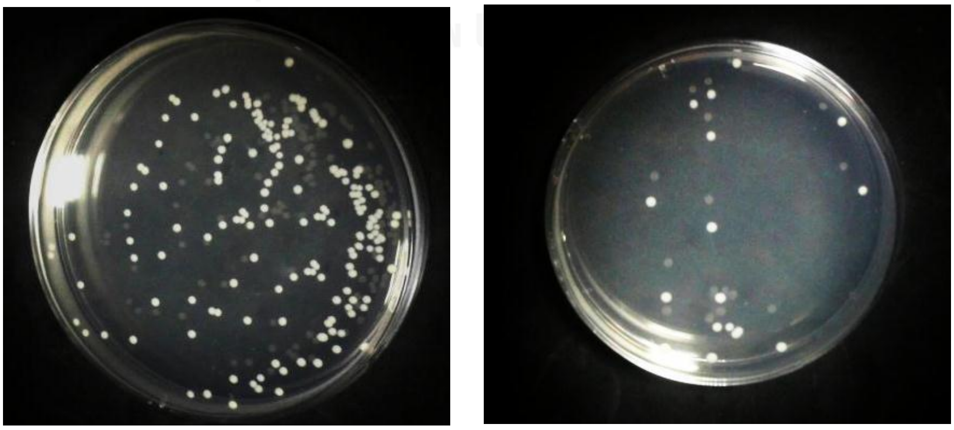
รูปที่ 64 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และซัก 2 ครั้ง



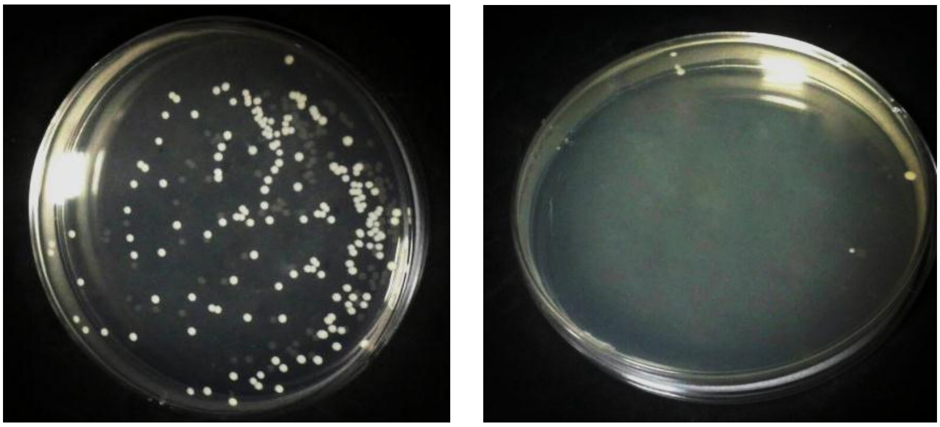
รูปที่ 65 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และไม่ซัก



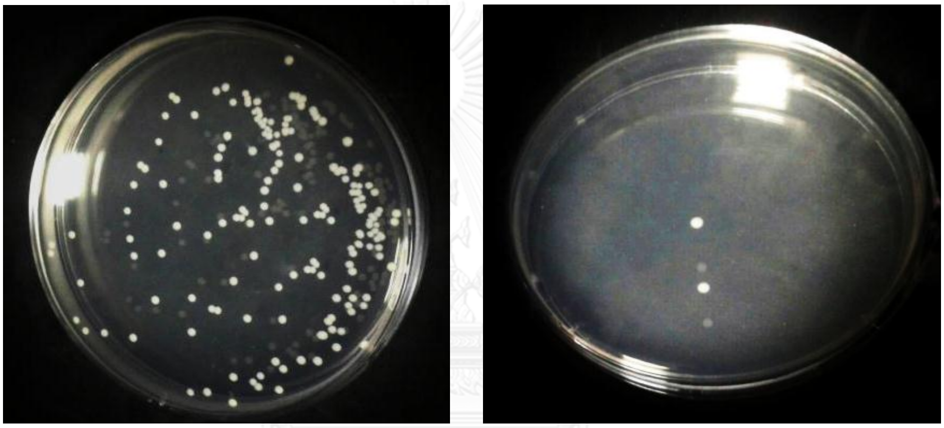
รูปที่ 66 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 1 ครั้ง



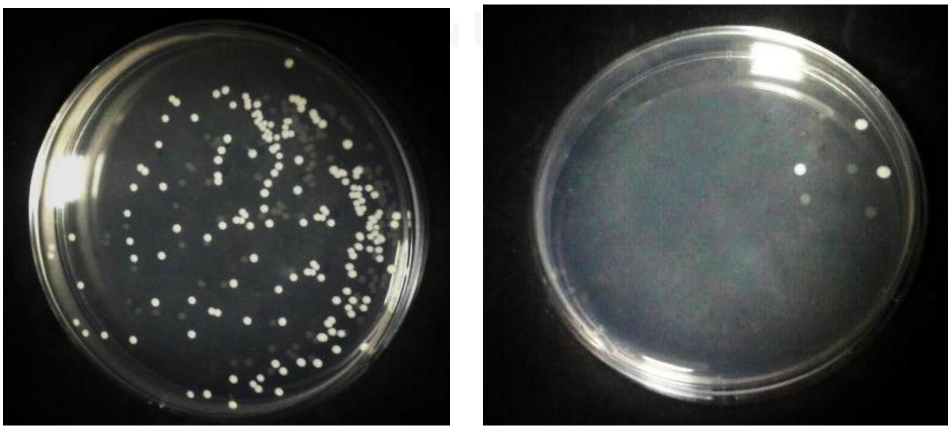
รูปที่ 67 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 2 ครั้ง



รูปที่ 68 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และไม่ซัก



รูปที่ 69 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 1 ครั้ง



รูปที่ 70 ผลการต้าน Staphylococcus aureus ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 2 ครั้ง

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของผ้าไหมกับขนาดโมเลกุลของไคโตซาน

ชิ้นงานผ้าไหม	ขนาดโมเลกุลของไคโตซาน (Dalton)	การต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus		
		ไม่ซัก	ซัก 1 ครั้ง	ซัก 2 ครั้ง
ไม่ใช้สารละลายไคโตซาน	0	0 %	0 %	0 %
สารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี	6.72×10^{-5}	100.00 %	99.41 %	99.24 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10kGy	4.46×10^{-5}	99.41 %	98.24 %	97.84 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30kGy	2.81×10^{-5}	97.05 %	96.47 %	94.12 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50kGy	1.77×10^{-5}	96.47 %	95.29 %	91.18 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70kGy	1.52×10^{-5}	96.47 %	94.12 %	90.00 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90kGy	1.24×10^{-5}	98.82 %	98.23 %	97.06 %

รูปที่ 53 - 70 แสดงผลการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของผ้าไหม พบว่าการซักครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ส่งผลให้การต้านแบคทีเรียน้อยลง และพบการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดนี้มากขึ้น

ผลการทดลองสำหรับสารละลายไคโตซานที่ไม่ได้ฉายรังสี และสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 - 70 kGy เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus แปรผกผันกับปริมาณรังสีแกมมาที่ใช้กับไคโตซาน พบว่าหากยิ่งปริมาณรังสีมีค่าสูง ความสามารถในการต้านแบคทีเรียจะด้อยลง แต่สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy กลับให้ผลที่แตกต่างออกไป

จากการทดลอง พบว่า สารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus แม้จะผ่านการซัก 2 ครั้งก็ยังต้านแบคทีเรียชนิดนี้ได้มากกว่า 99% ผลของ Bacteria counting test ที่ได้สอดคล้องกับ % Antibacteria for S.aureus รองลงมาคือสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy ที่ให้ผลการต้านโดยรวมอยู่ที่ 98% และสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy ที่ให้ผลการต้านโดยรวมอยู่ที่ 97% ตามลำดับ และสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30 – 50 kGy ให้ผลการต้านแบคทีเรียที่ต่ำลงมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลของการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของสารละลายไคโตซานที่ด้อยที่สุด คือ ผลของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70 kGy ซึ่งการซักครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ส่งผลต่อการต้านแบคทีเรียชนิดนี้แบบเห็นได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับรูปที่ 51 ซึ่งแสดงผลเป็นกราฟ ซึ่งที่การซักครั้งที่ 2 ให้การต้านแบคทีเรียต่ำกว่า 90%

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ของผ้าไหมเปรียบเทียบกับขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ใช้ในสารละลายไคโตซาน ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ใหญ่ให้ผลการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ที่ดี ในขณะเดียวกันขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่เล็กที่สุดก็ให้ผลการต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus ที่ดีเช่นกัน

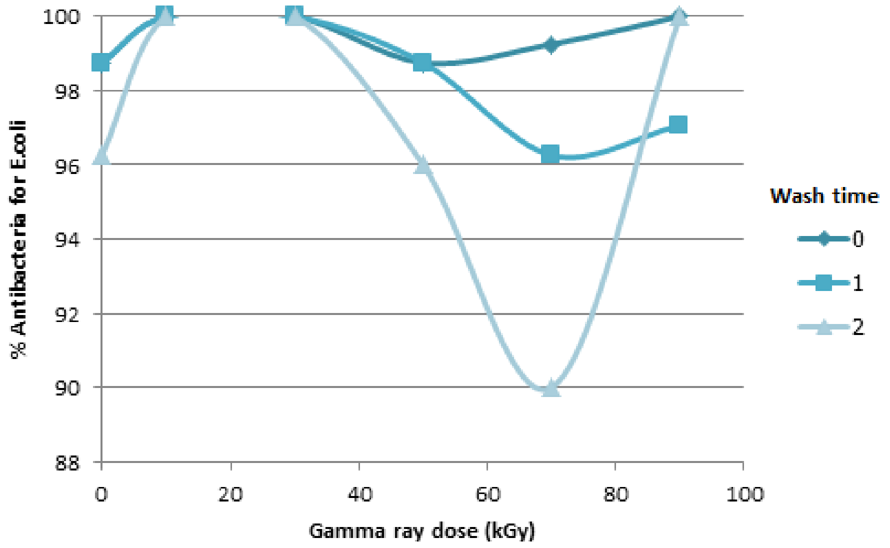
การทำนายพฤติกรรมของแบคทีเรีย Staphylococcus aureus สามารถทำได้ยาก จึงให้ขนาดของโมเลกุลของไคโตซานที่ต่างกันออกไป ซึ่งเป็นผลจากการฉายรังสีแกมมา [16] เป็นตัวกำหนดการต้านแบคทีเรีย ผลลัพธ์ที่ได้คือ ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ 6.72×10^{-5} Dalton ของไคโตซานที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ให้ผลที่ดีสุด รองลงมาคือขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ 4.46×10^{-5} Dalton ของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีที่ 10 kGy และ ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ 1.24×10^{-5} Dalton ของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีที่ 90 kGy

การที่ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีที่ 90 kGy ให้ผลการต้าน แบคทีเรีย Staphylococcus aureus ได้ดีกว่าขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีที่ 30 - 70 kGy เพราะค่า 1.24×10^{-5} Dalton เป็นขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมต่อการทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียชนิดนี้ [7]

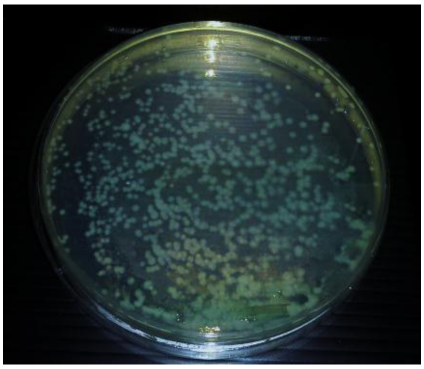
อย่างไรก็ตาม ภาพรวมของการใช้สารละลายไคโตซานเพื่อต้านแบคทีเรีย Staphylococcus aureus อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก เนื่องจากผลการต้านแบคทีเรียชนิดนี้โดยรวมอยู่ที่ 90% ขึ้นไป

ตารางที่ 14 ผลการต้านแบคทีเรีย Escherchia coli ของผ้าไหม

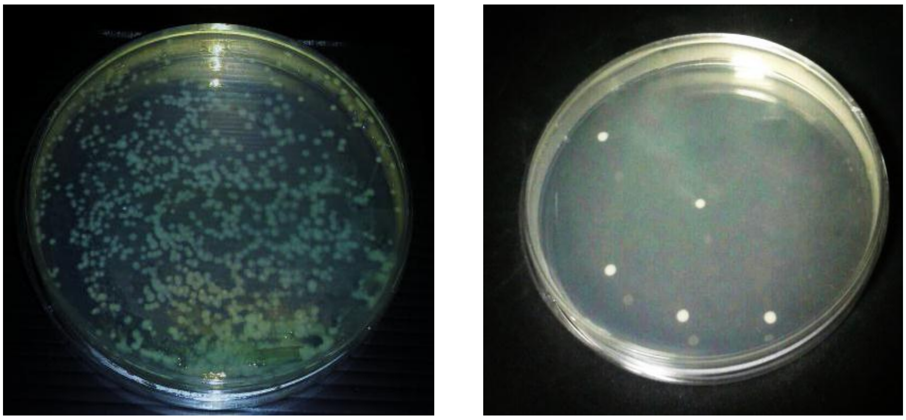
ชิ้นงานผ้าไหม	จำนวนครั้งในการซัก		
	ไม่ผ่านการซัก	ซัก 1 ครั้ง	ซัก 2 ครั้ง
ไม่ใช้สารละลายไคโตซาน	0 %	0 %	0 %
สารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี	98.75 %	98.75 %	96.26 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy	100.00 %	100.00 %	100.00 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30 kGy	100.00 %	100.00 %	100.00 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50 kGy	98.75 %	98.75 %	96.00 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70 kGy	99.25 %	96.26 %	90.00 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy	100.00 %	97.06 %	100.00 %



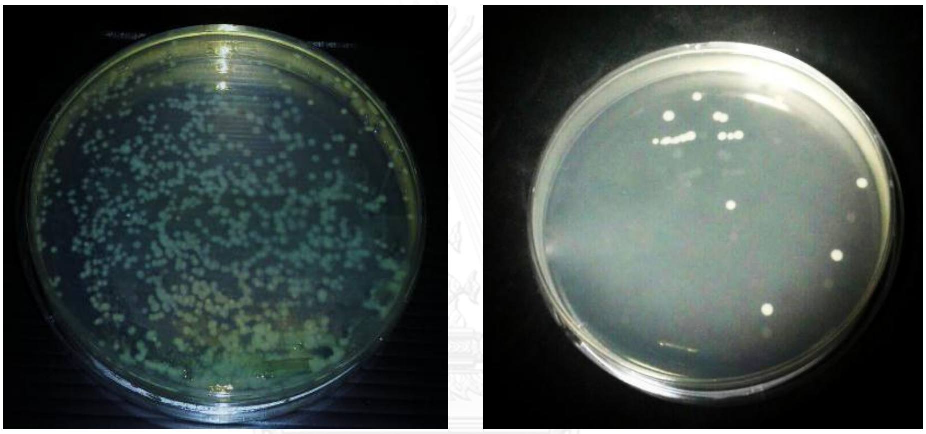
รูปที่ 71 ผลการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ของผ้าไหม



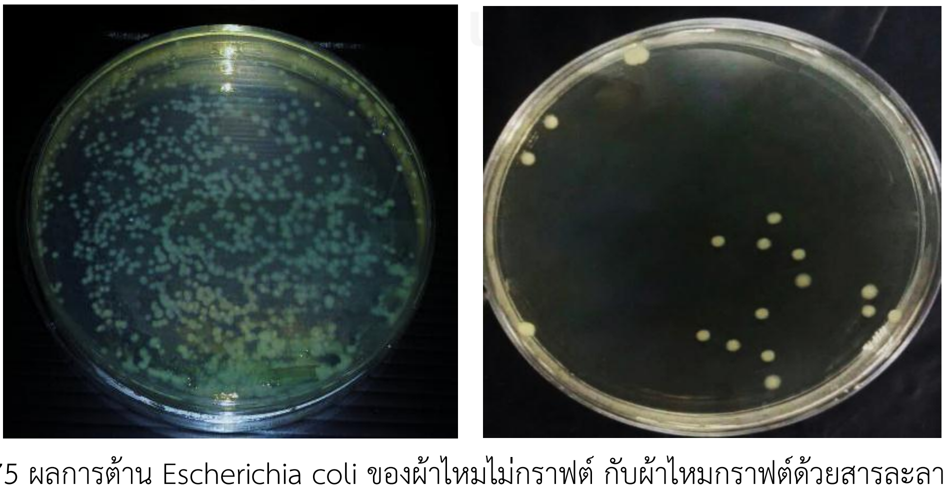
รูปที่ 72 ผลการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ของผ้าไหมที่ไม่ผ่านการกราฟต์



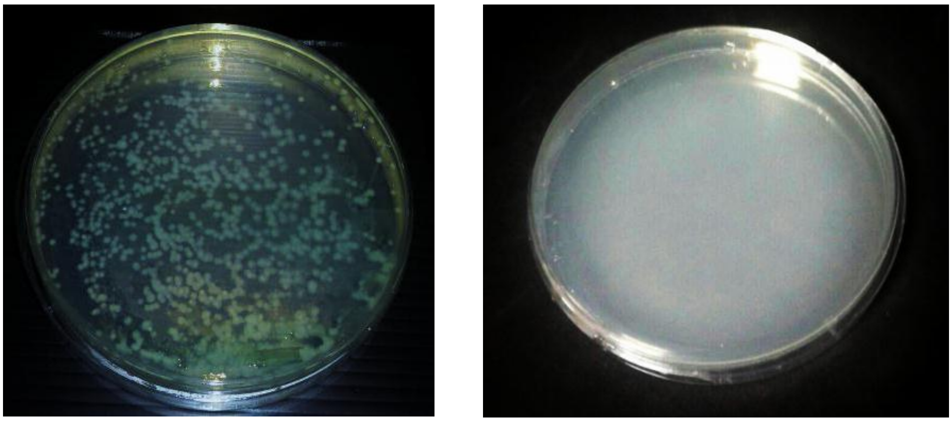
รูปที่ 73 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และไม่ซัก



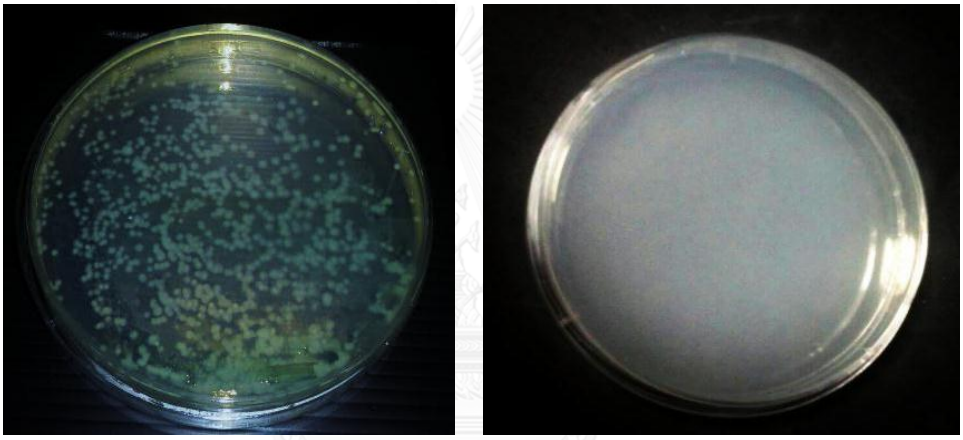
รูปที่ 74 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และซัก 1 ครั้ง



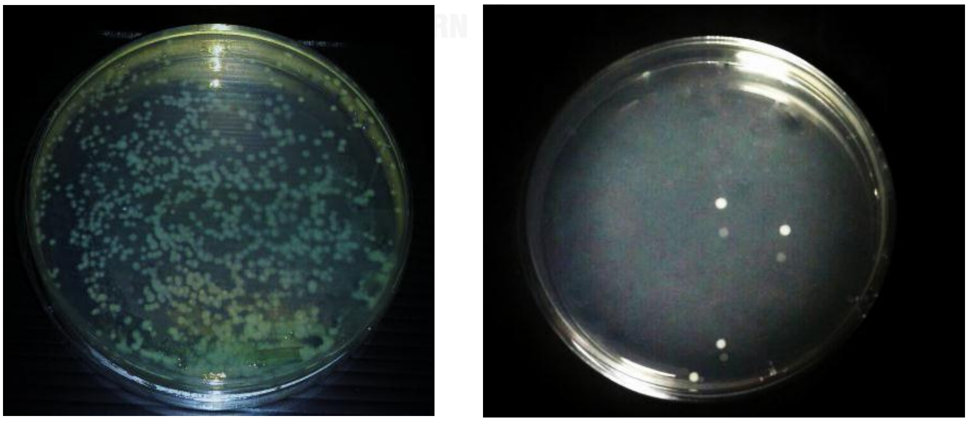
รูปที่ 75 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี และซัก 2 ครั้ง



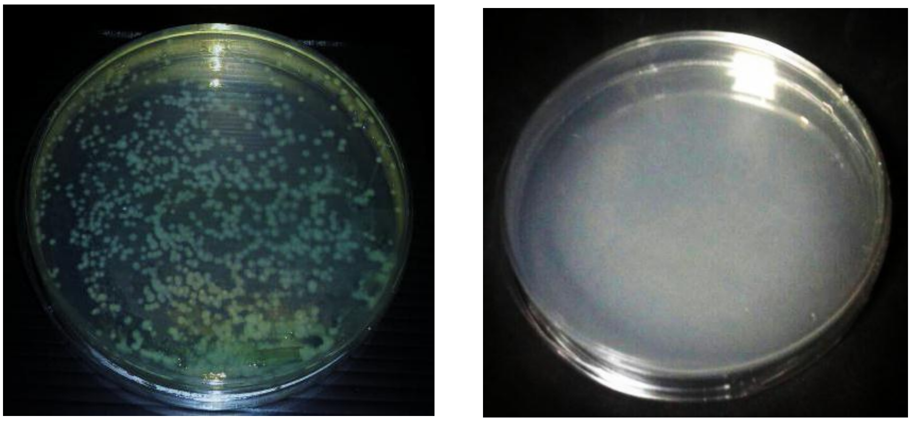
รูปที่ 76 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และไม่ซัก



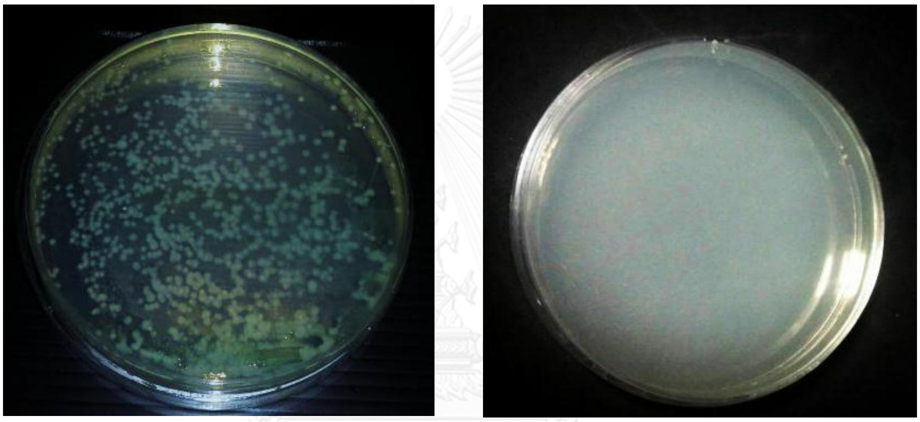
รูปที่ 77 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 1 ครั้ง



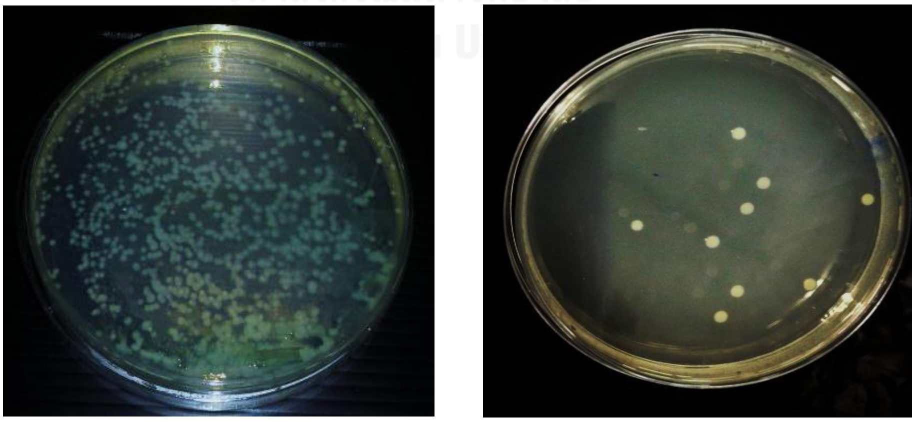
รูปที่ 78 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 10 kGy และซัก 2 ครั้ง



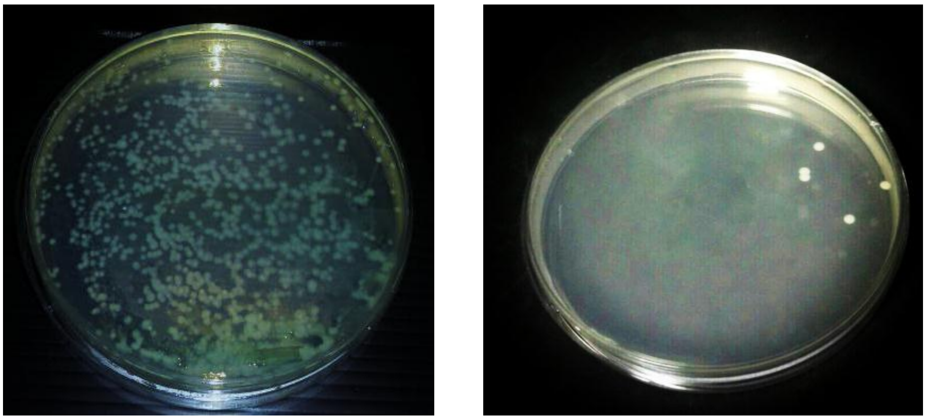
รูปที่ 79 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และไม่ซัก



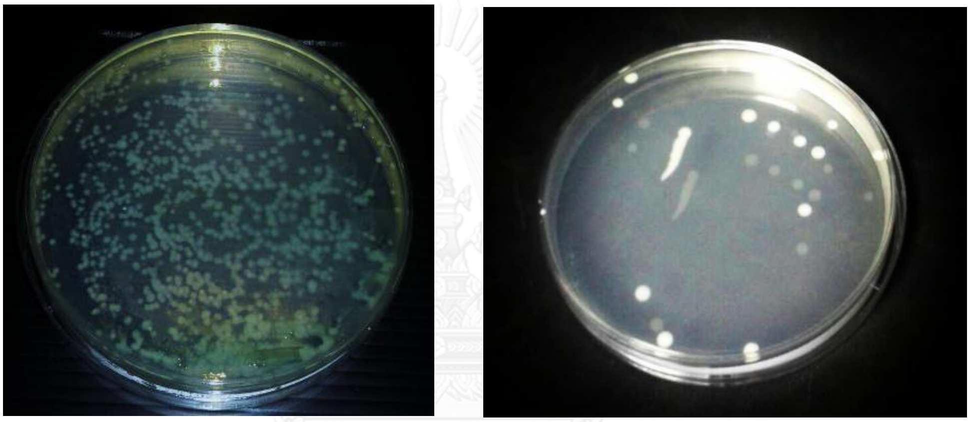
รูปที่ 80 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 1 ครั้ง



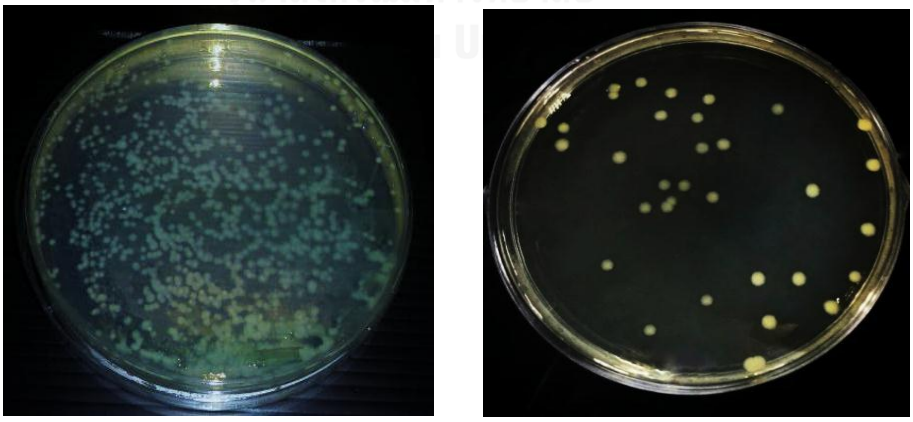
รูปที่ 81 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 30 kGy และซัก 2 ครั้ง



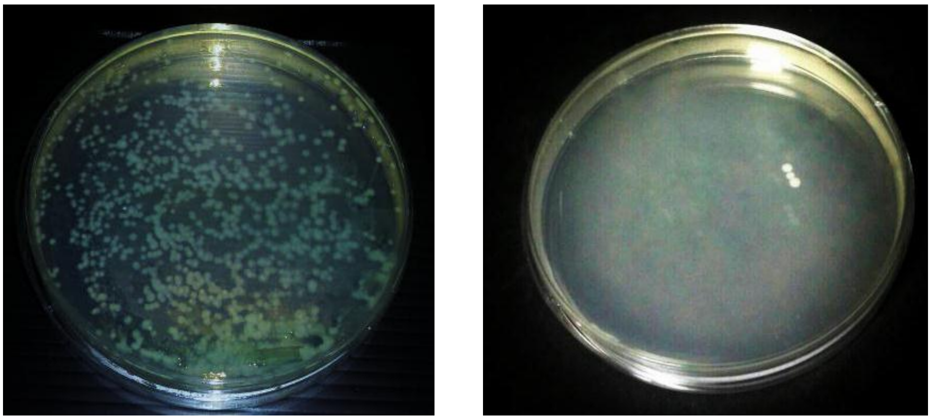
รูปที่ 82 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และไม่ซัก



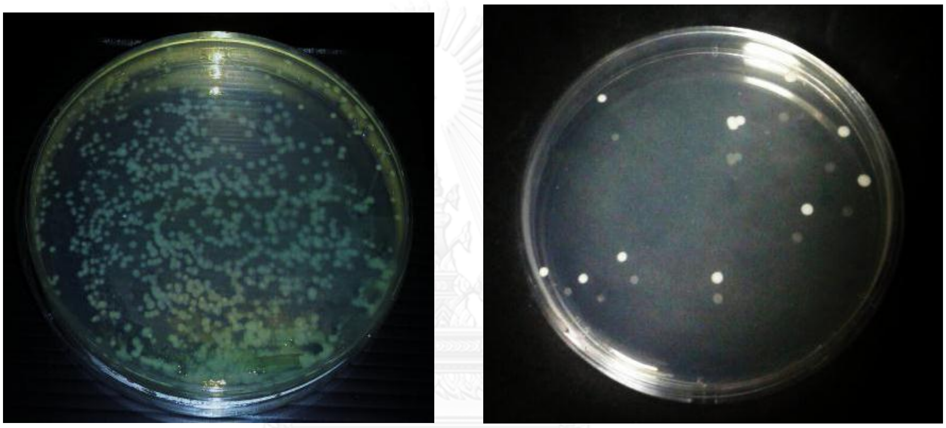
รูปที่ 83 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และ 1 ครั้ง



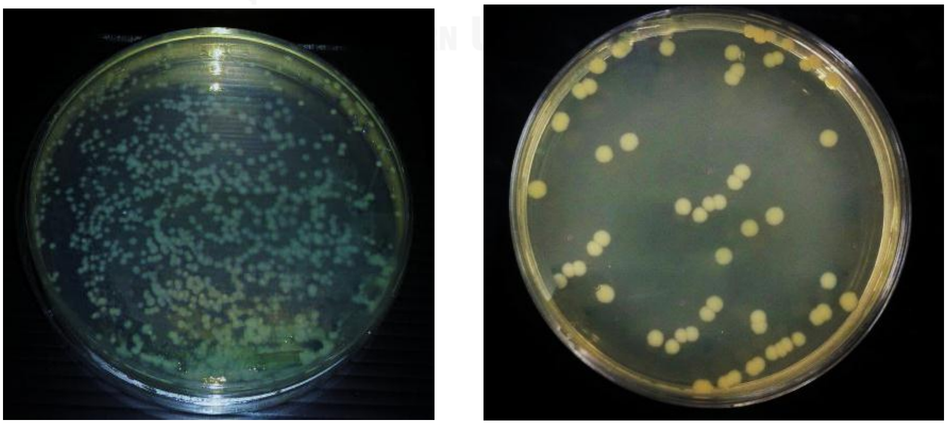
รูปที่ 84 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 50 kGy และการซัก 2 ครั้ง



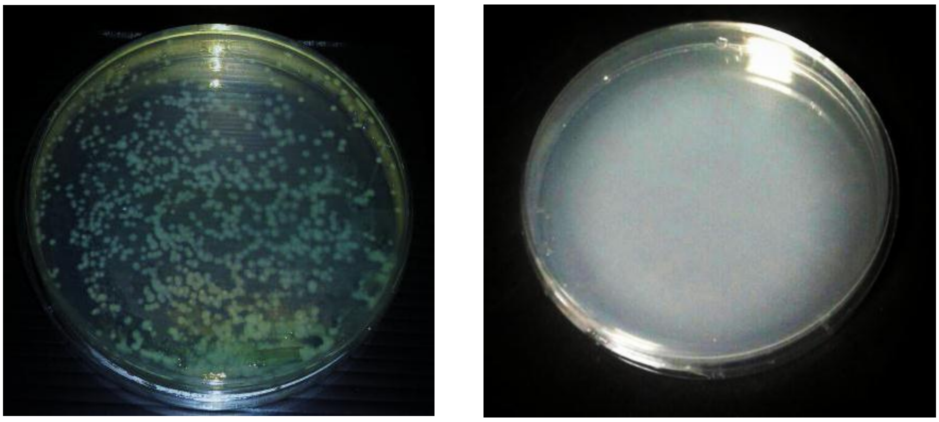
รูปที่ 85 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และไม่ซัก



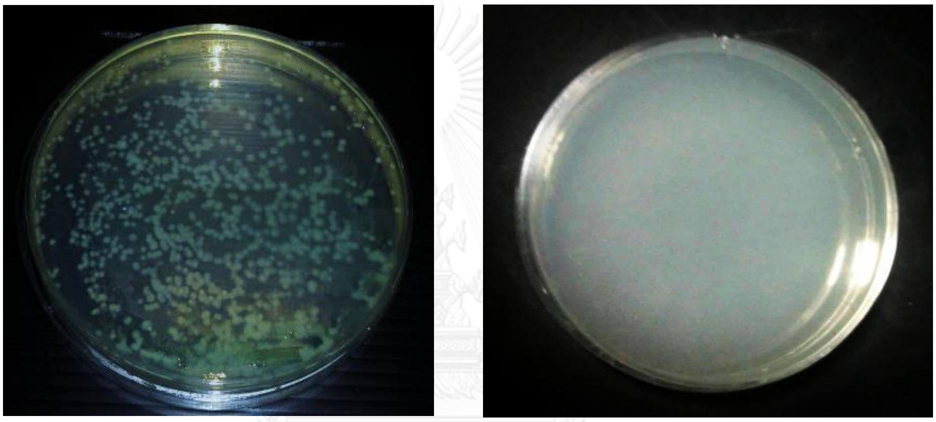
รูปที่ 86 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 1 ครั้ง



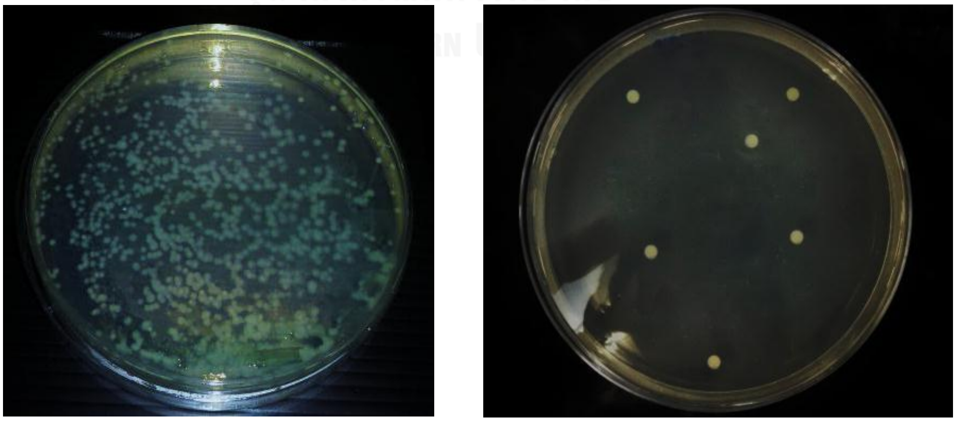
รูปที่ 87 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 70 kGy และซัก 2 ครั้ง



รูปที่ 88 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และไม่ซัก



รูปที่ 89 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 1 ครั้ง



รูปที่ 90 ผลการต้าน Escherichia coli ของผ้าไหมไม่กราฟต์ กับผ้าไหมกราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสี 90 kGy และซัก 2 ครั้ง

ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ของผ้าไหมกับขนาดโมเลกุลของไคโตซาน

ชิ้นงานผ้าไหม	ขนาดโมเลกุลของไคโตซาน (Dalton)	การต้านแบคทีเรีย Escherichia coli		
		ไม่ซัก	ซัก 1 ครั้ง	ซัก 2 ครั้ง
ไม่ใช้สารละลายไคโตซาน	0	0 %	0 %	0 %
สารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี	6.72×10^{-5}	98.75 %	98.75 %	96.26 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10kGy	4.46×10^{-5}	100.00 %	100.00 %	100.00 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 30kGy	2.81×10^{-5}	100.00 %	100.00 %	100.00 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50kGy	1.77×10^{-5}	98.75 %	98.75 %	96.00 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70kGy	1.52×10^{-5}	99.25 %	96.26 %	90.00 %
สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90kGy	1.24×10^{-5}	100.00 %	97.06 %	100.00 %

รูป 73 - 90 แสดงผลการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ของผ้าไหม พบว่าการซักครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ส่งผลให้การต้านแบคทีเรียน้อยลง และพบการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดนี้มากขึ้น

ผลการทดลองสำหรับสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy ถึงสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70 kGy เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli แปรผกผันกับปริมาณรังสีแกมมาที่ใช้กับไคโตซาน พบว่าหากยิ่งปริมาณรังสีมีค่าสูง ความสามารถในการต้านแบคทีเรียจะด้อยลง แต่สารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี และสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy กลับให้ผลที่แตกต่างออกไป

พบว่า สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 – 30 kGy ให้ผลลัพท์ที่ดีที่สุดสำหรับการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli แม้จะผ่านการซัก 2 ครั้งก็ยังต้านแบคทีเรียชนิดนี้ได้ที่ 100% ผลของ Bacteria counting test ที่ได้สอดคล้องกับ % Antibacteria for E.coli รองลงมาคือสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy ที่ให้ผลการต้านโดยรวมอยู่ที่ 98% และสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 50 kGy ที่ให้ผลการต้านโดยรวมอยู่ที่ 97% ตามลำดับ และสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี ให้ผลการต้านแบคทีเรียที่ต่ำลงมา

ผลของการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ของสารละลายไคโตซานที่ด้อยที่สุด คือ ผลของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 70 kGy ซึ่งการซักครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ส่งผลต่อการต้านแบคทีเรียชนิดนี้แบบเห็นได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับรูปที่ 71 ซึ่งแสดงผลเป็นกราฟ ซึ่งที่การซักครั้งที่ 2 ให้การต้านแบคทีเรียที่ 90%

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ของผ้าไหมเปรียบเทียบกับขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ใช้ในสารละลายไคโตซาน ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่เล็กให้ผลการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ที่ดีพอสมควร แต่ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ใหญ่ที่สุดกลับให้ผลการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ที่ด้อยกว่า

การทำนายพฤติกรรมของแบคทีเรีย Escherichia coli สามารถทำได้ยากกว่าแบคทีเรีย Staphylococcus aureus จึงให้ขนาดของโมเลกุลของไคโตซานที่ต่างกันออกไป ซึ่งเป็นผลจากการฉายรังสีแกมมา เป็นตัวกำหนดการต้านแบคทีเรีย [16]

ผลลัพธ์ที่ได้คือ ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ 4.46×10^{-5} Dalton ของไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy และขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ 2.81×10^{-5} Dalton ให้ผลที่ดีสุด รองลงมาคือขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ 1.24×10^{-5} Dalton ของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีที่ 90 kGy ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุด

การที่ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีที่ 10 - 30 kGy และ 90 kGy ให้ผลการต้านแบคทีเรีย Escherichia coli ได้ดีกว่าขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ไม่ผ่านการฉายรังสี และขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 50 kGy เพราะเป็นขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมต่อการทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียชนิดนี้ [7] ซึ่งกลไกการทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียจะเริ่มจาก Staphylococcus aureus เป็นหลัก และ Escherichia coli เป็นรอง

อย่างไรก็ตาม ภาพรวมของการใช้สารละลายไคโตซานเพื่อต้านแบคทีเรีย Escherichia coli อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก เนื่องจากผลการต้านแบคทีเรียชนิดนี้โดยรวมอยู่ที่ 90% ขึ้นไป

บทที่ 5
อภิปราย สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผ้าไหมเป็นหนึ่งในสิ่งที่บอกเอกลักษณ์ความเป็นไทย คนไทยนิยมสวมใส่ในโอกาสที่สำคัญ แต่สภาพอากาศของเมืองไทยเป็นแบบร้อน-ชื้น ผ้าไหมจึงสัมผัสกับเหงื่อที่ร่างกายผลิตขึ้น ในขณะเดียวกันผ้าไหมต้องได้รับการทำความสะอาดอย่างทะนุถนอมและพิถีพิถัน เมื่อยากแก่การซักจึงนิยมนำมาผึ่งแดดรำไรหลังการสวมใส่ ทำให้แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตในเนื้อผ้าได้

การนำผ้าไหมมากราฟต์ด้วยไคโตซานเพื่อให้ได้คุณสมบัติต้านแบคทีเรีย เริ่มจากการนำผ้าไหมมาดัดแปรด้วยดีบีดีพลาสมา แล้วชุบลงในสารละลายไคโตซาน เป็นการทำให้พอลิเมอร์ธรรมชาติ 2 ชนิดกราฟต์กัน นอกจากสามารถต้านแบคทีเรียได้แล้ว ยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

การกราฟต์ผ้าไหมด้วยไคโตซาน ทำให้ไคโตซานสามารถเกาะติดบนผ้าไหมได้นานขึ้นจากการเกิดพันธะ C แม้ไคโตซานบางส่วนหลุดออกจากการซัก แต่ยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย Staphylococcus aureus และ Escherichia coli ได้ถึง 90% ขึ้นไป

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

ที่ค่าความต่างศักย์ 5kV พบว่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้าต่ำเกินไป พลาสมาที่เกิดขึ้นในบริเวณ active site มีความไม่สม่ำเสมอ ในขณะเดียวกัน ที่ความต่างศักย์ 8-10kV หากใช้ระยะเวลาในการดัดแปรที่ 15 วินาที พบว่าพื้นผิวของผ้าไหมจะมีการเปลี่ยนสี ทำให้คุณภาพของผ้าไหมลดลง ส่งผลโดยตรงถึงคุณสมบัติทางกายภาพของผ้าไหม [12] ถึงแม้ว่าพลาสมาที่ใช้จะเป็นพลาสมาอุณหภูมิต่ำก็ตาม

ในส่วนของการเปรียบเทียบการเกาะติดของไคโตซานบนผ้าไหม ระหว่างผ้าไหมที่ไม่ได้ทำการดัดแปร กับผ้าไหมที่ทำการดัดแปรด้วยพลาสมา การแช่ผ้าไหมลงในสารละลายไคโตซานเป็นเพียงแค่การเคลือบพื้นผิวเท่านั้น ในขณะที่การดัดแปรผ้าไหมด้วยพลาสมาแล้วแช่ในสารละลายไคโตซานทันที จะเกิดการกราฟต์ของไคโตซานลงบนพื้นผิวของผ้าไหม [2] ทำให้ไคโตซานสามารถเกาะติดได้ดีกว่า

อย่างไรก็ตาม หากมองในแง่ของผ้าไหมที่ผ่านการดัดแปรด้วยพลาสมาทั้งหมด แต่กราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานผ่านการฉายรังสีที่ปริมาณรังสีต่างกัน อย่างที่ได้กล่าวไปแล้วว่าปริมาณรังสี

แกมมามีผลต่อขนาดโมเลกุลของไคโตซานในลักษณะที่แปรผันตรงกัน [16] สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีทีปริมาณรังสีสูงมีแนวโน้มที่จะมีขนาดโมเลกุลที่เล็กลง พบว่าสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 10 kGy มีประสิทธิภาพในการเกาะติดของไคโตซานที่ดีกว่าสารละลายไคโตซานที่ไม่ได้ฉายรังสี ในการนำไคโตซานมาฉายรังสีแกมมา ขนาดโมเลกุลของไคโตซานจะเล็กลง และมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่า แต่สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีมากกว่า 10 kGy กลับมีประสิทธิภาพในการเกาะติดที่น้อยลง เนื่องจากขนาดโมเลกุลที่เล็กเกินไปทำให้เกิดการกราฟต์ได้ไม่ดี [1]

ในแง่ของความคงทนต่อการซักของไคโตซานนั้น ทั้งสารละลายไคโตซานที่ไม่ได้ฉายรังสี และสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 30-90 kGy พบการหลุดออกของไคโตซาน ในทางกลับกันสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy ไม่พบการหลุดออกเลย สอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้น ซึ่งมีผลมาจากปริมาณของรังสีแกมมาที่นำมาฉายไคโตซาน ส่งผลโดยตรงต่อสารละลายไคโตซาน [16] พบว่าขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy เป็นขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมกับการกราฟต์มากที่สุด ทำให้มีการเกาะติดที่ดีที่สุด และทนต่อการซักมากที่สุด

สุดท้ายคือเรื่องของการต้านแบคทีเรีย พบว่าความสามารถในการต้าน Staphylococcus aureus ลดลงเล็กน้อยตามจำนวนครั้งในการซักและปริมาณรังสีแกมมา เช่นเดียวกับความสามารถในการต้าน Escherichia coli ลดลงเล็กน้อยตามจำนวนครั้งในการซัก แต่สามารถต้านแบคทีเรียชนิดนี้ได้ดีเฉพาะบางค่าของปริมาณรังสีแกมมา ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ต่างกันจึงมีผลต่อแบคทีเรียที่ต่างกันออกไป พบว่าไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี กับไคโตซานที่ฉายรังสี 10 และ 90 kGy สามารถต้านการเจริญเติบโตของ Staphylococcus aureus ได้ดีที่สุด และอีกทั้งไคโตซานที่ฉายรังสี 10 – 30 kGy กับไคโตซานที่ฉายรังสี 90 kGy สามารถต้านการเจริญเติบโตของ Escherichia coli ได้ดีที่สุด เนื่องจากขนาดของโมเลกุลที่ได้จากการฉายรังสี จากการทดลอง การนำไคโตซานมาฉายรังสีให้มีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมต่อการใช้ต้านแบคทีเรีย มีความสำคัญมาก เพราะการทำนายพฤติกรรมของแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถทำได้ยากมาก ไคโตซานมีผลต่อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดนี้ต่างกันตามพฤติกรรม ซึ่งพื้นผิวของไคโตซานมีความเป็นประจุบวก **เมื่อไคโตซานดูดซับส่วนที่มีความเป็นประจุลบเข้ามาในเซลล์จนเสถียรแล้ว จึงแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของแบคทีเรีย Staphylococcus aureus เป็นหลัก ส่วน Escherichia coli สามารถต้านได้ดีเป็นบางสภาวะ** [7]

5.2 สรุปผลการวิจัย

ความต่างศักย์และระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการดัดแปรผ้าไหมด้วยพลาสมา คือ ความต่างศักย์ที่ 10kV เป็นเวลา 10 วินาที ซึ่งการดัดแปรผ้าไหมด้วยพลาสมาก่อนนำไปแช่ในสารละลายไคโตซาน เป็นกระบวนการทำให้เกิดการกราฟต์ที่พื้นผิวของผ้าไหม และไคโตซานสามารถเกาะติดบนผิวผ้าไหมได้ดี โดยเฉพาะเมื่อใช้สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy พบว่านอกจากจะสามารถเกาะติดได้ดีกว่าสารละลายเดียวกันที่ปริมาณรังสีแกมมาอื่นๆ แล้ว ยังทนต่อการซักมากที่สุดอีกด้วย ถึงแม้ว่าไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีค่าอื่นๆ จะสามารถต้านแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้ดีกว่าเล็กน้อย แต่สารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 10 kGy เหมาะสมกับการนำมาใช้กราฟต์ผ้าไหมเพื่อต้านการเจริญเติบโตของมาก เพราะเพราะขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมต่อการกราฟต์ อีกทั้งยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้ง Staphylococcus aureus และ Escherichia coli ได้เกิน 90%

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ทำการทดสอบกับพลาสมาซึ่งเกิดจากก๊าซ เช่น ฮีเลียม, นีออน และก๊าซที่เป็นของผสม ว่าจะส่งผลดีหรือผลเสียในด้านใดบ้าง

2. ทำการทดสอบคุณสมบัติอื่นๆของผ้าไหม เช่น ความแข็งแรงของเส้นใย, การย้อมสีและความติดทนของสีย้อม, ความคงทนต่อการลุ่ย และ การเกิดปม-การเป็นขุย เป็นต้น

3. ทำการทดสอบกับผ้าไหมชนิดอื่น เช่น ผ้าไหมมัดหมี่, ผ้าไหมแพรวา เป็นต้น

4. ทำการทดสอบระยะและความเร็วที่เหมาะสมในการดัดแปรผ้าไหม สำหรับอุตสาหกรรม

5. ทำการทดสอบการกราฟต์กับสารต้านแบคทีเรียชนิดอื่น เช่น ซิงค์ออกไซด์ เป็นต้น

6. หาต้นทุนในการกราฟต์ไคโตซานด้วยวิธีเดิม เปรียบเทียบกับการใช้พลาสมาชนิดอื่นเพื่อทำการกราฟต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การลดมวลโมเลกุลของไคโตซานโดยการฉายรังสีแกมมา [16]

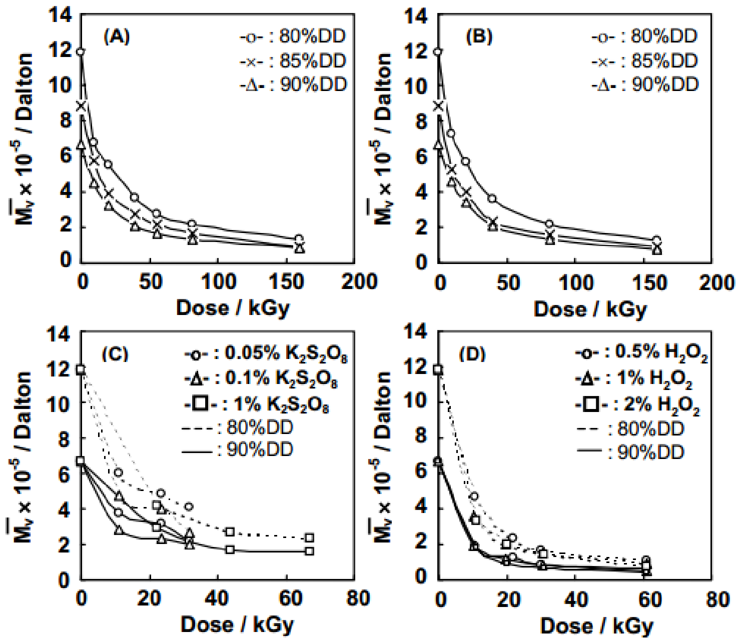
เมื่อไคโตซานถูกฉายด้วยรังสีแกมมาในระดับปริมาณเท่าไหร่ก็ตาม มวลโมเลกุลของไคโตซานจะลดลงโดยที่โครงสร้างหลักยังคงเหมือนเดิม และยังคงมีหมู่อะมิโนแซคคาไรด์ เนื่องจากไคโตซานถูกทำให้อยู่ในสภาวะที่มีและไม่มีตัวเริ่มเรดิคัล อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความว่องไวในการทำปฏิกิริยาของไคโตซาน

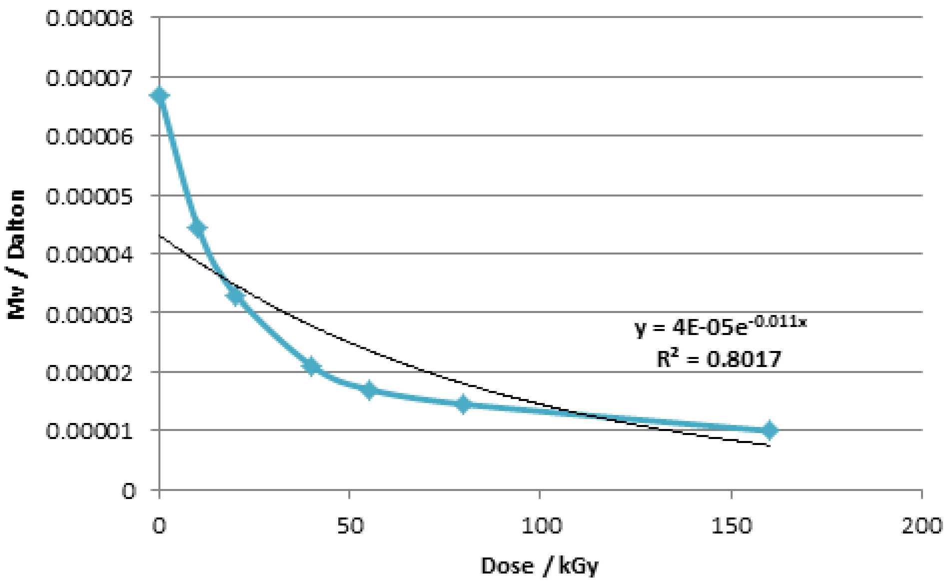
สำหรับการหามวลโมเลกุลของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา ใช้สมการความหนืด (Intrinsic viscosity) ของ Mark-Houwink สำหรับการวิจัย ไคโตซานที่ใช้มีค่า Degree of Acetylation ที่ 90% จึงใช้ค่าของตัวแปรในการคำนวณตาม DD ที่ 0.90 ดังตาราง

Data	Degree of acetylation		
	0.80	**0.85**	**0.90**
M_v (Dalton)	11.9×10^{5}	8.8×10^{5}	6.7×10^{5}
Temperature (°c)	30 ± 0.05 °c	30 ± 0.05 °c	30 ± 0.05
K (mL/g)	7.21×10^{-4}	1.69×10^{-3}	3.75×10^{-3}
a	1.004	0.953	0.902

ในไคโตซานที่มีสถานะเป็นของแข็ง หรือเป็นเกล็ดสีขาว ซึ่งผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ 5 kGy/hour จาก Cobalt-60 ให้พิจารณากราฟ A ดังรูป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University





จากกราฟ A ที่ 90%DD ได้สมการว่า $y = 4x10^{-5}exp^{-0.011x}$ และ $R^2 = 0.8017$ ทำให้เราทราบของมวลโมเลกุลของไคโตซานเมื่อผ่านการฉายรังสีแกมมาตามปริมาณที่ใช้ในการวิจัย แม้ในการวิจัย ไคโตซานที่ใช้จะผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ 5.63 kGy/hr แต่ค่าดังกล่าวนั้นมีค่าเท่ากับ 5.00 ในทางสถิติ จึงสามารถนำสมการ Exponential ที่ได้จากกราฟ A มาใช้ในการแทนค่าเพื่อหามวลโมเลกุลที่ต้องการได้เลย ซึ่งได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ɣ-ray dose (kGy)	Molecular weight (Dalton)
0	6.72×10^{-5}
10	4.46×10^{-5}
30	2.81×10^{-5}
50	1.77×10^{-5}
70	1.52×10^{-5}
90	1.24×10^{-5}

อย่างไรก็ตาม การละลายไคโตซานในการละลายกรดอะซีติก พบว่าโครงสร้างมีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ไคโตซานละลายในสารละลายกรดอะซีติกได้ยาก จำเป็นต้องใช้ความร้อนระหว่างขั้นตอนการทำละลาย ยิ่งไคโตซานมีมวลโลเลกุลขนาดเล็ก จะยิ่งละลายในสารละลายกรดอะซีติกได้ง่าย แตะลดความหนืดของสารละลายลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ASTM D 3776-98 Mass per Unit Area (Weight) of Fabric [20]

มาตรฐานการทดสอบ (Standard Test Method) น้ำหนักของผ้า โดยมีหน่วยเป็นมวลต่อพื้นที่ (Mass per Unit Area) โดยเป็นการทดสอบที่เหมาะสำรับผ้า 4 แบบดังต่อไปนี้

Option A	ผ้าขนาดเต็มผืน
Option B	ผ้าขนาดเต็มความกว้างของม้วนผ้า
Option C	ตัวอย่างผ้าชิ้นเล็ก
Option D	ผ้าตามแนวยาวของม้วนผ้า

ในการวิจัย ผ้าไหมทุกชิ้นถูกตัดให้มีขนาด 40x60 mm จึงใช้ Option C ในการทดสอบความเปลี่ยนแปลงทางน้ำหนักของผ้าไหม โดยใช้ค่าของความยาวของผ้า, ความกว้างของผ้า และ น้ำหนักของผ้าที่วัดได้ตามจริง ผ้าไหมทุกชิ้น ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก ต้องอยู่ในบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 20 ± 1°c และความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งวิธีการทดสอบแบบ Option C ไม่นิยมใช้ในการค้าขายหรือพาณิชย์ (ทางการค้าขายหรือพาณิชย์ นิยมใช้วิธีการทดสอบแบบ Option A) และต้องตัดเศษด้ายที่รุ่ยทิ้งให้หมดก่อนจะทำการทดสอบด้วย ขณะที่ทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ให้เผื่อค่าความคลาดเคลื่อนไว้ ±0.1% สำหรับน้ำหนักที่ได้ ก่อนนำมาเข้าสมการ ซึ่งนิยมใช้ทั้ง 2 สมการ แต่ทางผู้วิจัยเลือกใช้สมการที่ 1 เพื่อความเข้าใจง่ายและสามารถใช้ได้อย่างแพร่หลาย

$$\text{Mass per unit area; g/m}^2 = 10^3 G / LW \quad (1)$$

โดยที่ G = mass of fabric (kg)

L = length of fabric (m)

W = width of fabric (m)

$$\text{Mass per linear metre; g/m} = 10^3 GW / L_s W_s \quad (2)$$

โดยที่ G = mass of specimen (g)

W = width of fabric (mm)

L_s = length of specimen (mm)

W_s = width of specimen (mm)

AATCC 100 Assessment of Antibacterial Finishes on Textiles [21]

การทดสอบเชิงปริมาณของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเป็นการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธีมาตรฐาน ซึ่งคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เป็นคุณสมบัติพิเศษอย่างหนึ่งที่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภคเป็นอย่างมาก เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติดังกล่าว เช่น เครื่องนุ่งห่ม ผลิตภัณฑ์จากผ้า การันตีได้ว่าสามารถต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ ซึ่งสำคัญต่อสุขภาพของผู้สวมใส่

ในการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียด้วยวิธีมาตรฐาน จะรายงานผลเป็นร้อยละของการลดจำนวนแบคทีเรีย (% Microbial reduction) สำหรับการทดสอบวิธีมาตรฐาน NCCLS broth microdilution MIC method จะรายงานผลเป็น Minimal inhibitory concentration (% MIC) และ minimal bactericidal concentration (% MBC) ใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 24 ชั่วโมง

วิธีการทดสอบ จะเป็นการเพาะเชื้อในภาชนะที่บรรจุของเหลว ใช้อาหารเพราะเชื้อในปริมาณที่เท่ากันตลอดทั้งการทดสอบ อุปกรณ์ที่ใช้ คือ Auto spiral plate, Automate colony counter, wrist-action shaker และ Microplate reader

ข้อดีของการทดสอบ AATCC 100 คือ ผลที่ได้เป็นจำนวนปริมาณ ทั้งจำนวนแบคทีเรียที่สามารถยับยั้งได้ และจำนวนแบคทีเรียที่สามารถกำจัดได้ แต่มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถทดสอบกับผ้าที่ไม่อุ้มน้ำได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. Amit Bhattacharya, James W. Rawlins, and P. Ray, *Polymer Grafting and Crosslink*. 2009: WILEY.
2. Chi Wai Kan and Y.-L. Lam, *Low Stress Mechanical Properties of Plasma-Treated Cotton Fabric Subjected to Zinc Oxide-Anti-Microbial Treatment.* MDPI, 2013. 6: p. 314-333.
3. Chi Wai Kan, *KES-F Analysis of Low Temperature Plasma Treated Wool Fabric.* FIBRES & TEXTILE IN EASTERN EUROPE, 2008. 16(1): p. 99-102.
4. Chi Wai Kan, Kwong Chan, and Y.C.-W. Marcus, *The Possibility of Low-Temperature Plasma Treated Wool Fabric for Industrial Use.* AUTEX, 2004. 4(4): p. 37-44.
5. Chi Wai Kan and Y.C.-W.M. Kwong Chan, *Plasma Modification of Wool Fabric: Effect on Fabric Properties.* JHKITA, 1997: p. 24-32.
6. Sparavigna, A., *Plasma Treatment Advantages for Textiles.* p. 1-16.
7. Lian-Ying Zheng and J.-F. Zhu, *Study on Antimicrobial Activity of Chitosan with Different Molecular Weights.* ELSEVIER, 203. Carbohydrate Polymer 54: p. 527-530.
8. Wongsawaeng, D., *Environmentally Friendly RF Plasma Treatment Process of Thai Silk Fibers with Chitosan for Antibacterial Ability.*
9. สมาคมไหมไทย เรื่องราวเกี่ยวกับไหมไทย.
10. วิกิพีเดีย ผ้าไหมไทย.
11. กรมหม่อนไหม วงจรชีวิตไหม.
12. My~LikEz, ไหม องค์ประกอบและโครงสร้าง คุณสมบัติและการประยุกต์. 2013: silktouse.blogspot.com.
13. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไคตินและไคโตซาน.
14. Pradip Kumar Dutta, Joydeep Dutta, and V.S. Tripathi, *Chitin and chitosan chemistry, properties and application.* Journal of Scientific & Industrial Research, 2004. 63: p. 20-31.
15. สยามเคมี ไคโตซาน/ไคติน.

16. Wanvimol Pasanphan, Rangrong Yoksan, and S. Chirachanchai, *Molecular weight reduction of chitosan via γ-ray irradiation*, in *The petroleum and petrochemical college*. Chulalongkorn University.

17. วิกิพีเดีย พลาสมา.

18. U. Kogelschatz, B. Eliasson, and W. Egli, *Dieiectric-Barrier Discharges. Principle and Applications.* J. PHYS, 1997. 4(7): p. 47-66.

19. E. Moreau, A. Debien, and N.Benard, *Surface Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuators.* ERCOFTAC. 94: p. 1-10.

20. International, A., *Standard Test method for Mass Per Unit Area (Weight) of Fabric*. 2002.

21. *AATCC* 100 *Assessment of Antibacterial Finishes on Textiles*.

22. Li, C.M.Y., *The Effect of Plasma Treatment on Fabric Properties of Silk Fabric*. 2011, The Hong Kong Polytechnic University.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. Amit Bhattacharya, James W. Rawlins, and P. Ray, *Polymer Grafting and Crosslink*. 2009: WILEY.
2. Chi Wai Kan and Y.-L. Lam, *Low Stress Mechanical Properties of Plasma-Treated Cotton Fabric Subjected to Zinc Oxide-Anti-Microbial Treatment.* MDPI, 2013. 6: p. 314-333.
3. Chi Wai Kan, *KES-F Analysis of Low Temperature Plasma Treated Wool Fabric.* FIBRES & TEXTILE IN EASTERN EUROPE, 2008. 16(1): p. 99-102.
4. Chi Wai Kan, Kwong Chan, and Y.C.-W. Marcus, *The Possibility of Low-Temperature Plasma Treated Wool Fabric for Industrial Use.* AUTEX, 2004. 4(4): p. 37-44.
5. Chi Wai Kan and Y.C.-W.M. Kwong Chan, *Plasma Modification of Wool Fabric: Effect on Fabric Properties.* JHKITA, 1997: p. 24-32.
6. Sparavigna, A., *Plasma Treatment Advantages for Textiles.* p. 1-16.
7. Lian-Ying Zheng and J.-F. Zhu, *Study on Antimicrobial Activity of Chitosan with Different Molecular Weights.* ELSEVIER, 203. Carbohydrate Polymer 54: p. 527-530.
8. Wongsawaeng, D., *Environmentally Friendly RF Plasma Treatment Process of Thai Silk Fibers with Chitosan for Antibacterial Ability.*
9. สมาคมไหมไทย เรื่องราวเกี่ยวกับไหมไทย.
10. วิกิพีเดีย ผ้าไหมไทย.
11. กรมหม่อนไหม วงจรชีวิตไหม.
12. My~LikEz, ไหม องค์ประกอบและโครงสร้าง คุณสมบัติและการประยุกต์. 2013: silktouse.blogspot.com.
13. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไคตินและไคโตซาน.
14. Pradip Kumar Dutta, Joydeep Dutta, and V.S. Tripathi, *Chitin and chitosan chemistry, properties and application.* Journal of Scientific & Industrial Research, 2004. 63: p. 20-31.
15. สยามเคมี ไคโตซาน/ไคติน.
16. Wanvimol Pasanphan, Rangrong Yoksan, and S. Chirachanchai, *Molecular weight reduction of chitosan via γ-ray irradiation*, in *The petroleum and petrochemical college*. Chulalongkorn University.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

17. วิกิพีเดีย พลาสมา.
18. U. Kogelschatz, B. Eliasson, and W. Egli, *Dieiectric-Barrier Discharges. Principle and Applications.* J. PHYS, 1997. 4(7): p. 47-66.
19. E. Moreau, A. Debien, and N.Benard, *Surface Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuators.* ERCOFTAC. 94: p. 1-10.
20. International, A., *Standard Test method for Mass Per Unit Area (Weight) of Fabric*. 2002.
21. *AATCC* 100 *Assessment of Antibacterial Finishes on Textiles*.
22. Li, C.M.Y., *The Effect of Plasma Treatment on Fabric Properties of Silk Fabric*. 2011, The Hong Kong Polytechnic University.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวขวัญชนก ราบรื่นทวีสุข เกิดเมื่อวันที่ 9 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2533 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต จากภาควิชาวิศวกรรมยานยนต์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เมื่อปีการศึกษา 2555 มีประสบการณ์ทำงานเป็นนักศึกษาฝึกงาน ในตำแหน่งล่ามภาษาญี่ปุ่นและภาษาอังกฤษทางด้านกฎหมายยานยนต์ แผนกรับประกันคุณภาพ (Quality Assurance) ฝ่ายวิศวกรคุณภาพ (Quality Engineer) บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน และสถานที่ทำงาน คือนิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University