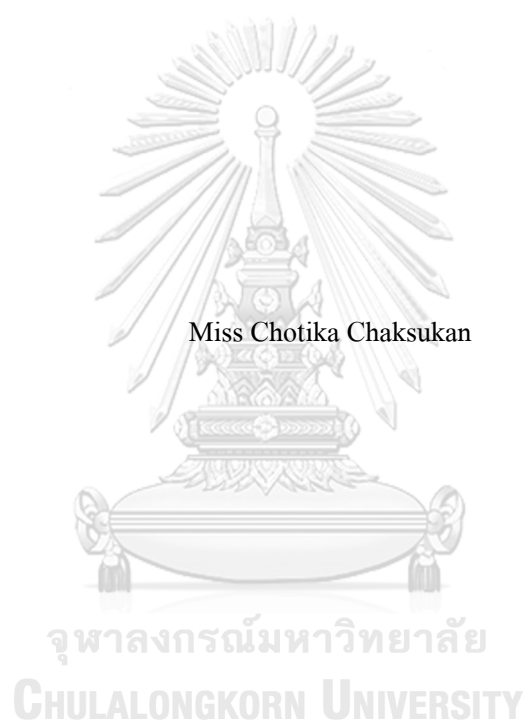


มาส์กจากแผ่นเซลลูโลสแบบที่เรียบและทอรีน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Facial masks based on Bacterial cellulose sheets and active cosmetics



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	มาส์กจากแผ่นเซลลูโลสแบบที่เรียและทอรีน
โดย	น.ส. โชติกา จักขุภรรยา
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ชุตินันท์ สกริพิพัฒน์กุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	
.....	ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พร พลเพชร)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ชุตินันท์ สกริพิพัฒน์กุล)	
.....	กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.จงใจ บั่นประนต์)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีเมฆ ชาวโพงพาง)	

โชติกา จักขุภรรยา : มาส์กจากแผ่นเซลลูโลสแบคทีเรียและทอรีน. (Facial masks based on Bacterial cellulose sheets and active cosmetics) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร. ชุติมณฑน์ สติธิพิพัฒน์กุล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตมาส์กหน้าจากแผ่นเซลลูโลสแบคทีเรีย (BC) และสารออกฤทธิ์ในเครื่องสำอาง (ทอรีน)เตรียมแผ่นมาส์กโดยนำแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสจุ่มลงในสารออกฤทธิ์ในเครื่องสำอางทอรีน โดยใช้คุณสมบัติการบวมตัว ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งของแผ่นฟิล์มแบคทีเรียเซลลูโลส โดยใช้การทำแห้งสองวิธี ทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1900 rpmและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากนั้นนำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแผ่นมาส์กโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM), สเปกโตรสโคปีแบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรด (ATR FT-IR), เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความร้อนของสาร (DSC) และเครื่องวิเคราะห์เชิงอุณหภูมิกความร้อน (TGA) พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังการทำแห้งมีเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำสูงจากทั้ง 2 เทคนิค แสดงให้เห็นว่าการทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งลดความสามารถในการบวมตัวของพอลิเมอร์ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส ทำการทดลองโดยนำแผ่นมาส์กที่ผ่านการทำแห้งแช่ในสารละลายทอรีนปริมาณ 10 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 1 และ 3 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นของทอรีนมีผลต่อความแข็งแรงเชิงกลต่อแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส วัดการปลดปล่อยทอรีนบนแผ่นมาส์ก โดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีของเหลวกับแมสสเปกโตรมิเตอร์ (Liquid Chromatography - Mass Spectrometry; LC-MS) . พบว่า โมเลกุลของทอรีนถูกปลดปล่อยที่ละน้อยจากแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสแห้งภายในเวลา 1 ชั่วโมง โดยมีการปลดปล่อยทอรีนอยู่ที่ 21.42 % หลังจากผ่านไป 1 ชั่วโมง ผลจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสมีศักยภาพในการนำมาประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอางได้

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2565

ลายมือชื่อนิติดี
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6071006121 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORD: Cellulose bacteria mechanical pretreatment roll presser taurine

Chotika Chaksukan : Facial masks based on Bacterial cellulose sheets and active cosmetics. Advisor: Prof. CHUTIMON SATIRAPIPATHKUL

The purpose of this research was to produce facial masks from bacterial cellulose (BC) sheets and active cosmetic (taurine). The masks were prepared by the incorporation of the cosmetic actives, taurine, into BC sheets by using their swelling matrix properties. The effect of drying method on BC films using two different procedures (centrifuge drying at a speed of 1900 rpm and freeze-drying) were investigated. Structural changes in the mask films were evaluated using Fourier-Transform Infrared (FT-IR), Scanning Electron Microscopy (SEM), Differential Scanning Calorimetry (DSC), and Thermogravimetric analyses (TGA). The treated films showed high water loss by both procedures, It revealed that freeze-drying reduced more swell ability of the polymer membranes. The dried BC film was immersed in 10 mL of the taurine solution (50 mM) for 1 and 3 h. The mechanical strength was affected by the concentrations of taurine employed. The release behavior of taurine in the BC film was measured by Liquid Chromatography–Mass spectrometry (LC–MS). It shows that the taurine molecules were released gradually from the dried BC films within 1 h containing about 21.42 % release of taurine after 1 h. Therefore, these results suggest that these BC films may have the potential to be used for cosmetic applications.

Field of Study: Chemical Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2022

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร.ชุตินันท์ สิริพิพัฒน์กุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. พิมพ์พร พลเพชร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศ.ดร. จุใจ ปิ่นประจักษ์ และ ผศ.ดร. ศรีเมฆ ชาวโพงพาง คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจทานและให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. สนอง เอกสิทธิ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย ห้องแล็บ และอุปกรณ์เครื่องมือ เพื่อใช้ในการทำวิจัยตลอดจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวซึ่งเป็นผู้สนับสนุนทุนการศึกษาและเป็นกำลังใจสำคัญในการเรียน การทำงาน และการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ รวมถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ เพื่อนร่วมงาน และผู้มีพระคุณที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา รวมถึงมอบกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โชติกา จักษกรรัฐ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2	7
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 มะพร้าว.....	7
2.1.1 มะพร้าว.....	7
2.1.1.1 น้ำมะพร้าว.....	8
2.1.1.2 ร้อนมะพร้าว.....	8
2.1.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะพร้าว.....	10
2.1.1.4 แบคทีเรียสายพันธุ์ <i>Acetobacter xylinum</i>	12
2.2 เซลลูโลส.....	12
2.2.1 พันธะไกลโคไซด์	14

2.3 โปर्टิน	15
2.3.1 กรดอะมิโน	15
2.3.2 โครงสร้างของกรดอะมิโน	15
2.3.3 ประเภทของกรดอะมิโน.....	16
2.3.4 กรดอะมิโนเบตา	19
2.3.4 ทอรีน 20	
2.4 การลดปริมาณน้ำ.....	22
2.5 การบีบอัด	27
2.6 การบำรุงผิวโดยมาร์สบำรุงผิว.....	27
2.7 ชนิดของมาร์สบำรุงผิว	29
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
บทที่ 3	47
3.1. การเตรียมวุ้นมะพร้าว	47
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย	47
3.3 อุปกรณ์และเครื่องแก้ว.....	48
3.4 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	49
3.4.2.1 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง.....	50
3.4.2.2 การทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง.....	50
3.4.2.2.1 ศึกษาประสิทธิภาพของการทำแห้งด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง.....	50
3.4.3 การศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส	51
3.4.5 การศึกษาคคุณสมบัติของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสในสารละลายทอรีน	51
3.4.5.1 การศึกษาคคุณสมบัติของแผ่นมาร์สลักษณะปรากฏ	51
3.4.5.2 การศึกษาการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว เส้นใย ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส.....	51

3.4.5.3 การศึกษาการปลดปล่อยสารละลายทอรีนในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส.....	51
3.4.5.3.1 วิเคราะห์เวลาที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน.....	51
3.4.5.3.2 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน	52
3.4.5.3.3 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน	52
3.4.5.3.4 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ Nicotinamide (NAM).....	52
3.4.5.4 การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นมาสก์	52
3.4.5.5 การวิเคราะห์ลักษณะของหมู่ฟังก์ชันของแบคทีเรียเซลลูโลส (Functional group).....	53
3.4.5.6 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีน	
3.4.5.6.1 การศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC	53
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง.....	54
4.1. การเตรียมแผ่นวุ้นมะพร้าวหรือแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส	54
4.2. การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการปรับสภาพ	55
4.2.1. ลักษณะทางกายภาพของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการปรับสภาพ	55
4.3. การศึกษาการลดปริมาณน้ำของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส	55
4.3.1. การลดปริมาณน้ำด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying process).....	55
4.3.2. การลดปริมาณน้ำด้วยวิธีทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง (Centrifuge drying process)	57
4.3.2.1 ทดสอบหาประสิทธิภาพของการทำแห้งด้วยวิธีปั่นเหวี่ยงของแบคทีเรีย เซลลูโลส.....	59
4.3.4. ความสามารถในการอุ้มน้ำของแบคทีเรียเซลลูโลส	61
4.4. การศึกษาแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสในสารละลายทอรีน	63
4.4.1. การวิเคราะห์ลักษณะและโครงสร้างของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส	63
4.5.1. วิเคราะห์เวลาที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน.....	69

4.5.2 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อย	71
4.5.2.1 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน.....	71
4.5.2.2 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีนที่ pH ต่างกัน	73
4.5.2.3 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ Nicotinamide (NAM)	74
4.6 การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส	75
4.7 การวิเคราะห์คุณลักษณะหมู่ฟังก์ชันของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่ด้วยทอรีน	76
4.8 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีน	80
4.9 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีน	86
บทที่ 5	88
5.1. สรุปผลการวิจัย	88
5.2 ข้อเสนอแนะ	88
ภาคผนวก.....	90
ภาคผนวก ก. เตรียมสารละลาย	91
ภาคผนวก ข	93
ภาคผนวก ค. การประเมินขนาดของรูพรุนและอนุภาคทอรีน	96
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์การปลดปล่อยของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส	98
บรรณานุกรม	106
ประวัติผู้เขียน	113

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารในวุ้นมะพร้าว	10
ตารางที่ 2 สมบัติเชิงกลของแผ่น 마스크ใยไหมเซรีซินเจลเซลลูโลสกับแผ่น 마스크กระดาษที่ขายทั่วไป	35
ตารางที่ 3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	47
ตารางที่ 4 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย	48
ตารางที่ 5 ผลของเวลาในการปั่นเหวี่ยงต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่สูญเสีย (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3).....	59
ตารางที่ 6 แสดงลักษณะทางกายภาพด้านบนและแนวขวางของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงด้วยเวลาต่างๆ	60
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบลักษณะของแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง	61
ตารางที่ 8 ภาพถ่าย SEM เพื่อศึกษาพื้นผิวแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ความเข้มข้นทอรีนต่างกัน	65
ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าการปลดปล่อยทอรีนจากแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดปั่นเหวี่ยง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3).....	72
ตารางที่ 10 ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาต่อค่าการปลดปล่อยทอรีนจากแผ่นชนิดแช่เยือกแข็ง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3).....	73
ตารางที่ 11 ผลของpHต่อการปลดปล่อยทอรีนจากแผ่นชนิดปั่นเหวี่ยง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3).....	74
ตารางที่ 12 ผลของpHต่อการปลดปล่อยทอรีนจากแผ่นชนิดแช่เยือกแข็ง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3).....	74
ตารางที่ 13 ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาต่อค่าการปลดปล่อยNAMจากแผ่นชนิดแช่เยือกแข็ง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3).....	75
ตารางที่ 14 ผลของความเข้มข้นทอรีนต่อลักษณะเชิงกลของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดปั่นเหวี่ยง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3).....	75
ตารางที่ 15 เปรียบเทียบข้อมูล TGAของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดต่างๆ.....	83
ตารางที่ 16 เปรียบเทียบข้อมูลปริมาณธาตุของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสและทอรีน.....	86
ตารางที่ 17 เปรียบเทียบข้อมูลแผ่น 마스크หลังแช่สารละลายทอรีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	87

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 โครงสร้างโมเลกุลของหน่วยเซลลูโลสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิดบีตา (1,4) ในแต่ละหน่วยย่อย และเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจนในแต่ละสายของเซลลูโลส [18]	14
รูปที่ 2 แสดง glycosidic bond ในโมเลกุลของน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide).....	14
รูปที่ 3 กรดอะมิโน มีหมู่ฟังก์ชัน R.....	16
รูปที่ 4 กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นชนิดที่ไม่มีขั้ว	16
รูปที่ 5 กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นเป็นประจุลบ.....	17
รูปที่ 6 กรดอะมิโนที่มีหมู่ R มีประจุเป็นบวก.....	17
รูปที่ 7 กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นชนิดที่ไม่มีขั้ว	18
รูปที่ 8 กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นชนิดเอไมด์ และซัลเฟอร์.....	19
รูปที่ 9 แสดงความแตกต่างระหว่างแอลฟาอะมิโนและเบตาอะมิโน	20
รูปที่ 10 โครงสร้างของทอรีน.....	21
รูปที่ 11 การเปลี่ยนสถานะของกระบวนการแช่เยือกแข็ง.....	23
รูปที่ 12 ขั้นตอนกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง.....	23
รูปที่ 13 ภาพจำลองการเกิดแรงหนีศูนย์กลาง.....	26
รูปที่ 14 เครื่องรีดแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส.....	27
รูปที่ 15 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นเจลที่ค่า pH ต่างกัน (3, 3.5, 4, 4.5, and 5).....	33
รูปที่ 16 SEM micrographs ของแผ่นมาส์กใยไหมเซรีไซริน ปล่อยเจล nanocellulose แบคทีเรียกับแผ่นมาส์กหน้าเส้นใยกระดาษที่ขายทั่วไป (scale bar = 50 μm).....	34
รูปที่ 17 ส่วนประกอบที่สำคัญของแผ่นมาส์กหน้าโดยทั่วไป.....	35
รูปที่ 18 फिल्म BC แห่งในเตาอบ (A) และการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (B) และไม่โครกราฟ SEM ของ फिल्म BC ที่แห้งด้วยเตาอบ (C) และแช่แข็งแห้ง (D).	39

รูปที่ 19 แสดงปริมาณ % เอนไซม์ไทโรซิเนสและ %การสร้างปริมาณเมลานินเมื่อใช้ AZ และ ทอ รีน	43
รูปที่ 20 SEM ของแบคทีเรียเซลลูโลส ; a) BC control, b) BC แห่สารละลายทอรีน	45
รูปที่ 21 FT-IR ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส a) BC control, b) BC แห่สารละลายทอรีน 50mM..	45
รูปที่ 22 การเตรียมและคุณลักษณะของฟองน้ำคอลลาเจน (Col) และฟองน้ำคอลลาเจนที่เติมทอรีน (Tau@Col) (A) แหล่งกำเนิดและโครงสร้างทางเคมีของทอรีน (Tau) (B) วิธีการเตรียม Col และ Tau@Col (C) SEM ของ Col (a และ b) และ Tau@Col (c และ d) ที่ 50 μ m (a และ c) ที่ 20 μ m (b และ d) (D) การปลดปล่อย Taurine ของ Tau@Col ที่ 37 $^{\circ}$ C.....	46
รูปที่ 23 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส.....	54
รูปที่ 24 ลักษณะแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสเมื่อผ่านวิธีแช่เยือกแข็ง a) ลักษณะทางกายภาพแผ่น แบคทีเรียเซลลูโลส, b) โครงสร้างแผ่นเมื่อใช้กำลังขยาย 100 เท่า	55
รูปที่ 25 ภาพ SEMของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	56
รูปที่ 26 ลักษณะของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังทำแห้งด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง (a) ลักษณะทางกายภาพแผ่น (b) โครงสร้างแผ่นแบบตัดขวางที่กำลังขยาย 100 เท่า	57
รูปที่ 27 ภาพ SEMของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง	58
รูปที่ 28 ความสามารถในการอุ้มน้ำของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการทำแห้ง.....	62
รูปที่ 29 เปอร์เซ็นต์น้ำที่หายไปของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการทำแห้ง.....	62
รูปที่ 30 เปรียบเทียบลักษณะของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่สารละลาย.....	63
รูปที่ 31 ความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายทอรีน.....	70
รูปที่ 32 ผลของเวลาที่แช่สารละลายทอรีนต่อความสามารถในการปลดปล่อย.....	70
รูปที่ 33 ผลการวิเคราะห์ FTIR ของแผ่นหลังแช่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 30 นาที.....	78
รูปที่ 34 ผลการวิเคราะห์ FTIRของ แผ่นหลังแช่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง	78
รูปที่ 35 ผลการวิเคราะห์ FTIR ของแผ่นหลังแช่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง	79
รูปที่ 36 ผลการวิเคราะห์ FTIR ของแผ่นหลังแช่สารละลายทอรีนที่pH ต่าง ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง...79	
รูปที่ 37 ผลการวิเคราะห์ Raman ของแผ่นหลังแช่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง	80

รูปที่ 38 เทอร์โมแกรม DSC ของแผ่นหลังแซ่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง.....	81
รูปที่ 39 เทอร์โมแกรม TGA ของแผ่นหลังแซ่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง	84
รูปที่ 40 เทอร์โมแกรม DTG ของแผ่นหลังแซ่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง	85



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความก้าวหน้าของนวัตกรรมในการใช้วัสดุทางธรรมชาติมาผลิตภัณฑ์ทางด้านสุขภาพและการนำวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ให้มีการนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ในประเทศไทยมีการปลูกมะพร้าวเป็นจำนวนมากและมีผลิตภัณฑ์จากน้ำมะพร้าว ซึ่งการนำส่วนที่เหลือจากน้ำมะพร้าวมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวนั้นเป็นที่ได้รับความนิยมมากขึ้น ซึ่งมีการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพให้ดีขึ้นและเหมาะสมกับสภาพผิวอย่างอ่อนโยน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการศึกษาค้นคว้าและมีงานวิจัยเพิ่มมากขึ้น เพื่อต้องการศึกษาสารสำคัญเหล่านั้นจากน้ำมะพร้าวเพื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางบำรุงผิวพรรณ

บริษัท เวิลด์ ฟู้ดส์ อินเตอร์เนชันแนล จำกัด (World Food International Co., Ltd.) เป็นบริษัทผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นที่มีการผลิตวุ้นมะพร้าวเพื่อผสมในเครื่องดื่มน้ำผลไม้ โดยรับซื้อวุ้นมะพร้าวที่ผลิตในชุมชน อ้อมน้อย อำเภอกะทู้มบะน จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งมีกระบวนการผลิตวุ้นมะพร้าว โดยเริ่มจากการเพาะเลี้ยงวุ้นมะพร้าวให้ได้คุณสมบัติและขนาดตามที่โรงงานต้องการ แต่ยังมีบริเวณส่วนผิวด้านบนของวุ้นมะพร้าวมีลักษณะไม่เรียบเนียน ไม่สม่ำเสมอตามมาตรฐานกำหนด จึงต้องมีการตัดบริเวณผิวหน้าออกเพื่อให้ได้วุ้นมะพร้าวสำหรับพร้อมผลิตในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ ส่งผลให้วุ้นมะพร้าวที่มีลักษณะไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งมากกว่า 3 ตันต่อวันทำให้เกิดปัญหาในการกำจัดทิ้งและเป็นการสูญเสียในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังมีต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดทิ้งที่มีราคาสูงทำให้เพิ่มต้นทุนในการผลิตอีกด้วย ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงมีการนำวัสดุวุ้นมะพร้าวเหลือทิ้งมาศึกษาเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยต้องลดปริมาณที่อยู่ภายในโครงสร้างของวุ้นมะพร้าวเพื่อให้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

วุ้นมะพร้าว เป็นที่รู้จักกันในชื่อ “NATA de coco” เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระบวนการหมักน้ำมะพร้าว ซึ่งเป็นของเหลือทางการผลิตวุ้นมะพร้าว โดยกิจกรรมของแบคทีเรียกรดน้ำส้ม (Acetic acid bacteria) ที่พบได้ทั่วไปในการทำน้ำส้มสายชูหมักตามธรรมชาติ แบคทีเรียนี้มีชื่อเรียกว่า *Acetobacter xylinum* ผลผลิตจากกระบวนการหมักของแบคทีเรียคือโพลิแซคคาไรด์ หรือที่เรียกกันว่า วุ้นน้ำมะพร้าว ซึ่งแผ่นวุ้นนี้เป็นเซลลูโลส (Bacterial cellulose) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะเบต้า -1,4 ไกลโคซิดิก (B-1,4 glycosidic bond) และกรดน้ำส้ม (กรดอะซิติก) ซึ่งมีรสเปรี้ยว ซึ่งน้ำมะพร้าวอุดมไปด้วยสารอาหารที่สำคัญต่อร่างกาย

และผิวหนัง อีกทั้งยังสามารถนำมาผลิตแผ่นไบโอเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความยาวโมเลกุลตั้งแต่ 1,000 ถึง 10,000 โมเลกุล มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ดูดซึมน้ำได้ดี มีลักษณะเป็นรูพรุนจำนวนมากทำให้อากาศและน้ำหรือสารต่าง ๆ ซึมผ่านได้ดี อีกทั้งยังมีความบริสุทธิ์ของเซลลูโลสสูง เนื่องจากมีเส้นใยขนาดนาโน และโปร่งใส เป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายเองทางธรรมชาติ จึงไม่มีความเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อเซลล์[1] ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และทางการแพทย์ แผ่นปิดแผลไฟไหม้ เพราะน้ำมะพร้าวมีคุณสมบัติที่ให้ความเย็น [2]

ทอรีน (Taurine หรือ 2-Aminoethane Sulfonic Acid) เป็นกรดอะมิโนอิสระชนิดเบตา (β -amino acid) ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบแต่ไม่เป็นกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีน (Non Protein Amino Acid) ภายในโครงสร้างของทอรีนมีกำมะถันหรือซัลเฟอร์ (Sulfur) เป็นองค์ประกอบและร่างกายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมนั้นสามารถสร้างทอรีนขึ้นมาเอง โดยชื่อของทอรีน (Taurine) นั้นมีรากศัพท์มาจากภาษาลาตินที่แปลว่า ราศีมฤกษก ซึ่งหมายความว่า วัว ซึ่งเป็นการตั้งชื่อตามแหล่งที่พบทอรีนครั้งแรก เพราะสามารถแยกได้จากน้ำดีของวัวในปี ค.ศ.2827 จากนั้นในปี ค.ศ.1846 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันจึงได้ค้นพบทอรีนในน้ำดีของมนุษย์ สำหรับประเภทของทอรีนจากการศึกษาวิจัยพบว่า ทอรีนเป็นกรดอะมิโนอิสระที่มีเพียงประเภทเดียว แต่รูปแบบของทอรีนในปัจจุบันนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ทอรีนที่มีอยู่ในแหล่งอาหารต่าง ๆ และทอรีนสังเคราะห์ ซึ่งสังเคราะห์ได้จากการแอมโมเนียมของกรด isethionic (กรด 2-hydroxyethanesulfonic) ซึ่งจะได้รับจากปฏิกิริยาของเอทิลีนออกไซด์กับโซเดียมไบซัลไฟต์ในน้ำ ส่วนทอรีนที่สังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสามารถสังเคราะห์ได้โดยการอัลคิเลชันของแอมโมเนียด้วยเกลือโบรมอเอธานซัลโฟเนต [3]

ทอรีนเป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ โดยเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของซิสเทอีน (Cysteine) และเมธไธโอนีน (Methionine) และเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำดี สามารถพบได้ในลำไส้ใหญ่และมีสัดส่วนถึง 0.1% ของน้ำหนักตัวทั้งหมด และทอรีนจะถูกขับออกทางปัสสาวะ นอกจากนี้ยังพบว่า ทอรีนมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของมนุษย์เป็นอย่างมากโดยเฉพาะในวัยเด็ก ซึ่งหากเด็กมีภาวะขาดทอรีนอาจทำให้เกิดการเจริญเติบโตได้ช้ากว่าปกติและถ้ามีภาวะขาดทอรีนอย่างรุนแรงอาจทำให้เกิดอาการเซื่องซึม ผอมเปลี่ยนสี ตับถูกทำลาย และจะสูญเสียกล้ามเนื้อและไขมัน ทอรีนมีบทบาทในการทำงานของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น สมอง หัวใจ ตับ กล้ามเนื้อลาย เรตินาและในเลือดซึ่งหากอวัยวะเหล่านี้มีการทำงานผิดปกติก็จะทำให้มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ ทอรีนยังเป็นหนึ่งในสารที่ส่งผลต่อการพัฒนาระบบ

ประสาทและสมอง ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของมนุษย์ช่วยลดความดันโลหิต ช่วยควบคุมระดับโคเลสเตอรอลในเลือด และทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้อีกด้วย ทั้งนี้ทำให้ทอรีนมีบทบาทในการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระในเนื้อเยื่อ ส่งผลต่อการรักษาสมดุลของสารละลายและน้ำในร่างกาย ช่วยการเพิ่มจำนวนเซลล์ รวมทั้งควบคุมการอักเสบของผิวหนังและการผลิตคอลลาเจน

ผลิตภัณฑ์มาส์กหน้าได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันและเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในด้านการดูแลผิวหน้าให้ชุ่มชื้น ทั้งนี้ยังสามารถใช้ได้อย่างสะดวก เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายและราคาไม่แพง ซึ่งมาส์กหน้าจะมีส่วนผสมที่ของสารบำรุงผิวที่มีความเข้มข้นโดยวิธีการคือ สารบำรุงจะเคลือบผิวหน้าไว้ เป็นการเพิ่มการบำรุงอย่างล้ำลึก โดยทั้งนี้มาส์กที่มีในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ เป็นแบบครีม หรือเป็นแบบแผ่น เนื่องจากมาส์กแบบแผ่นนั้นสามารถตอบสนองความต้องการผู้บริโภคได้เป็นอย่างมากและสามารถพัฒนาได้หลายรูปแบบ ในด้านอุตสาหกรรมเครื่องสำอางในปัจจุบัน มีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของสารเคมีในปริมาณที่น้อย แผ่นวุ้นมะพร้าวจึงมีเส้นใยชีวภาพจากน้ำมะพร้าวมีลักษณะเป็นเส้นใย 3 มิติ ซึ่งมีความละเอียดและหนาแน่นกว่าเส้นใยกระดาษหรือผ้าถึง 500 เท่า มีคุณสมบัติดูดซับสารบำรุงผิวหน้าได้ดี และเมื่อนำมาใช้กับสารบำรุงผิวทำให้สารละลายระเหยออกช้ากว่า ทำให้มีช่วงเวลาการบำรุงผิวหน้าได้ยาวนานสามารถนำมาทดแทนมาส์กจากกระดาษได้ดีเนื่องจากมีความยืดหยุ่นสูง ดูดซับสารบำรุงเพื่อปล่อยสู่ผิวได้มากกว่ามาส์กกระดาษและมีคุณสมบัติในการให้ความชุ่มชื้นกับผิวทำให้ผิวเย็นสบาย แผ่นมาส์กวุ้นมะพร้าวยังมีคุณสมบัติที่แนบสนิทไปกับผิวหน้าได้ดี ต่างจากแผ่นมาส์กแบบกระดาษหรือผ้าที่หลุดลอกได้ง่าย

ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีผู้วิจัยมีแนวคิดทำงานวิจัยเพื่อพัฒนาวัตถุดิบเหลือจากวุ้นมะพร้าวที่ไม่สามารถนำไปรับประทานได้ จึงเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นมาส์กบำรุงผิวหน้าจากวุ้นมะพร้าว ประกอบกับทางโรงงานผลิตวุ้นมะพร้าว ได้ประสบกับปัญหาการเหลือทิ้งจากวุ้นมะพร้าวจำนวนมาก ซึ่งปัจจุบันนี้ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ เนื่องจากยังไม่สามารถพัฒนากระบวนการผลิตให้สามารถนำมาใช้งานได้จริง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนากระบวนการผลิตแผ่นมาส์กจากวุ้นมะพร้าวมีการกำจัดปริมาณน้ำในแผ่นวุ้นมะพร้าวเดิม ด้วยเทคนิคการทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งและการทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยงจากนั้นนำไปแช่ในสารละลายทอรีน ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในเวลาที่ต่างกัน นำไปทดสอบการปลดปล่อยเพื่อเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการพัฒนาแผ่นมาส์ก เพื่อให้เหมาะต่อการใช้งานและสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผลจากงานวิจัยนี้จะทำให้ชาวบ้านที่ผลิตวุ้นมะพร้าวได้เรียนรู้วิธีการผลิตแผ่นมาส์กจากวุ้นมะพร้าวที่เหลือทิ้งหลังจากส่งให้กับโรงงานด้วยวิธีที่ถูกต้อง และสามารถ

นำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการสร้างมูลค่าให้กับชุมชนมะพร้าว ส่งผลให้เกิดความคุ้มค่าในการใช้ของเหลือใช้ และผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ด้วยปัญหาดังกล่าวข้างต้น โรงงานจึงมีความประสงค์ที่จะขอความร่วมมือทางด้านวิชาการในการทำวิจัย เพื่อปรับปรุงคุณภาพ ให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง สามารถเก็บไว้ได้นานโดยประสิทธิภาพไม่เปลี่ยนแปลง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาวิธีการเตรียมแบคทีเรียเซลล์ูโลสโดยลดปริมาณน้ำโดยยังรักษาความสามารถในการดูดซับ

1.2.2 ศึกษาคุณสมบัติของแผ่นแบคทีเรียเซลล์ูโลสหลังแช่สารละลายทอริ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 การเตรียมแผ่นแบคทีเรียเซลล์ูโลสโดยใช้สารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1 โมลาร์ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เพื่อยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรีย ฟอกสีและปรับสภาพค่าพีเอชให้เป็นกลางด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นนำมาวัดขนาดเพื่อตัดให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความกว้าง 3 เซนติเมตร ความยาว 3 เซนติเมตร ตัดขนาดให้เท่ากัน

1.3.2 การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นแบคทีเรียเซลล์ูโลสที่ผ่านการปรับสภาพ

1.3.2.1 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นแบคทีเรียเซลล์ูโลสที่ผ่านการปรับสภาพ

1.3.3 การศึกษาการลดปริมาณน้ำของแบคทีเรียเซลล์ูโลส โดยยังรักษาความสามารถในการดูดซับน้ำซึ่งเป็นจุดเด่นของแบคทีเรียเซลล์ูโลสไว้โดยศึกษาทั้งหมด 2 วิธี ได้แก่ แช่เยือกแข็งและปั่นเหวี่ยง

1.3.3.1 การลดปริมาณน้ำด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying process) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ด้วยเครื่อง Freeze dryer อุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

1.3.3.2 การลดปริมาณน้ำด้วยวิธีทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง (Centrifuge drying process) นำแผ่นแบคทีเรียเซลล์ูโลสทำการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นแห้งเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินออกด้วยความเร็วรอบ 1900 รอบต่อนาทีเป็นระยะเวลา 5 นาทีและนำไปรีดด้วยเครื่องรีดม้วน โดยใช้ความกว้างระหว่างแกนหมุน 0.1 มิลลิเมตร

1.3.3.2.1 ทดสอบหาประสิทธิภาพของการทำแห้งด้วยวิธีปั่นเหวี่ยงของแบคทีเรีย
เซลลูโลส

1.3.3.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของแบคทีเรียเซลลูโลส

1.3.4 การศึกษาคุณสมบัติแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่สารละลายทอรีน

1.3.4.1 ลักษณะทางกายภาพ สี และความหนาของแผ่นมาส์ก

1.3.4.2 วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสด้วยการส่องกล้อง
จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM)

1.3.4.3 การศึกษาการปลดปล่อยสารละลายทอรีนในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส ด้วย
เครื่อง Liquid Chromatography-Mass Spectrometer; LC-MS

1.3.4.3.1 วิเคราะห์เวลาที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน

1.3.4.3.2 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน

1.3.4.3.3 วิเคราะห์ค่า pH ที่เปลี่ยนไปของทอรีน

1.3.4.4 คุณสมบัติเชิงกลของแผ่นมาส์กโดยทดสอบความต้านแรงดึง (Tensile test)
วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Universal testing machine

1.3.4.5 วิเคราะห์ลักษณะของหมู่ฟังก์ชันของผงแบคทีเรียเซลลูโลสด้วยเครื่องฟูเรียร์
ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrometer; FTIR)

1.3.4.6 การวิเคราะห์ลักษณะของการสร้างพันธะด้วยเครื่องรามานสเปกโทรสโกปี
(Raman spectroscopy)

1.3.4.7 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีน

1.3.4.7.1 การศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค Differential
Scanning Calorimetry; DSC

1.3.4.7.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นทอรีนต่อเสถียรภาพทางความร้อน
ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส Thermogravimetric Analysis; TGA

1.3.4.8 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่ทอรีน ด้วย
เทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectrometer; EDS

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ความรู้ในการเตรียมสภาวะเหมาะสมในการเตรียมแผ่นวุ้นมะพร้าว

1.4.2 ทราบถึงวิธีการที่เหมาะสมในการลดปริมาณน้ำของแผ่นมาสก์กั๊นมะพร้าว

1.4.3 พัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นมาสก์บำรุงผิวหน้าจากกั๊นมะพร้าวที่แฉะสารละลายทอรีน เพื่อ
ประยุกต์ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะพร้าว

2.1.1 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงเนื่องจากในแต่ละส่วนของมะพร้าวประกอบด้วยสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพแตกต่างกันไป เช่น น้ำมะพร้าวเป็นส่วนที่มีองค์ประกอบทางพฤกษเคมีหลากหลายโดยมีลักษณะเด่น ที่มีแร่ธาตุสูงจึงสามารถนำไปใช้ดื่มแทนเครื่องดื่มเกลือแร่ได้ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก วิตามิน เอนไซม์ ฮอริโมน และเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโต ซึ่งส่งผลให้น้ำมะพร้าวมีศักยภาพในการป้องกันและรักษาโรคได้ ดังนั้น มะพร้าวจึงเป็นพืชที่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนว่าสามารถใช้ในการป้องกันและรักษาโรคได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับสัตว์ทดลองเท่านั้น จึงต้องมีการศึกษาต่อไปในมนุษย์

ความสามารถในการแข่งขันในตลาดมะพร้าวโลกสถานการณ์ มะพร้าวในแหล่งผลิตอย่างประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม พม่า และไทย มีแนวโน้มผลผลิตลดลง เนื่องจากหันไปปลูกปาล์มมากขึ้น แต่ความต้องการใช้มะพร้าวกลับเพิ่มขึ้น ประกอบกับภาวะภัยแล้ง และพื้นที่ปลูกสำคัญได้รับความเสียหายจากแมลง รวมทั้งประเทศผู้ส่งออกไม่ผลักดันการส่งออกผลมะพร้าวมายังประเทศไทย ส่งผลให้ราคามะพร้าวผลและกะทิในไทยสูงขึ้น เพื่อสำรองผลผลิตไว้ทำเป็นผลิตภัณฑ์จากมะพร้าว เช่น นมมะพร้าว เพื่อส่งออกไปยังประเทศจีนที่มีความต้องการสูงในขณะนี้ ส่วนราคามะพร้าวผลใหญ่ขณะนี้ ราคาปรับสูงขึ้น

สำหรับพื้นที่ปลูกมะพร้าวของประเทศไทยพบว่า พื้นที่ปลูกและผลผลิตมะพร้าวมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากพื้นที่บางส่วนถูกทดแทนด้วยปาล์มน้ำมัน โดยปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวอยู่ประมาณ 1.610 ล้านไร่ จาก 2.549 ล้านไร่ในปี 2549 ส่งผลให้พื้นที่เก็บเกี่ยวลดลงเช่นกัน แต่ในทางกลับกันเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตพบว่า ผลผลิตมะพร้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นจาก 606 กิโลกรัม/ไร่ ในปี 2549 เป็น 1,077 กิโลกรัม/ไร่ ในปี 2550 สำหรับสาเหตุที่ทำให้พื้นที่ปลูกมะพร้าวลดลง เป็นผลมาจากพื้นที่ปลูกมะพร้าวส่วนใหญ่เป็นมะพร้าวอายุมากจึงทำให้ประสิทธิภาพต่อพื้นที่ต่ำ และต้องปลูกทดแทนด้วยพันธุ์ดี รวมทั้งเกษตรกรมีความต้องการมะพร้าวพันธุ์ดีปีละ 2 แสนหน่อ แต่กรมวิชาการเกษตรสามารถผลิตได้ 41,495 หน่อ เนื่องจากขาดแคลนงบประมาณในการขยายสวนแม่พันธุ์และบำรุงรักษาพ่อ-แม่พันธุ์มะพร้าว

ขณะเดียวกัน เกษตรกรต้องประสบปัญหาแมลงศัตรูพืชระบาด เช่น แมลงดำหนาม และมีมะพร้าวราคาถูกที่นำเข้ามาทดแทนมะพร้าวผลภายในประเทศ

2.1.1.1 น้ำมะพร้าว

น้ำมะพร้าวนั้นดีต่อสุขภาพผิว เพราะเต็มไปด้วยสารอาหารจากธรรมชาติหลายชนิด เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และวิตามินซี ที่มีส่วนช่วยให้ผิวพรรณเปล่งปลั่งสดใส กระชับ และป้องกันอันตรายจากแสงแดด นอกจากนี้ยังมีสารที่ช่วยชะลอความเสื่อมสภาพของเซลล์ผิว ทำให้ผิวพรรณดูอ่อนเยาว์ ปราศจากริ้วรอย และด้วยฮอร์โมนเอสโตรเจนที่มีอยู่มากในน้ำมะพร้าว จึงมีประโยชน์ในการบำรุงสุขภาพของผู้หญิง และยังรักษาผดผื่นคันที่เกิดจากอาการแพ้หรือเชื้อแบคทีเรียบริเวณผิวหนังที่มีอาการคัน จะช่วยลดการติดเชื้อ ทำให้ผดผื่นคันลดลง และยังช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิวหนัง ลดอาการระคายเคือง อีกทั้งน้ำมะพร้าวยังมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อการสร้างคอลลาเจนและอีลาสติน ซึ่งทำให้ผิวมีความยืดหยุ่นกระชับ ช่วยชะลอการเกิดริ้วรอยแห่งวัยได้เป็นอย่างดี

2.1.1.2 วนมะพร้าว

วนสวรรค์เป็น gelatinous bacterial cellulose ประกอบไปด้วยเส้นใยละเอียดของเซลลูโลสที่อยู่ในรูปของเจลที่เรียกว่า cellulose microfiber ลักษณะของวนที่ได้เป็นเยื่อเหนียว มีสีขาวหรือครีม มีหลายชื่อเรียก เช่น วนน้ำส้ม วนสวรรค์ วนมะพร้าว ลูกพร้าว เห็ดชาแดง และเห็ดรัสเซีย นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียสกุลอื่น ๆ ที่สามารถสร้างเซลลูโลสได้เช่น *Rhizobium sp.*, *Alcaligenes sp.*, *Agrobacterium sp.*, *Pseudomonas sp.* และ *Trichoderma reesei* เป็นต้น [4] การผลิตเซลลูโลสในรูปของวนสวรรค์สามารถเลือกใช้วัตถุดิบได้หลายชนิด เช่น น้ำมะพร้าว น้ำสับปะรด

วนมะพร้าว หรือ วนน้ำมะพร้าว หรือ ที่ภาษาอังกฤษเรียกว่า “ NATA de coco ” เป็นผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมเกษตรที่น่าสนใจ เพราะสามารถผลิตได้ง่ายและต้นทุนในการผลิตต่ำ ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Acetobacter aceti* subspecies *xylinum* หรืออาจเรียกสั้นๆ ว่า *A. xylinum* แผ่นวนที่เกิดจากการหมักโดยจุลินทรีย์ *Acetobacter xylinum* เรียกแบบย่อว่า *A. xylinum* โดยมีต้นกำเนิดมาจากในประเทศฟิลิปปินส์ การเรียกชื่อวนมะพร้าวจะเรียกตามชนิดวัตถุดิบที่นำมาหมัก หากหมักด้วยน้ำมะพร้าวทางฟิลิปปินส์จะเรียกว่า Nata de coco โครงสร้างทางเคมีเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะเบตา-1,4 ไกลโคซิดิก (b-1,4 glycosidic bond) หรืออาจเรียกว่าเป็นเนื้อเยื่อประเภทเซลลูโลส จากโครงสร้างทางเคมีของวนน้ำมะพร้าวทำให้น้ำย่อย

หรือเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ จึงถูกจัดเป็นสารอาหารประเภทเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) และจากคุณสมบัตินี้จึงทำให้สามารถใช้วุ้นน้ำมะพร้าวเป็นส่วนของอาหารในการลดน้ำหนักได้ และมีประโยชน์ในแง่การส่งเสริมสุขภาพช่วยระบบขับถ่าย วุ้นน้ำมะพร้าวสามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารคาวหวานได้หลายชนิด เช่น วุ้นลอยแก้ว รวมนม นมมาแทน น้ำปลาหมึกหรือแมงกะพรุนในอาหารประเภทต่าง ๆ นอกจากนี้ยังนิยมนำมาผสมในเยลลี่ โยเกิร์ต และไอศกรีม [5]

โครงสร้างทางเคมีของวุ้นน้ำมะพร้าวทำให้น้ำย่อยหรือเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ จึงถูกจัดเป็นสารอาหารประเภทเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) และจากคุณสมบัตินี้จึงทำให้สามารถใช้วุ้นน้ำมะพร้าวเป็นส่วนของอาหารในการควบคุมน้ำหนักได้ และมีประโยชน์ในแง่การส่งเสริมสุขภาพช่วยระบบขับถ่าย ช่วยเพิ่มปริมาณอุจจาระ ทำให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น เป็นส่วนช่วยให้ผู้มีปัญหาทางเดินอาหารไม่ปกติ ช่วยป้องกันลำไส้ใหญ่ และเส้นใยของวุ้นมะพร้าวมีลักษณะเป็นเจลซึ่งร่างกายสามารถนำมาใช้ได้ง่ายกว่าเส้นใยจากพืช วุ้นมะพร้าว เป็น gelatinous bacterial cellulose ประกอบไปด้วยเส้นใยละเอียดของเซลลูโลสที่อยู่ในรูปของเจลที่เรียกว่า cellulose microfiber ลักษณะของวุ้นที่ได้เป็นเยื่อเหนียว มีสีขาวหรือครีม [6]



ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารในวุ้นมะพร้าว

สารอาหาร	ปริมาณ [6]
น้ำ	94.40 %
ไขมัน	0.05 %
ไฟเบอร์	1.10 %
เถ้า	0.77 %
คาร์โบไฮเดรต	3.00 %
แคลเซียม	34.5 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม
เหล็ก	0.20 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม
ฟอสฟอรัส	22.00 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม
ไทอามีน	0.01 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม
ไรโบเฟลวิน	0.06 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม
ไนอาซิน	0.22 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม

2.1.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของวุ้นมะพร้าว

วุ้นมะพร้าวเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารอาหารหลากหลายชนิด โดยปกติวุ้นมะพร้าว 100 กรัม ประกอบด้วยน้ำ 94 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.7 กรัม โปรตีน 0.7 กรัม ไขมัน 0.2 กรัม และส่วนอื่น ๆ ได้แก่แร่ธาตุ ฮอร์โมน วิตามิน และสารประกอบฟีนอลต่าง ๆ น้ำตาลที่พบเป็นองค์ประกอบหลักในวุ้นมะพร้าวผลแก่ ได้แก่ ซูโครส ซอไบทอล กลูโคส และฟรักโทสส่วนที่พบเล็กน้อย ได้แก่ กาแลกโทสไซโลส และแมนโนส แร่ธาตุที่พบมาก ได้แก่ โพแทสเซียม และที่พบรองลงมา ได้แก่ โซเดียม

แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม เหล็ก ทองแดง และคลอไรด์ น้ำมะพร้าวอ่อนมีกรดอะมิโนน้อยแต่มีแอล-อาร์จินีน อะลานีน ซีสทีน และเซอรีนมากกว่าในนมวัว

นอกจากนี้ยังมีสารที่สามารถพบได้เล็กน้อย ได้แก่ กรดแอสพาราจิก กรดกลูตามิก ฮีสติดีน ลิวซีนไลซีน โพรลีน ฟีนิลอะลานีนและไทโรซีน น้ำมะพร้าวอ่อนประกอบด้วยวิตามินซี บี1 บี2 บี3 บี5 บี 6 บี 7 และบี9 ฮอโรโมน ได้แก่ ออกซิน (auxin) ไซโทไคนิน (cytokinin) และจิบเบอเรลลิน (gibberellins) กลุ่มสารประกอบฟีนอล ได้แก่ คาเทชิน (catechin) และกรดซาลิไซลิก (salicylic acid) [7] เอนไซม์ ได้แก่ โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase) แอซิดฟอสฟาเตส (acid phosphatase) คตะเลส (catalase) ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase) ไดแอสเทส (diastase) เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) อาร์เอ็นเอโพลีเมอเรส (RNA polymerase) และปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโต (growth promoting factors) [8]

น้ำมะพร้าวที่ช่วงอายุต่างกัน สัดส่วนของสารต่าง ๆ ก็แตกต่างกันไปด้วย เช่นน้ำมะพร้าวอายุ 5-6 เดือนมีปริมาณฟรุติโตสสูงสุดและลดลงเมื่อผลมะพร้าวมีอายุมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณซูโครสน้อยในช่วงแรกและเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลมะพร้าวมีอายุมากขึ้น น้ำมะพร้าวที่มีอายุ 5 -6 เดือนมีสารประกอบฟีนอลิกมากเป็น 2 เท่าเมื่อเทียบกับน้ำมะพร้าวที่อายุมากกว่า 8 เดือน [9] เนื้อมะพร้าวมีกรดไขมันขนาดกลาง ได้แก่ กรดลอริก (lauric acid) กรดไมริสติก (myristic acid) กรดคาปริลิก (caprylic acid) และกรดคาปริก (capric acid) ตามลำดับ ปริมาณกรดไขมันเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อผลมะพร้าวมีอายุมากขึ้น สารประกอบฟีนอลิกที่พบในเนื้อมะพร้าวเป็นหลัก [7] ได้แก่ กรดคาเฟอิก (caffeic acid) กรดกาลิก (gallic acid) กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) และพารา-คูมาริก (p-coumaric acid) และที่พบรองลงมา ได้แก่ คาเทชิน (catechin) กรดพารา-ไฮดรอกซีเบนโซอิก (p-hydroxybenzoic acid) กรดไซริงิก (syringic acid) และเมตา-คูมาริก (m-caumaric acid)

นอกจากนี้ในน้ำมะพร้าวช่วยต้านการอักเสบ [10] โดยได้ศึกษาผลของน้ำมะพร้าวอ่อนและแก่ในการต้านการอักเสบในหนูทดลอง Sprague Dawley rat ที่ถูกชักนำให้เกิดการอักเสบด้วยการฉีด 0.1% กรดอะซิติคเข้าทางผิวหนัง พบว่าน้ำมะพร้าวทั้ง 2 ชนิด มีฤทธิ์ยับยั้งการอักเสบ โดยที่น้ำมะพร้าวอ่อนมีฤทธิ์ยับยั้งการอักเสบดีกว่าน้ำมะพร้าวแก่และยา ibuprofen การยับยั้งกระบวนการอักเสบอาจเกี่ยวข้องกับสาร flavonoid, kinetin, abscisic acid และ salicylic acid ที่พบเป็นส่วนประกอบในน้ำมะพร้าวโดยไปมีผลต่อ histamine, serotonin, COX-2 และยับยั้งการสังเคราะห์ prostaglandin และ [11] ได้ศึกษา ผลของน้ำมะพร้าวแก่ (10 เดือน) ในหนูที่ถูกชักนำให้

เกิดการอักเสบด้วย 1% คาราจีแนน โดยให้หนูกินน้ำมะพร้าวปริมาตร 4 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักหนู 100 กรัมทุกวันเป็นเวลา 2 4 และ 6 สัปดาห์ก่อน จากนั้นจึงชักนำให้เกิดการอักเสบ พบว่า น้ำมะพร้าว ช่วยลดการอักเสบได้ซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องกับสารชนิดใดชนิดหนึ่งในน้ำมะพร้าวไปยับยั้งการผลิต prostaglandin

2.1.1.4 แบคทีเรียสายพันธุ์ *Acetobacter xylinum*

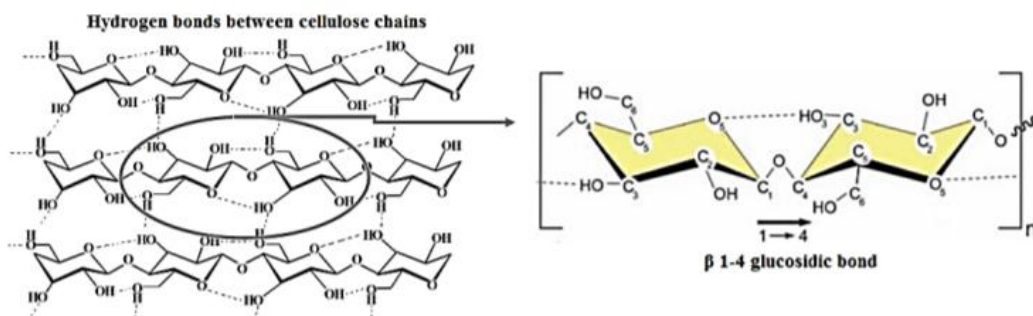
แบคทีเรียจัดเป็นเซลล์โพรคาริโอต (Prokaryotic cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nuclear membrane) แต่มี เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) ซึ่งเป็นเยื่อบาง ๆ ประกอบด้วยสารประกอบสองชนิดคือไขมันชนิด ฟอสโฟลิปิด และโปรตีน โดยเยื่อหุ้มเซลล์จะทำหน้าที่ห่อหุ้มส่วนที่อยู่ภายในเซลล์ทั้งหมดแล้ว ยังมีการ แลกเปลี่ยนสารระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการกระจายของประจุไฟฟ้าซึ่งทำให้เกิด ความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นระหว่างภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ เมื่อศึกษาลักษณะ สัณฐานวิทยาพบว่า มีรูปร่างกลมรี ขนาดความยาว 2 ไมครอน กว้าง 0.6 ไมครอน เมื่อเซลล์มีอายุมากขึ้นจะมีขนาดประมาณ 4-9 ไมครอน ลักษณะโคโลนีมีลักษณะกลมมนทึบแสง ขอบโคโลนีเรียบไม่มีรอยหยัก โดยเมื่อเคลือบสารดูแกรมของแบคทีเรียจะติดสีทั้งแกรมบวกและแกรมลบขึ้นอยู่กับอายุของเซลล์ การขยายพันธุ์จะมีการสร้างสารที่มีลักษณะเป็นเยื่อเหนียวสีน้ำตาลอ่อนรอบโคโลนี เป็นเชื้อที่ต้องการอากาศในการเจริญเติบโต เมื่อนำมาหมักกับน้ำตาลหรือน้ำผลไม้จะสร้างสารเมื่อมีลักษณะเป็นเจลใสที่ผิวหน้า จากนั้นค่อยๆเปลี่ยนเป็นเยื่อคล้ายวุ้นสีขาวขุ่น เมื่อเวลาผ่านไปจะมีขนาดใหญ่และหนามากขึ้น จนได้มาเป็นที่เป็นกันคือ วุ้นมะพร้าวหรือ Nata de coco

2.2 เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์สายตรงที่ประกอบด้วยกลูโคสมาต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่งปีต้า-1,4 ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ของพืช อย่างไรก็ตาม เซลลูโลสที่ได้จากพืชมักมีพอลิแซคคาไรด์ชนิดอื่นๆ ปนเปื้อนมาด้วย เช่น ลิกนินและเฮมิเซลลูโลส ดังนั้น เซลลูโลสจากแบคทีเรียสายพันธุ์ *Acetobacter xylinum* จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเป็นแหล่งของเซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งโครงสร้างของพอลิเมอร์ประกอบไปด้วยกลูโคสเพียงชนิดเดียว จึงทำให้มีสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้อย่างหลากหลายโดยเฉพาะในทางการแพทย์และการแปรรูปอาหาร ตลอดจนการประยุกต์ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม บทความเผยแพร่นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุลเพื่อนำไปสู่การผลิตเซลลูโลสปริมาณสูง โครงสร้างของเซลลูโลสจากแบคทีเรีย และนำเซลลูโลสจากแบคทีเรียไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

เซลลูโลสจากแบคทีเรีย (bacterial cellulose) ซึ่งรายงานผลการวิเคราะห์เส้นใยที่ผลิตได้ว่า มีความบริสุทธิ์สูง โครงสร้างปราศจากกิ่งสาขาดังที่พบในโครงสร้างเซลลูโลสที่สกัดได้จากพืช รูปแบบโครงสร้างของเซลลูโลสที่ได้จากแบคทีเรียนี้จึงทำให้มีสมบัติเฉพาะคือ ความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูง เส้นใยมีลักษณะใส และเส้นใยทนต่อแรงดึง [12] เซลลูโลสจากแบคทีเรียเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก กระบวนการหมักด้วยแบคทีเรียสกุล *Acetobacter* โดยสายพันธุ์ที่นิยมใช้คือ *Acetobacter xylinum* เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปร่างมีทั้งแบบกลมและแบบแท่ง อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว เซลล์คู่ หรือ เรียงต่อกันเป็นสาย ต้องการอากาศในการเจริญ โดยเจริญได้ดีที่สภาวะอุณหภูมิช่วง 25-30 องศาเซลเซียส และพีเอชอยู่ในช่วง 3-7 ใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญเติบโต และสังเคราะห์ เซลลูโลสออกมาภายนอกเซลล์ [13] เนื่องจากเซลลูโลสที่ผลิตได้จากการหมักของแบคทีเรียสายพันธุ์ ดังกล่าวมีคุณสมบัติเฉพาะ คือ มีขนาดเล็กเมื่อเทียบ กับเซลลูโลสจากพืชมีความบริสุทธิ์สูง ความสามารถอุ้มน้ำได้ปริมาณมาก แข็งแรง ทนต่อแรงดึง ได้สูง [14]

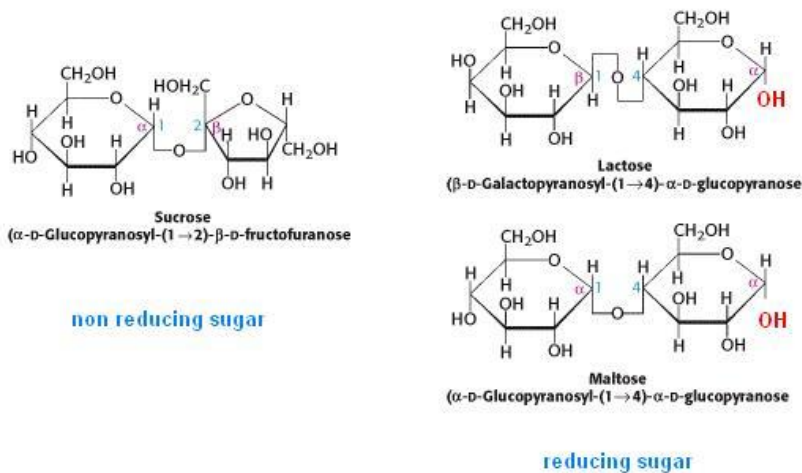
โครงสร้างเซลลูโลสที่ผลิตได้จากแบคทีเรียเซลลูโลสเป็นสารชีวโมเลกุลประเภทคาร์โบไฮเดรต ที่ผลิตได้จากแบคทีเรีย โดยมีโครงสร้างประกอบด้วยสายพอลิเมอร์ขนาดเล็กที่มีหน่วยย่อยเป็นน้ำตาล กลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิดบีตา (1,4) ที่มีสูตรโมเลกุลคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ [15] ดัง แสดงในรูปที่ 1 โดยเส้นใยที่ผลิตได้นี้ มีขนาดเล็กกว่าเซลลูโลสที่สกัดได้จากพืชถึง 100 เท่า และ จัดเรียงตัวคล้ายกับโครงสร้างของไฮโดรเจลที่มีพื้นที่ผิวมากและระดับความพรุนสูง [16] *Acetobacter* sp. ผลิตเส้นใยเซลลูโลสสองชนิดได้แก่ ชนิดแรกคือโครงสร้าง พอลิเมอร์คล้ายริบบิ้น และแบบที่สองโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่มีความเสถียรทางเทอร์โมไดนามิกส์ [17] จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Acetobacter* sp. โดยเฉพาะสายพันธุ์ *A. xylinum* สามารถผลิตเส้นใยเซลลูโลสขนาดเล็กๆจำนวนมากซึ่งขับออกมาจากผนังเซลล์แล้วเชื่อมต่อกันเป็นร่างแห โดยรวมตัวกันคล้ายริบบิ้นที่บริเวณผิวหน้า ของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหลว (liquid culture) โครงสร้างระดับโมเลกุลของเซลลูโลสพบว่ามีหมู่ไฮดรอกซิล จำนวนมากที่ผิวของโครงสร้างเส้นใย จึงทำให้เซลลูโลสจากกระบวนการดังกล่าวนี้ละลายน้ำได้ ย่อยสลายได้ง่ายจากการเร่งปฏิกิริยาด้วยสารชีวโมเลกุล และเร่งปฏิกิริยาทางเคมีเพื่อปรับเปลี่ยน โครงสร้างได้ง่าย



รูปที่ 1 โครงสร้างโมเลกุลของหน่วยเซลลูโลสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิดบีตา (1,4) ในแต่ละหน่วยย่อย และเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจนในแต่ละสายของเซลลูโลส [18]

2.2.1 พันธะไกลโคไซด์

พันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) เป็นพันธะโควาเลนต์ระหว่างน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) กับน้ำตาลด้วยกัน หรือกับสารอื่นที่ไม่ใช่ที่ไมใช่ น้ำตาล ทำให้เกิดเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) โอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) และพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ชนิดต่างๆ สารประกอบที่มีพันธะไกลโคไซด์ เรียกว่า สารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside)



รูปที่ 2 แสดง glycosidic bond ในโมเลกุลของน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide)

2.3 โปรตีน

โปรตีนเป็นสารอินทรีย์ที่พบมากในเซลล์ทุกชนิด ตั้งแต่สิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ เช่น แบคทีเรีย จนถึงสิ่งมีชีวิตชั้นสูง เช่น มนุษย์ สัตว์ และพืช โปรตีนถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1838 โดย G.J.Mulder ให้ชื่อว่า protein ซึ่งเป็นภาษากรีก แปลเป็นภาษาอังกฤษว่า first หมายถึง เป็นอันดับแรก อาจเป็นเพราะเชื่อว่าโปรตีนเป็นสารที่สำคัญเป็นอันดับแรก โปรตีนมีหน้าที่แตกต่างจากคาร์โบไฮเดรตและไขมัน โดยสารทั้งสองนี้จะถูกใช้เป็นแหล่งพลังงาน แต่โปรตีนจะมีหน้าที่ในการเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกาย สร้างและซ่อมแซมส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โปรตีนประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) และไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบสำคัญ นอกจากนี้ยังมีธาตุอื่น ๆ เช่น ซัลเฟอร์ (S) ฟอสฟอรัส (P) เหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) เป็นองค์ประกอบที่ขึ้นอยู่กับการชนิดของโปรตีน

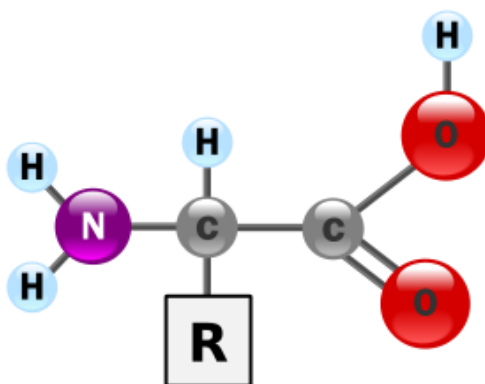
2.3.1 กรดอะมิโน

กรดอะมิโน (อังกฤษ: amino acid) คือ ซิวโมเลกุลที่มีทั้งหมู่ฟังก์ชันอะมิโนและคาร์บอกซิลเป็นส่วนประกอบ โปรตีนเป็นสารที่มีขนาดใหญ่ โครงสร้างของโปรตีนจะประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ กรดอะมิโน (amino acid) จำนวนมากมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ (peptide bond) จึงอาจเรียก โปรตีนว่าเป็นสาร พอลิเพปไทด์ (polypeptide) คำว่า "กรดอะมิโน" มักหมายถึงกรดอะมิโนแบบแอลฟา (alpha amino acids) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ทั้งหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลติดอยู่กับคาร์บอนอะตอมเดียวกัน เรียกว่า α คาร์บอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.2 โครงสร้างของกรดอะมิโน

กรดอะมิโนเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญคือ หมู่คาร์บอกซิลิก (carboxylic acid group, $-\text{COOH}$) ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันของสารประเภท กรด และหมู่อะมิโน (amino group, $-\text{NH}_2$) จึงเรียกรวมกันว่า กรดอะมิโน นอกจากนี้ยังมีหมู่ R (side chain) ซึ่งเป็นหมู่อื่น ๆ ที่ประกอบ เช่น ไฮโดรเจน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น แล้วแต่ชนิดของกรดอะมิโน โครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโนแสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งมีหมู่ "R" แทน โซ่ข้าง (side chain) หรือหมู่ฟังก์ชัน ซึ่งมีความเฉพาะสำหรับกรดอะมิโนแต่ละตัว



รูปที่ 3 กรดอะมิโน มีหมู่ฟังก์ชัน R

2.3.3 ประเภทของกรดอะมิโน

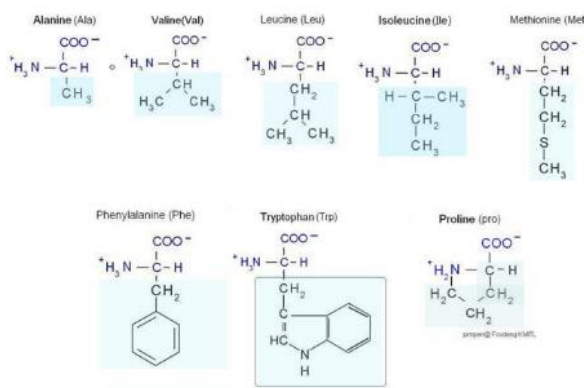
กรดอะมิโนสามารถแบ่งได้เป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

2.3.3.1 แบ่งตามคุณสมบัติทางกายภาพของหมู่ R หรือ side chain โดยพิจารณาจาก

ความสามารถในการให้หรือรับโปรตอนของหมู่ R ที่ค่า pH ในร่างกาย (physiological pH) ซึ่งแบ่งกรดอะมิโนเป็น 4 ประเภท ดังนี้

- Non-polar side chain group คือ กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นชนิดที่ไม่ละลายน้ำ หรือมีลักษณะเป็นไฮโดรคาร์บอน หมู่ฟังก์ชันไม่มีขั้ว และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ได้แก่ ไกลซีน อะลานีน วาลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน และโพรลีน กรดอะมิโนประเภทนี้มีบทบาทในการทำปฏิกิริยากับส่วนที่ไม่ชอบน้ำของโปรตีน และช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของโปรตีน แสดงดังรูปที่ 4

Non polar , Hydrophobic amino acid

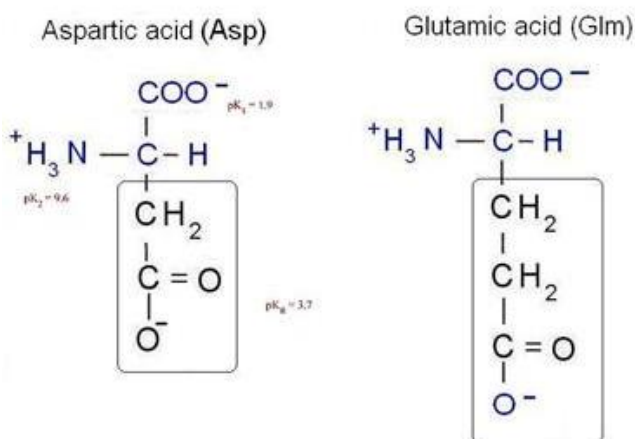


รูปที่ 4 กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นชนิดที่ไม่ละลายน้ำ

Polar side chain group หมู่ฟังก์ชันมีขั้ว ไม่มีประจุ ได้แก่ เซอรีน ทรีโอนีน ซิสทีอีน มีไทโอนีน กลูตามีน แอสพาราจีน หมู่ฟังก์ชันเหล่านี้ชอบน้ำ (hydrophilic) และละลายในน้ำได้ดี

Acidic side chain group หมู่ฟังก์ชันประจุลบ ได้แก่ กรดแอสปาร์ติก และกลูตาเมต โดยจะแตกตัวให้ประจุลบที่ pH 7

(negatively charged , highly hydrophilic)

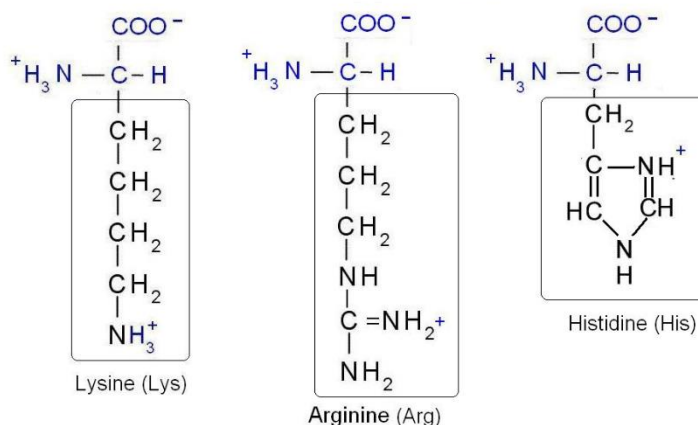


รูปที่ 5 กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นเป็นประจุลบ

Basic side chain group หมู่ฟังก์ชันประจุบวก ได้แก่ ไลซีน อาร์จินีน ฮิสทีดีน โดยจะแตกตัวให้ประจุบวกที่ pH 7



(positively charged, highly hydrophilic)



รูปที่ 6 กรดอะมิโนที่มีหมู่ R มีประจุเป็นบวก

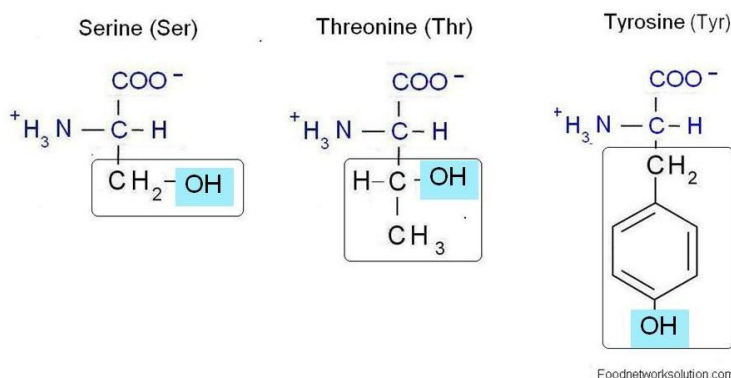
2.3.3.2 แบ่งตามโครงสร้างของหมู่ R หรือ side chain แบ่งกรดอะมิโนได้เป็น 7 ประเภท ดังนี้

- Aliphatic side chain คือ กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ อะลานีน แวลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน และไกลซีน สำหรับไกลซีนเป็นกรดอะมิโนที่ง่ายที่สุด มีหมู่ R เป็นไฮโดรเจน (ไกลซีนอยู่ในกลุ่มนี้)

- Hydroxylic side chain คือ กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นสาร aliphatic ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ได้แก่ เซอรีน และทรีโอนีน

- Hydroxyl amino acid กรดอะมิโนที่มี หมู่ R มีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group, OH) ได้แก่ Serine , Threonine และ Tyrosine

Hydroxyl amino acid



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7 กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นชนิดที่ไม่มีขั้ว

- Aromatic side chain คือ กรดอะมิโนที่มีหมู่ R ประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ ฟีนอลอะลานีน ไทโรซีน และทริปโตเฟน มีบทบาทในการเพิ่มความแข็งแรงของโปรตีนโดยการซ้อนทับกับของวงแหวนอะโรมาติกซึ่งมีความคงตัว

- Acidic side chain คือ กรดอะมิโนที่มีหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก (-COOH) ในหมู่ R ได้แก่ กรดแอสพาทิก และกรดกลูตามิก

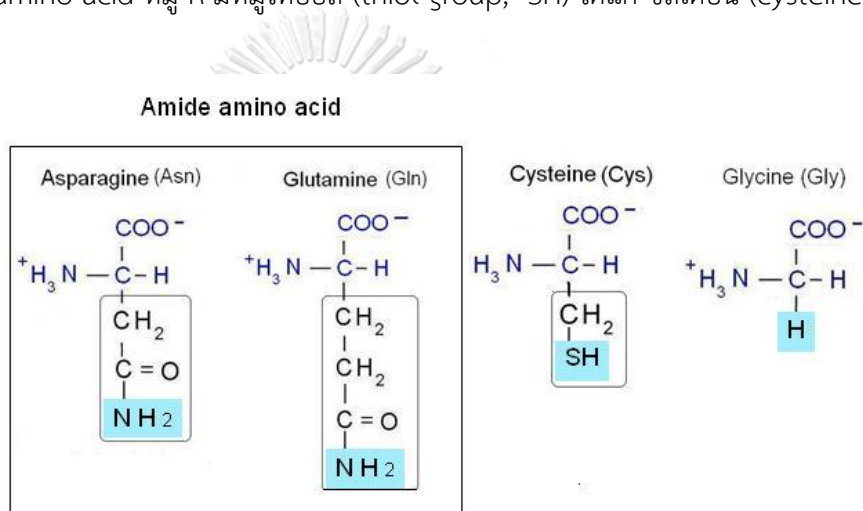
- Amide side chain คือ กรดอะมิโนที่มีหมู่ R มีหมู่ฟังก์ชันเอไมด์ (amide group, -CO-NH₂) ได้แก่ Asparagine และ Glutamine (Asparagine ถูกไฮโดรไลซ์ได้ง่ายในสภาวะที่เป็นกรดได้

เป็นกรดแอสพาร์ติก (aspartic acid) ส่วน glutamine ถูกไฮโดรไลซ์ได้ง่ายในสภาวะที่เป็นต่างได้เป็นกรดกลูตามิก (glutamic acid)

- Basic side chain คือ กรดอะมิโนที่หมู่ R มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ มีความเป็นเบสได้แก่ ไลซีน อาร์จินีน และฮิสทีดีน

-Sulfur-containing side chain คือ กรดอะมิโนที่หมู่ R มีซัลเฟอร์ (S) เป็นองค์ประกอบได้แก่ เมไทโอนีน และซีสเทอีน

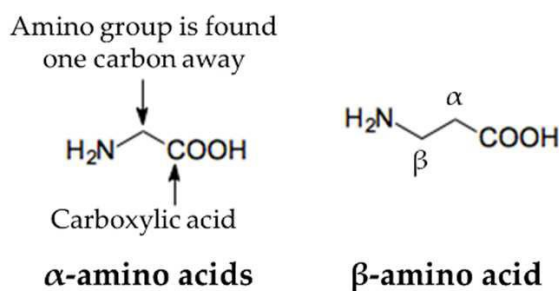
-Thiol amino acid หมู่ R มีหมู่ไทออล (thiol group, -SH) ได้แก่ ซีสเทอีน (cysteine)



รูปที่ 8 กรดอะมิโนที่มีหมู่ R เป็นชนิดเอไมด์ และซัลเฟอร์

2.3.4 กรดอะมิโนเบตา

กรดอะมิโนชนิดเบตา มีลักษณะคล้ายกับ ชนิดแอลฟาอะมิโน ซึ่งกรดอะมิโนเป็นโมเลกุลอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบและมีหมู่อะมิโน มีหมู่คาร์บอกซิล ซึ่งแอลฟาอะมิโนจะพบมากที่สุด ซึ่งมีหมู่เอมีนอยู่บริเวณตำแหน่ง α ของคาร์บอน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในโปรตีน แต่ในเบตาอะมิโน หมู่เอมีนจะอยู่ในตำแหน่ง β ของคาร์บอน และมีโครงสร้างเป็นอิสระ ไม่รวมอยู่ในโปรตีน [19]



รูปที่ 9 แสดงความแตกต่างระหว่างแอลฟาอะมิโนและเบตาอะมิโน

2.3.4 ทอรีน

ทอรีน (Taurine หรือ 2-Aminoethane Sulfonic Acid) เป็นกรดอะมิโนอิสระชนิดเบตา (β -amino acid) ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ โดยทอรีนไม่ได้เป็นกรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีน (Non Protein Amino Acid) ซึ่งภายในโครงสร้างของทอรีนหมู่ R จะมีกำมะถันหรือซัลเฟอร์ (Sulfur) เป็นองค์ประกอบ โดยร่างกายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมนั้นสามารถสร้างทอรีนขึ้นมาเองได้ ซึ่งชื่อของทอรีน (Taurine) นั้นมีรากศัพท์มาจากภาษาลาตินที่แปลว่า ราศีพฤษภ หมายความว่า วัว ซึ่งเป็นการตั้งชื่อตามแหล่งที่พบทอรีนครั้งแรก เนื่องจากมีการค้นพบโดยสามารถแยกได้มาจากน้ำดีของวัวในปี ค.ศ.2827 จากนั้นในปี ค.ศ.1846 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันจึงได้ค้นพบทอรีนในน้ำดีของมนุษย์

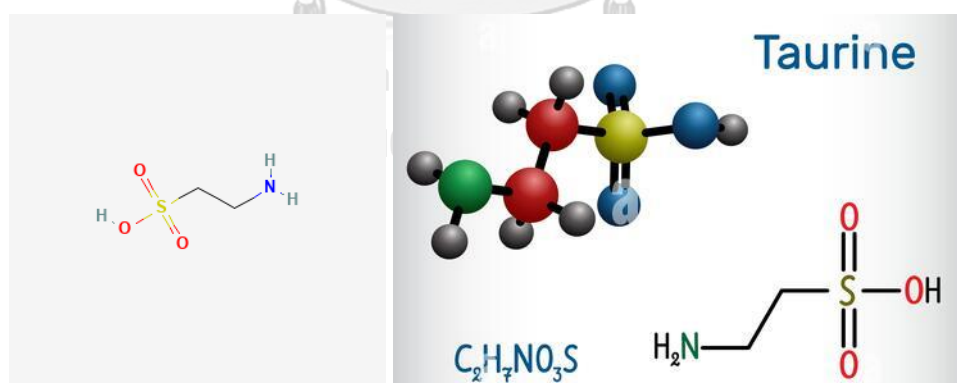
ประเภทของทอรีน เป็นกรดอะมิโนอิสระที่มีเพียงประเภทเดียว แต่รูปแบบของทอรีนในปัจจุบันนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ทอรีนที่มีอยู่ในแหล่งอาหารต่าง ๆ และทอรีนสังเคราะห์ ซึ่งทอรีนสังเคราะห์มาจากแอมโมเนียมของกรด isethionic (กรด 2-hydroxyethanesulfonic) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาของเอทิลีนออกไซด์กับโซเดียมไบซัลไฟต์ในน้ำ ส่วนทอรีนที่สังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสามารถสังเคราะห์ได้โดยปฏิกิริยาอัลคิเลชันของแอมโมเนียกับเกลือโบรมเอธานซัลโฟเนต [3]

ทอรีนเป็นกรดอินทรีย์ เป็นอนุพันธ์ของซิสเทอีนที่ได้จากการใช้พลังงานเมื่อรับประทานอาหารและเครื่องดื่ม ทอรีนเป็นกรดอะมิโนที่มีขั้วและมีหมู่ของกรดซัลโฟนิค ดังรูปที่ 10 ซึ่งอยู่ในเส้นเลือดสมองและเป็นส่วนประกอบภายในร่างกายที่หลากหลาย เช่น ประกอบด้วยสารสื่อประสาทและรักษาเสถียรภาพของสมองส่วน striatum และ hippocampus, เป็นตัวยับยั้งนิวโรโทรฟิล มาโครฟาจ, ระบบทางเดินหายใจ, ควบคุมเนื้อเยื่อไขมัน ซึ่งมีส่วนช่วยป้องกันโรคอ้วนอีกด้วย, รักษาสภาพของ

ระบบออสโมติก, ป้องกันกลูตาเมตและการป้องกันโรคลมชักซึ่งทอรีนมีผลต่อระบบ osmoregulation, การเพิ่มจำนวนเซลล์ ทั้งนี้ยังสามารถควบคุมการอักเสบและการผลิตคอลลาเจนของผิวหนัง ซึ่งมีความสามารถเฉพาะตัวในการทำให้กรดไฮโปคลอรัสเป็นกลางซึ่งทำลายเซลล์ทำให้เกิดการเหี่ยวของผิวหนังก่อนวัยอันควรดังนั้นจึงมีการเติมทอรีนในเครื่องดื่มชูกำลัง นมผงสำหรับทารกและอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง [20]

การประยุกต์ใช้ทอรีนกับเครื่องสำอาง ทอรีนเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายว่าเป็นสารกระตุ้นการออกฤทธิ์ในเครื่องดื่มชูกำลัง นอกจากนี้ยังสามารถพบได้ในรูปของกรดอะมิโนที่พบในเนื้อเยื่อของมนุษย์ ซึ่งช่วยสนับสนุนการหดตัวของหัวใจ สร้างกล้ามเนื้อใหม่ และส่งผลต่อการทำงานที่เหมาะสมของสมอง มีการนำประโยชน์จากทอรีนมาใช้ในเครื่องสำอางเป็น Early Boost ซึ่งเป็นสารสกัดจากธรรมชาติที่ได้จากสาหร่ายสีแดงและมีการนำมาใช้ได้ไม่นาน

ผิวหนังต้องการพลังงานในทุกช่วงอายุ ทอรีนที่ใช้ในเครื่องสำอางเพื่อคุณสมบัติในการคืนความอ่อนเยาว์ กระตุ้นไฟโบรบลาสต์ซึ่งผลิตคอลลาเจนที่มีคุณค่าต่อผิว มีหน้าที่ทำให้ผิวกระชับและยืดหยุ่น ทอรีนยังช่วยปกป้องผิวจากอันตรายของอนุมูลอิสระซึ่งเร่งกระบวนการชรา ซึ่งเป็นเหตุผลว่าทำไมจึงมีการเพิ่มทอรีนในเครื่องสำอางมีผลต่อต้านริ้วรอย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการรักษาโรคผิวหนังและผลิตภัณฑ์ที่ผสมทอรีนโบรมีนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และต้านแบคทีเรีย เป็นต้น



รูปที่ 10 โครงสร้างของทอรีน

2.4 การลดปริมาณน้ำ

การอบแห้ง (อังกฤษ: drying) เป็นกระบวนการย้ายมวลประกอบด้วยการกำจัดน้ำหรือตัวทำละลายอื่นโดยการระเหยจากของแข็ง กึ่งของแข็งหรือของเหลว กระบวนการนี้มักใช้เป็นขั้นตอนการผลิตสุดท้ายก่อนขายหรือบรรจุหีบห่อผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายต้องเป็นของแข็งจึงพิจารณาว่า "อบแห้งแล้ว" ในรูปแบบต่อเนื่อง (เช่น กระดาษ) ขึ้นยาว (เช่น ไม้) อนุภาค(เช่น เมล็ดธัญพืชหรือเกล็ดข้าวโพด) หรือผง (เช่น ทราย เกลือ ผงซักล้าง นมผง) แหล่งกำเนิดความร้อนและตัวตั้งไอที่ผลิตจากกระบวนการดังกล่าวมักเกี่ยวข้องด้วย ในผลิตภัณฑ์ชีวภาพอย่างอาหาร ธัญพืชและเภสัชภัณฑ์อย่างวัคซีน น้ำเป็นตัวทำละลายที่ต้องกำจัดแทบทั้งสิ้น

ประเภทของการอบแห้ง พิจารณาการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของแข็งเปียกกับก๊าซร้อนเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง

1. การอบแห้งแบบไหลเวียนผ่านผิว (Cross-Circulation drying) คือ การอบแห้งที่ความร้อนไหลขนานกับผิวของของแข็ง อาจไหลผ่านผิวด้านบนหรือผ่านผิวด้านล่าง หรือผ่านทั้งสองด้าน ตัวอย่างเครื่องอบแห้งประเภทนี้ คือ เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) ข้อควรระวังในการใช้งาน ควรเรียงวัสดุของแข็งเป็นชั้นเดียว หรือเป็นชั้นบาง ๆ

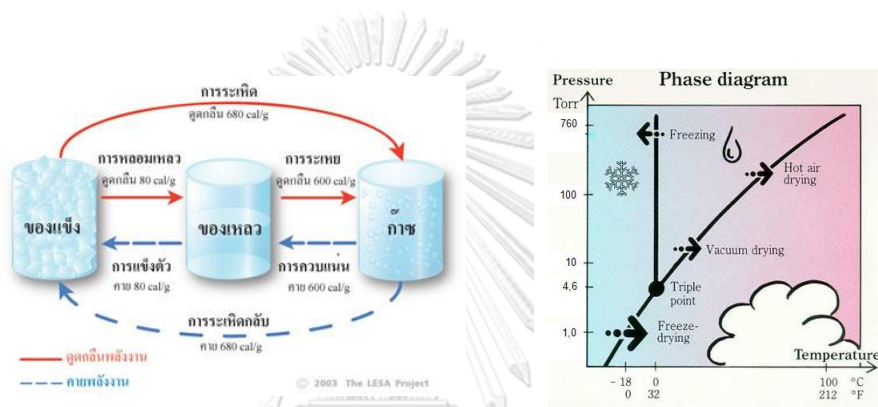
2. การอบแห้งแบบไหลเวียนแทรกผ่าน (Through-Circulation drying) ของแข็งที่จะทำการอบแห้ง ถูกวางบนตะแกรงและให้ก๊าซร้อนเคลื่อนที่แทรกผ่านชั้นของแข็ง ความร้อนอาจเคลื่อนที่จากผิวด้านบนสู่ผิวด้านล่างของของแข็ง และผ่านตะแกรงออกไป ข้อควรระวังในการใช้งาน ควรปรับความเร็วของก๊าซร้อนไม่ให้สูงเกินไป ถ้าก๊าซร้อนมีความเร็วสูง จะพัดพาของแข็งออกจากเครื่องได้

3. การอบแห้งแบบโปรย (Showering drying) คือ การอบแห้งที่ของแข็งถูกตักขึ้นและโปรยลงสู่ด้านล่าง จะมีก๊าซร้อนเคลื่อนที่ผ่านกลุ่มของแข็ง ตัวอย่างเครื่องอบแห้งประเภทนี้ คือ เครื่องอบแห้งแบบหมุน (rotary dryer) ข้อควรระวังในการใช้งาน วัสดุที่เป็นผงละเอียดต้องใช้เวลาระมัดระวังในการอบแห้ง เพราะก๊าซร้อนอาจพัดพาวัสดุออกจากเครื่องอบ ทำให้เกิดการสูญเสียของแข็ง

4. การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ (Fluidized drying) คือ การอบแห้งที่วัสดุของแข็งถูกวางบนตะแกรงเป็นชั้นของแข็งและมีการให้ก๊าซร้อนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเหมาะสมผ่านตะแกรงเข้าสู่ด้านล่างของชั้นของแข็งและออกไปทางด้านบน ส่งผลให้กลุ่มของแข็งมีลักษณะเป็นฟลูอิดไดซ์ ข้อควร

ระวังในการใช้งาน ควรปรับความเร็วของก๊าซร้อนให้เหมาะสม ไม่ควรต่ำเกินไปเพราะจะทำให้ของแข็งไม่เกิดเอนเทรนเมนต์ของวัสดุที่เป็นผงละเอียด

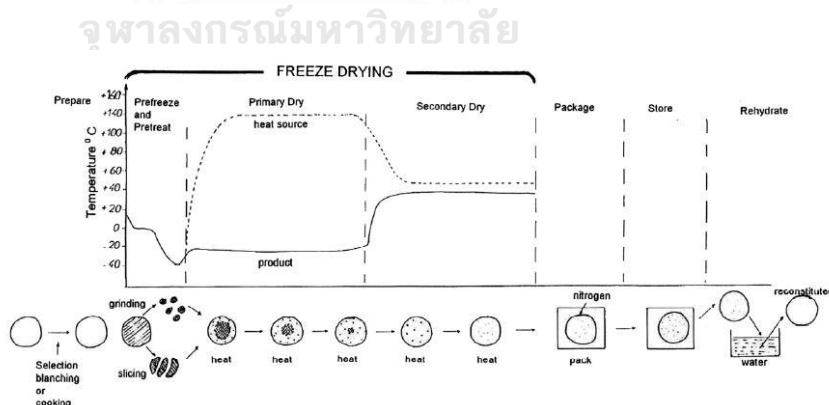
5. การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dehydration หรือ lyophilization) หมายถึงการทำแห้ง (dehydration) ด้วย การแช่เยือกแข็ง (freezing) จึงทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็ง จากนั้นจึงลดความดันทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งระเหิด (sublimation) กลายเป็นไอ และลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ โดยควบคุมให้อุณหภูมิต่ำ (ที่อุณหภูมิ เท่ากับ หรือ ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส น้ำแข็งระเหิดที่ความดันเท่ากับ 4.7 มิลลิเมตรปรอทหรือต่ำกว่า)



รูปที่ 11 การเปลี่ยนสถานะของกระบวนการแช่เยือกแข็ง

ที่มา: <http://www.panyathai.or.th/wiki/index.php/การระเหิด>

ขั้นตอนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ



รูปที่ 12 ขั้นตอนกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ที่มา

: http://www.thairefrig.or.th/download/thairefrig_or_th/lyophilization%20technology1.pdf

1 การแช่เยือกแข็ง (freezing) เป็นการลดอุณหภูมิของวัสดุต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (freezing point) เพื่อให้เกิดผลึกน้ำแข็ง (ice crystal formation) อัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง (freezing rate) เป็นการแช่เยือกแข็งแบบรวดเร็ว ทำให้เกิดผลึกชั้นและผลึกมีขนาดเล็ก การแช่เยือกแข็งแบบเร็วมีหลายวิธี เช่น การแช่เยือกแข็งแบบใช้ลมเย็นเป่า (air blast freezing) การแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจน (cryogenic freezing) และการแช่เยือกแข็งแบบจุ่มในของเหลวเย็นจัด (immersion freezing) เป็นต้น

5.2 การทำแห้งขั้นต้น (primary drying) เป็นการลดปริมาณน้ำ (dehydration) โดยการระเหิด น้ำแข็งให้เป็นไอโดยการลดความดันบรรยากาศ ทำให้ผลึกน้ำแข็งอยู่ในเกิดการระเหิด กลายเป็นไอ ออกไปจากผิวหน้าของวัสดุ ในระดับของสุญญากาศ (vacuum) จะอยู่ต่ำกว่า 132 Pa และ 132 mPa ตามลำดับ การระเหิดของผลึกน้ำแข็งจึงเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ การระเหิดจะเริ่มจากชั้นน้ำแข็งบริเวณพื้นผิวของวัสดุ ระเหิดเป็นไอ ทำให้บริเวณนี้กลายเป็นบริเวณชั้นแห้ง (dry layer) จากนั้นเป็นการระเหิดของชั้นน้ำแข็งที่อยู่ภายในวัสดุที่ระเหิดผ่านชั้นแห้ง ออกไปบริเวณพื้นผิวของวัสดุ ระยะเวลาการระเหิดจะขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง และโครงสร้างของวัสดุ

5.3 การทำแห้งขั้นที่สอง (secondary drying) เมื่อการทำแห้งขั้นต้นเสร็จสมบูรณ์ น้ำแข็งจึงละลายและในส่วนของความชื้นที่เหลืออยู่ ต้องทำแห้งด้วยการเพื่ออุณหภูมิให้สูงขึ้น เพื่อดึงความชื้นที่เหลืออยู่ในวัสดุ

ข้อดีของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะเป็นการลดการสูญเสียของวัสดุเนื่องจากความร้อนไม่ทำลายเนื้อเยื่อและโครงสร้างวัสดุ ทำให้ได้วัสดุที่แห้งและมีคุณภาพสูง มีการคืนตัว (rehydration) ที่ดี รักษาคุณภาพ ลักษณะสัมผัสของวัสดุได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้ง แบบอื่น เช่น ตู้อบลมร้อน (tray drier, cabinet drier) แต่มีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งที่ใช้ลมร้อนทั่วไป

6. การทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง ใช้หลักการทำงานด้วยการใช้แรงหมุนเหวี่ยงสะบัดให้อนุภาคของ ๆ เหลวที่อยู่ในโครงสร้างของวัสดุให้ออกจากวัสดุ สามารถนำหลักการทำงานของเครื่องปั่นเหวี่ยงสามารถไปใช้ในการแยกของแข็งออกจากของเหลวที่ผสมกันอยู่ หรือแยกของเหลวที่มีความหนาแน่นต่างกันแยกออกจากกันได้ เช่น การแยกครีมออกจากนม เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้เพื่อแยกของเหลวที่เกาะของแข็งอยู่ หรือแยกของแข็งที่มีขนาดแตกต่างกันได้ด้วย

เครื่องหมุนเหวี่ยง (อังกฤษ: centrifuge) เป็นเครื่องมือที่แยกตัวอย่างของเหลวออกจากของแข็งอนุภาคขนาดเล็ก โดยจะใช้หลักการเร่งให้อนุภาคตกตะกอนโดยใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของเหลวหรืออนุภาคที่หลุดออกจากวัสดุจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงหนีศูนย์กลาง ทำให้อนุภาคหรือของเหลวด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน ภายใต้สนามแรงหนีศูนย์กลางอนุภาคจะตกตะกอนด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน

หลักการทำงานของเครื่องปั่นเหวี่ยง เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับนำอนุภาคที่ไม่ละลายออกจากวัสดุ หรือใช้ โดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง (centrifuge force) ที่เกิดจากการหมุนรอบจุดหมุน (center of rotation) เครื่องหมุนเหวี่ยงจะมีแกนหมุนเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์จะเกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และทำให้แกนมอเตอร์หมุน ความเร็วรอบในการหมุน (rpm = round per minutes) ควบคุมด้วยวงจรไฟฟ้า ส่วนเวลาที่ใช้ในการหมุนควบคุมด้วย สวิตช์ ปิด-เปิด

โครงสร้างของเครื่องหมุนเหวี่ยงประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 อย่างคือ

มอเตอร์และอุปกรณ์ทรอบ (Motor and Gear box) มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่หลักให้เกิดการหมุนรอบแกน มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้แปรงถ่าน (brush drive) และชนิดที่ไม่ใช้แปรงถ่าน (brushless inductive drive) สำหรับเครื่อง Ultra-speed centrifuge (100,000 รอบ/นาที) จะมีชุดเฟืองทดรอบการหมุน (gear box) เพื่อเพิ่มความเร็วยรอบของแกนหมุน

โรเตอร์ (Rotor) เป็นส่วนสำหรับบรรจุภาชนะ เมื่อเกิดการหมุนโดยการผลักของมอเตอร์จะเกิดแรงหนีศูนย์กลางขึ้นในบริเวณโรเตอร์ วัสดุที่ใช้ทำโรเตอร์มีหลายชนิด เช่น aluminium titanium polypropylene ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดของแรงหนีศูนย์กลาง ความเร็วรอบที่ใช้ งาน ชนิดและปริมาณตัวอย่างที่ใช้ ส่วนรูปแบบของโรเตอร์มีให้เลือกตามลักษณะการใช้งาน

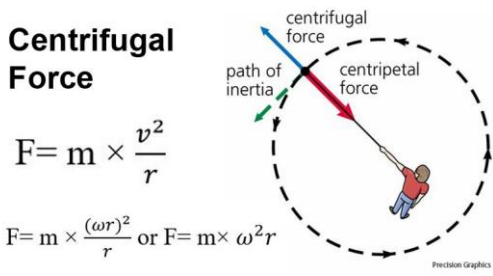
Chamber เป็นส่วนที่มีโรเตอร์ติดตั้งอยู่ภายใน ปกติจะมีฝาปิดมิดชิด และฝาดังกล่าวนี้จะไม่สามารถเปิดออกได้ขณะที่โรเตอร์กำลังหมุนอยู่ เพื่อสร้างความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องหมุนเหวี่ยง

Control Panel ส่วนของแผงควบคุมการทำงานของเครื่องหมุนเหวี่ยง มีปุ่มควบคุมการทำงานมากหรือน้อยขึ้นกับชนิดและขนาดของเครื่อง

หลักการของแรงเหวี่ยงภายนอก เป็นแรงภายนอกแบบหมุน ในการวัดตำแหน่งและความเร็วทั้งหมดจะต้องสัมพันธ์กับกรอบอ้างอิง ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัตถุในเครื่องบิน

โดยสารในเที่ยวบินอาจสัมพันธ์กับเครื่องบินโดยสารกับพื้นผิวโลก หรือแม้แต่กับดวงอาทิตย์ กรอบอ้างอิงที่อยู่นิ่ง (หรือกรอบที่เคลื่อนที่โดยไม่มีภาระหมุนและด้วยความเร็วคงที่) จะสัมพันธ์กับ "ดาวที่คงที่" โดยทั่วไปจะเป็นกรอบเฉื่อย ในระบบทั่วไปสามารถวิเคราะห์ภายในกรอบเฉื่อย (และไม่มีแรงหนีศูนย์กลาง) กรอบอ้างอิงที่หมุนรอบแกนผ่านจุดกำเนิด วัตถุทั้งหมดไม่ว่าจะอยู่ในสถานะของการเคลื่อนที่ จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงภายนอกในแนวรัศมี (จากแกนหมุน) ที่แปรผันตามมวลของวัตถุนั้นต่อระยะทาง จากแกนหมุนของเฟรม และถึงกำลังสองของความเร็วเชิงมุมของเฟรม ซึ่งเป็นแรงเหวี่ยง เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางจากภายในกรอบอ้างอิงที่หมุน เช่น บนม้าหมุนหรือยานพาหนะการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับกรอบที่หมุนทำให้เกิดแรงสมมติขึ้นอีกแรงหนึ่ง นั่นคือ แรงโคริโอลิส หากอัตราการหมุนของเฟรมเปลี่ยนไป ต้องใช้แรงสมมติที่สาม (แรงออยเลอร์) แรงสมมตินี้จะกำหนดสมการการเคลื่อนที่ที่ถูกต้องในกรอบอ้างอิงแบบหมุน และสามารถใช้กฎของนิวตันในรูปแบบปกติในกรอบดังกล่าว (โดยมีข้อยกเว้น: แรงสมมติไม่ตรงกับกฎข้อที่สามของนิวตัน: ไม่มีคู่ที่เท่ากันและตรงข้ามกัน) กฎข้อที่สามของนิวตันต้องกำหนดในกรอบอ้างอิงเดียวกัน [21]

แรงหนีศูนย์กลางเป็นสิ่งสมมติเนื่องจากจะมีอยู่ก็ต่อเมื่อมีแรงสู่ศูนย์กลางเท่านั้น ตัวอย่างเช่น เมื่อพิจารณาคนที่ขี่จักรยานโดยสารถูกปล่อยอยู่ในรถ ซึ่งรถจะขับเคลื่อนด้วยแรงสู่ศูนย์กลางที่กระทำกับทุกส่วนของรถ อย่างไรก็ตาม ผู้โดยสารในรถยนต์ยังคงรักษาอิสระในการเคลื่อนไหว และด้วยเหตุนี้จึงรักษาสมดุลได้ให้เป็นเส้นตรงเมื่อรถเริ่มเลี้ยวทำให้ผู้โดยสารขยับไปทางขอบที่หนึ่งไปทางประตู ส่งผลให้แรงสู่ศูนย์กลางไปยังผู้โดยสาร แรงที่ผู้โดยสารได้รับจากรถคือแรงหนีศูนย์กลาง ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันจึงไม่ถือว่าแรงนี้เป็นแรงของจริง เนื่องจากตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน ความเร่งเกิดจากแรง เมื่อหินที่ปลายเชือกที่ถูกไว้กับเสาบนพื้นหมุน ทิศทางความเร็วของหินจะเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ซึ่งจะสร้างความเร่งหากเชือกขาด หินมีแนวโน้มที่จะคงความเฉื่อยไว้และเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงสัมพันธ์กับเส้นทางวงกลมถ้าแรงเหวี่ยงมีจริง ก้อนหินจะเคลื่อนออกไปด้านนอกแทนการเคลื่อนที่ในแนวสัมผัส แนวของแรงดังรูปที่ 13 [22]



รูปที่ 13 ภาพจำลองการเกิดแรงหนีศูนย์กลาง

2.5 การบีบอัด

การบดอัดแบบม้วนเป็นกระบวนการบีบอัดโดยมีลูกกลิ้งแบบต่อเนื่องซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมยา เคมี แร่ธาตุ และอาหาร จะทำให้วัสดุมีพื้นที่กว้าง หลักการของการบีบอัดวัสดุคือนำวัสดุผ่านลูกกลิ้งหมุน โดยให้กระแสเหนี่ยวนำให้เกิดการเสียดทานที่พื้นผิวของวัสดุและลูกกลิ้ง วัสดุอยู่ภายใต้ความดันสูงในช่องว่างแคบระหว่างลูกกลิ้งทำให้วัสดุยุบตัวและมีพื้นที่ที่กว้างขึ้น การนำวัสดุเข้าเครื่องม้วนจะใช้แรงโน้มถ่วงหรือผ่านตัวป้อนสกรูอย่างน้อยหนึ่งตัว

2.5.1 หลักการทำงานของเครื่องรีด เครื่องรีดแผ่นจะมีลูกกลิ้ง โดยลูกกลิ้งมีความยาวที่แน่นอนในทิศทางตามแนวแกนเพื่อให้ความกว้างทั้งหมดของแผ่นโค้งงอและมีลูกกลิ้งบนอยู่ที่ตำแหน่งสมมาตรตรงกลางของลูกกลิ้งทั้งสองตัว ลูกกลิ้งด้านบนสามารถปรับได้ในแนวตั้ง เพื่อให้แผ่นวัสดุสามารถวางอยู่ระหว่างลูกกลิ้งบนและลูกกลิ้งล่างและสามารถรับแรงการบีบอัดระหว่างลูกกลิ้งที่แตกต่างกันได้ ซึ่งลูกกลิ้งด้านล่างจะทำงานและติดตั้งในตลับลูกปืนแบบตายตัว ใช้การหมุนไปในทิศทางเดียวกันและความเร็วเท่ากันผ่านตัวลดเกียร์ ลูกกลิ้งด้านบนเป็นแบบพาสซีฟและติดตั้งในตลับลูกปืนที่สามารถเลื่อนขึ้นและลงได้ การปรับลูกกลิ้งบนเครื่องรีดแผ่นขนาดใหญ่เป็นแบบกลไกหรือแบบไฮดรอลิก แผ่นวัสดุจะถูกวางระหว่างลูกกลิ้งบนและล่าง และลูกกลิ้งบนถูกกดลงเพื่อให้วัสดุแผ่นงอระหว่างจุดรองรับ เมื่อลูกกลิ้งล่างทั้งสองหมุน วัสดุแผ่นจะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเนื่องจากมีแรงเสียดทาน เพื่อให้วัสดุแผ่นทั้งหมดโค้งงอสม่ำเสมอตามหลักการบีบอัดที่กล่าวไว้ข้างต้น เมื่อส่วนวัสดุแผ่นและลูกกลิ้งด้านบนสัมผัสกัน ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 เครื่องรีดแผ่นแบบคที่เรียเซลลูโลส

2.6 การบำรุงผิวโดยมาสก์บำรุงผิว

ผิวหนังเป็นอวัยวะที่ใหญ่ที่สุดและทำหน้าที่เป็นตัวขัดขวางไม่ให้จุลินทรีย์เข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นสุขภาพผิวจึงเป็นสิ่งสำคัญในแต่ละบุคคลนอกจากนี้สุขภาพผิวพรรณยังมีอิทธิพลต่อทางจิตใจและทางสังคม ในอดีตยังไม่มีกรจำแนกประเภทสุขภาพผิว จนถึงในปี 1900 เฮเลนารูบินสไตน์ ได้มีการอธิบายถึงประเภทของผิว สี่ประการ และข้อมูลนี้ถูกนำมาใช้โดยอุตสาหกรรมเวชสำอางเป็นเวลา

หลายปี และในปี 2008 Leslie Baumann และคณะ ได้นำเสนอวิธีการเพื่อแบ่งประเภทของผิว ออกเป็น 16 ประเภทที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและแบ่งประเภทของผิวหนังตามแต่ละคุณสมบัติ เช่น ผิวแห้ง หรือ ผิวมัน, ผิวบางหรือผิวหนา, ผิวสีหรือผิวขาวและผิวย่นหรือผิวเรียบเป็นต้น สภาพผิวอาจ แตกต่างกันไปในช่วงอายุหรือสภาพแวดล้อมเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน, อิทธิพลของ สภาพแวดล้อม หรือ สารซีบัม การหลั่งสารซีบัมที่แตกต่างกันทั้งบริเวณใบหน้าทำให้เป็นตัวชี้วัดต่อ สุขภาพผิวของใบหน้าได้แก่ หน้าผาก, จมูก, แก้มทั้งสองข้าง และคาง เป็นต้น การหลั่งสารซีบัมของ ผิวหนังโดยเฉลี่ยตามปกติสำหรับทั้งใบหน้าคือ $118.7-180.9 \mu\text{g} / \text{cm}^2$ และระดับความเป็นกรดคือ 5.6-6 เนื่องจากมีกรดในสารซีบัมที่หลั่งออกมาพร้อมเหงื่อ และ เคอร์ราติน การหลั่งสารซีบัมโดยเฉลี่ย สำหรับผิวแห้ง, ผิวมันและผิวผสม (แห้งและมัน) คือ $97.3 - 147.6$, $204.6 - 235.4$ และ $109.8-145.5 \mu\text{g} / \text{cm}^2$ ตามลำดับ เครื่องสำอางสำหรับผิวควรมีสู่ตรตามสภาพผิวในแต่ละบุคคลและ เครื่องสำอางควรให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวและเซ็ดสารซีบัมและสารปนเปื้อนบนผิวออกเพื่อให้ผิวมีสุขภาพ ที่ดีความชุ่มชื้นที่ผิวหนัง (ความชุ่มชื้นในชั้น corneum) มีส่วนสำคัญต่อสุขภาพผิว จะทำให้ผิวมีความ สวยงามและการเปล่งประกายของผิว ความบอบบางของผิวอาจได้รับผลกระทบมาจากการได้รับรังสี อัลตราไวโอเล็ต (UV) ความชราหรือการขาดน้ำเนื่องจากความเครียด, ยา และโรคภัยไข้เจ็บ ดังนั้น ผลิตภัณฑ์เสริมความงามที่ดี ควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง, ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ และไม่ ก่อให้เกิดอาการแพ้มีผลต่อผิวหนัง [23]

มาส์กหน้าเป็นผลิตภัณฑ์เสริมความงามซึ่งเป็นสินค้าที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายสามารถใช้งานได้ ง่ายและแสดงผลทันทีบนผิวในบริเวณที่ได้รับสารบำรุง ซึ่งมีส่วนผสมที่ออกฤทธิ์เพื่อบำรุงผิว จะถูก เพิ่มเข้าไปในมาส์กเพื่อเสริมสร้างคุณสมบัติในการคืนความอ่อนเยาว์ ได้แก่ มอยส์เจอร์ไรเซอร์, สาร ชัดผิวและส่วนผสมจากสมุนไพรชนิดต่าง ๆ ของ วิตามิน, โปรตีน, แร่ธาตุที่ส่งผลถึงปัจจัยการ เจริญเติบโตของผิว และวัสดุอื่น ๆ เช่น น้ำผึ้ง และ โคเอนไซม์คิว เป็นต้น โดยปกติมาส์กบำรุงผิวจะมี คุณสมบัติเป็นพลาสติกหรือจากสารธรรมชาติ ทำให้มีการใช้งานที่สะดวก มีจำหน่ายในรูปแบบต่าง ๆ เช่น เจลอิมีลชันแผ่นและแบบแผ่น เป็นต้น

2.7 ชนิดของมาสก์บำรุงผิว

2.7.1 sheet mark แผ่นมาสก์เป็นมาสก์แบบเก่าและมีจำหน่ายทั่วไปมากกว่าชนิดอื่น เนื่องจากมีวางจำหน่ายในตลาดมาเป็นระยะเวลาช้านาน จากการศึกษาล่าสุดที่จัดทำโดยกลุ่ม National Purchase Diary Panel Inc. ในสหรัฐอเมริกาพบว่าตลาดการขายมาสก์เพิ่มขึ้นประมาณ 60% จากในอดีต ซึ่งมีข้อควรระวังที่สำคัญที่สุดเกี่ยวกับแผ่นมาสก์คือน้ำหอมและสีย้อมเทียมที่แตกต่างกันที่แตกต่างกับเช่น พาราเบนและเอสเทอร์พาลาเลตที่ใช้ในแผ่นมาสก์ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผิวหนัง แพทย์บางคนเชื่อว่าแผ่นมาสก์มักไม่ได้รับการออกแบมาสำหรับ ผิวมันหรือผิวที่เป็นสิวนั้นเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียบนพื้นผิว นอกจากนี้แผ่นมาสก์ยังป้องกันการระเหยของน้ำบริเวณผิวหนังทำให้เป็นการเพิ่มเวลาที่สารบำรุงผิวต้องซึมลึกลงสู่ผิวหนัง แผ่นมาสก์อาจมีส่วนผสมหลายอย่างที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งขึ้นอยู่กับยี่ห้อ เช่นว่านหางจระเข้, วิตามินซีไซมูกลูคาร์บอเนต, สกัดจากหอยทาก และ วิชพีซทะเล เป็นต้น สามารถแบ่งประเภทของแผ่นมาสก์บำรุงผิวได้ตามความหลากหลายของประเภทวัสดุที่ใช้ผลิต ซึ่งมาสก์เนื้อหยาบที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพจะมีราคาแพงน้อยกว่า ไฮโดรเจลมาสก์, ไบโอบิโอสมาสก์, มาสก์แผ่นพอยล์, มาสก์จากผ้าฝ้าย, มาสก์หลอดบรรจุและมาสก์แผ่นฟอง ในทางกลับกันเมื่อเร็ว ๆ นี้พบว่าการใช้มาสก์ทำเองกันมากขึ้นเนื่องจากราคาของแผ่นมาสก์ที่มีคุณภาพนั้นราคาสูงและมาสก์ทำเอง ผู้ใช้สามารถกำหนดสารจากธรรมชาติได้เองว่าต้องการใส่สารอะไรเพื่อบำรุงผิวพรรณ

2.7.2 Rinse - off mask มาสก์บำรุงผิวที่ใช้แล้วล้างออกนั้นมีหลากหลายประเภท เช่น มาสก์เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นแก่ผิว, มาสก์สำหรับการล้างเครื่องสำอาง, มาสก์สำหรับขัดผิว, มาสก์จากขี้ผึ้ง หรือมาสก์จากโคลน เป็นต้น สำหรับมาสก์ขี้ผึ้งส่วนมากจะใช้สำหรับผิวแห้งเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำของผิว ซึ่งเป็นการรักษาสมดุลของความชุ่มชื้นในชั้นผิว corneum และผิวหนังชั้นนอก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อสุขภาพผิว สำหรับสูตรจากสมุนไพรก็เป็นทางเลือกที่ดีในการเพิ่มความชุ่มชื้นแก่ผิวอีกทางเลือกหนึ่ง แต่วัสดุบางชนิดก็อาจจะมีข้อเสียด้วย เช่น propylene glycol ซึ่งใช้เป็นสารทำให้ผิวขาวนวลอาจทำให้เกิดอาการแพ้, ลมพิษหรือโรคผิวหนัง อีกทั้งอาจไปทำให้เกิดการอุดตันบริเวณของผิวหนังได้, Diethanolamine ใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์แต่อาจทำให้เกิดการระคายเคืองของผิวหนังได้ diazolidinyl urea, imidazolidinyl urea, และ benzalkonium chloride ใช้เป็นสารกันบูดในมาสก์ซึ่งสารประเภทนี้มีผลข้างเคียงคือเมื่อผิวหนังสัมผัสกับการอาจเกิดการอักเสบของผิวได้ ความชุ่มชื้นของสมุนไพรมาจาก เลซิตินจากถั่วเหลือง, กลีเซอริน และว่านหางจระเข้ เป็นสมุนไพรที่ใช้กับผิวหนัง หรือมีสมุนไพรอีกหลายชนิด เช่น ขมิ้นชัน ทำให้ผิวนวลเป็นต้น ซึ่งมาสก์จาก

สมุนไพรมีหลากหลายชนิดมีสรรพคุณแตกต่างกันออกไปเช่น คาจัน, กรีนแกรม, ไม้จันทน์, อัลมอนต์, ขมิ้น, กลีบกุหลาบ และชาเขียว มีคุณสมบัติคือช่วยเพิ่มการไหลเวียนโลหิต คืนความอ่อนเยาว์และเพิ่มความนุ่มของผิว เป็นต้น

2.7.3 Peel-out mask สำหรับวัสดุบางชนิดเช่น โคลน มักใช้ในเครื่องสำอางซึ่งไม่มีการเตรียมที่เหมาะสมจะปรับไปตามสภาพของโคลนในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นโคลนจึงมีการใช้โดยการพอกบนผิวเพื่อให้มีการใช้งานที่สะดวก ซึ่งมาสก์ประเภทนี้จะเป็นการสร้างฟิล์มบนผิวหนึ่งซึ่งสามารถลอกออกได้ง่าย วัสดุต่างๆเช่น สมุนไพรม, สารเพิ่มความชุ่มชื้น, น้ำหอม หรือสารกันบูดสามารถผสมรวมอยู่ในมาสก์ได้ก่อนการพอกผิว มีสูตรหลากหลายสูตรสำหรับมาสก์ชนิดนี้แต่โดยทั่วไปแล้วการใช้มาสก์ชนิดนี้จะมีการทำให้แห้งไว้เป็นตัวกำหนด เช่น แอลกอฮอล์ เนื่องจากแอลกอฮอล์มีจุดเดือดที่ต่ำกว่าน้ำซึ่งใช้ในการควบคุมเวลาในการแห้งของมาสก์ ยิ่งมีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์สูง เวลาในการแห้งของมาสก์จะยิ่งเร็วขึ้น ซึ่งปริมาณสารแต่ละชนิดควรมีปริมาณที่เหมาะสมก่อนนำไปประยุกต์ใช้งาน □ ในการพอกของมาสก์จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบหรือส่วนผสมในมาสก์ ซึ่งอาจจะมีได้หลากหลายแตกต่างกันไป เช่น แอปเปิ้ล ใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ, วอลนัททำเป็นผิวขาววอลนัท, เปลือกส้มใช้เป็น astringent และ toner หรือแตงกวาใช้เป็นสารที่อ่อนโยนในการบำรุงผิว เป็นต้น มาสก์สำหรับคนเป็นสิิวส่วนใหญ่ใช้การรักษาโดย vulgaris ซึ่งมาจาก tretinoin และ กลีเซอรีน(เพิ่มความชุ่มชื้นให้แกผิว) และ sodium metabisulfite ใช้เป็นตัวต้านอนุมูลอิสระในแผ่นมาสก์ โคลนแต่ละพื้นที่หรือแต่ละสูตรจะมีการใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกันเช่น smectite, illite, kaolinite, และ chrolite เป็นต้น ว่านหางจระเข้ใช้เป็นตัวต้านอนุมูลอิสระและมีคุณสมบัติด้านการอักเสบของผิวอีกทั้งยังมีผลส่งเสริมกับโคลนที่ใช้ในการพอกผิวอีกด้วย

2.7.4 Hydrogel mask Hydrogels คือ polymer ในรูปแบบ 3 มิติโดยสามารถดูดซับน้ำได้หลายครั้งขึ้นอยู่กับน้ำหนักของ Hydrogels ส่วนมาก Hydrogel masks มักใช้สำหรับผิวที่บอบบาง ซึ่ง Hydrogel masks มีคุณสมบัติช่วยระบายความร้อนและมีความอ่อนโยนต่อผิว ไหมเซรีซินที่ฝังอยู่ในนาโนเซลลูโลสถูกนำไปใช้เป็นมาสก์หน้าและแสดงคุณสมบัติทางชีววิทยาที่เหมาะสมสำหรับการบำรุงผิวหน้า นอกจากนี้ยังใช้ Carboxymethylcellulose (CMC) เป็นสารเสริมแรงสำหรับ ไฮโดรเจล PVA - CMC ยาต้านจุลชีพสารต้านอนุมูลอิสระและไฮโดรคอลลอยด์ ไบโสะเดตาต้านการอักเสบถูกฝังอยู่ในเจลต่อต้านกรดสำหรับการใช้พอกหน้า [23] ในการทดลองทางคลินิก 1 ครั้งอาสาสมัคร 10

คน ใช้มาส์กเป็นเวลา 15 วัน ไม่พบการระคายเคืองผิวหนัง ยิ่งไปกว่านั้นความมันของผิวและสีลดลง และผิวพรรณดีขึ้น

2.8 นิโคตินาไมด์ (Nicotinamide) เป็นวิตามินบี 3 รูปแบบหนึ่งที่ยิยมใช้เป็นสารบำรุงผิว และยังพบในอาหารเสริมสำหรับคนที่ขาดวิตามินบี 3 โดยมีงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาถึงประโยชน์ของ Niacinamide ในด้านการดูแลผิวพรรณให้เรียบเนียนและชะลอวัย ไนอะซิน (Niacin) พบได้ใน เนื้อสัตว์ ไข่ นม ถั่ว และผักใบเขียว โดยร่างกายจะแปลงไนอะซินที่เหลือจากการดูดซึมไปใช้ให้เป็น Niacinamide แต่การรับประทานอาหารที่มีวิตามินบี 3 อาจไม่เพียงพอสำหรับบางคน จึงต้อง รับประทานอาหารเสริมและใช้ครีมบำรุงที่มีส่วนผสมของ Niacinamide เพื่อช่วยฟื้นฟูผิวและรักษา โรคที่เกิดจากการขาดวิตามินบี 3 Niacinamide เป็นสารที่ยิยมใช้เป็นส่วนประกอบในครีมบำรุงผิว โดยมีประโยชน์ต่อผิวหนังในหลายด้าน ดังนี้ กระตุ้นกระบวนการสร้างเซราไมด์ (Ceramide) และอี ลาสติน (Elastin) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของผิว โดยเซราไมด์เป็นกรดไขมันที่กั้นไม่ให้ความชุ่มชื้น ระเหยออกจากผิว ป้องกันความเสียหายจากปัจจัยภายนอกที่ทำร้ายผิว และชะลอความแก่ของ ผิวหนัง ส่วนอีลาสติน (Elastin) นั้นเป็นโปรตีนที่ทำให้ผิวยืดหยุ่น ป้องกันการเกิดริ้วรอยและผิวหย่อน คล้อยก่อนวัยช่วยปรับสีผิวให้สม่ำเสมอและลดเลือนรอยแดงให้จางลง ไม่ว่าจะเกิดจากสิว โรคผิวหนัง อักเสบ (Eczema) และโรคผิวหนังอื่น ๆ ที่เกิดจากการอักเสบ เนื่องจาก Niacinamide มีคุณสมบัติ ลดการอักเสบของผิว โดยมีงานวิจัยบางส่วนระบุว่า การใช้ Niacinamide ความเข้มข้น 5% ต่อเนื่องกันอย่างน้อย 4 สัปดาห์ อาจช่วยรักษาจุดด่างดำบนใบหน้าได้ช่วยให้ผิวเรียบเนียน ชุ่มชื้น และช่วยกระตุ้นรูขุมขนให้เล็กลง ปรับสมดุลการผลิตน้ำมันของผิว เนื่องจากผิวที่มีความชุ่มชื้น เพียงพอจะไม่ผลิตน้ำมันออกมามากเกินไป ซึ่งอาจช่วยลดโอกาสในการเกิดสิวได้ป้องกันผิวถูกทำลาย จากปัจจัยภายนอก โดยอาจช่วยลดริ้วรอยและชะลอความเสื่อมของผิวจากอนุมูลอิสระในแสงแดด และมลพิษต่าง ๆ จากสภาพแวดล้อมรอบตัว

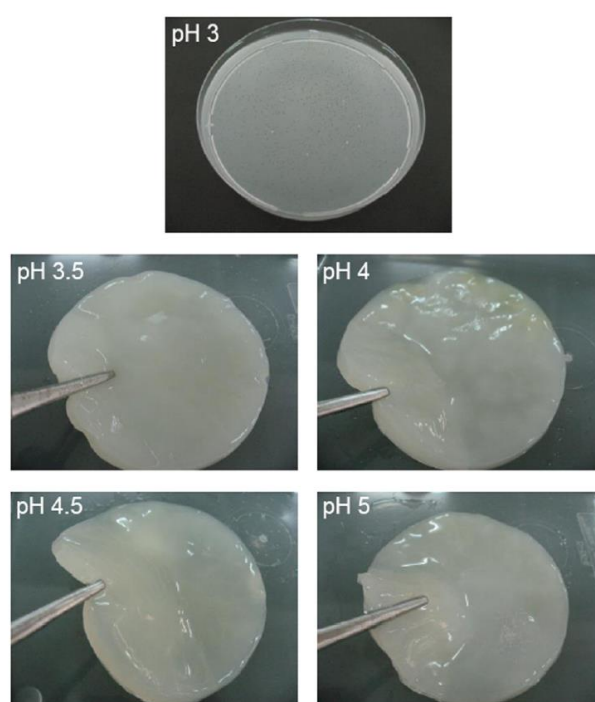
ประโยชน์ของ Niacinamide ยังไม่หมดเพียงเท่านั้น เพราะมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของ Niacinamide ต่อการป้องกันและรักษาโรคผิวหนังอื่น ๆ อีกด้วย เช่น การสमानแผล โรคผิวหนังมี สะเก็ดแผลเรื้อรัง และโรคสะเก็ดเงิน แต่ยังคงรอผลการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต นอกจากนี้ Niacinamide อาจพบในอาหารเสริมวิตามินบี 3 หรือวิตามินบีรวม ซึ่งการรับประทานอาหารเสริมที่ มีส่วนประกอบของวิตามินบี 3 จะช่วยป้องกันและรักษาการขาดวิตามินบี 3 ได้ เช่น โรคเพลแลก รา (Pellagra) ที่เกิดจากการขาดวิตามินบี 3 ทำให้เกิดอาการท้องเสีย อ่อนเพลีย มีอาการสับสน และ ผิวหนังแตกเป็นแผลโดยเฉพาะใบหน้า ลำคอ มือทั้งสองข้าง และบริเวณที่ถูกแสงแดด [25]

Niacinamide ในรูปแบบครีมบำรุงมีหลายประเภท เช่น โทนาเนอร์ เซรั่ม และมอยส์เจอร์ไรเซอร์ ซึ่งก่อนการใช้ครีมบำรุงที่มีส่วนผสมของ Niacinamide ควรล้างหน้าให้สะอาดก่อน โดยสามารถใช้ควบคู่กับผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของกรดไฮยาลูรอนิก (Hyaluronic Acid) ซึ่งช่วยดูดซึมสารบำรุงจากครีมทาผิวเข้าสู่ผิวหนัง และก่อนออกจากบ้านควรทาครีมกันแดดเป็นลำดับสุดท้าย เพื่อประสิทธิภาพการปกป้องและบำรุงผิวครีมบำรุงและผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของ Niacinamide ที่วางขายทั่วไปจะมีปริมาณความเข้มข้นไม่เกิน 5% จึงสามารถใช้ได้โดยมักไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองผิว แต่ผู้ที่มีผิวแพ้ง่ายควรเริ่มใช้ผลิตภัณฑ์ที่มี Niacinamide ในระดับความเข้มข้นต่ำก่อน หากไม่พบอาการระคายเคืองสามารถใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นได้ และควรทดสอบการแพ้โดยทาครีมเล็กน้อยที่บริเวณหลังหูหรือข้อพับแขน และสังเกตอาการหลังจากเวลาผ่านไป 24-48 ชั่วโมง หากมีผื่นแดง แสบ และคัน ไม่ควรใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว [26] [27]



2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

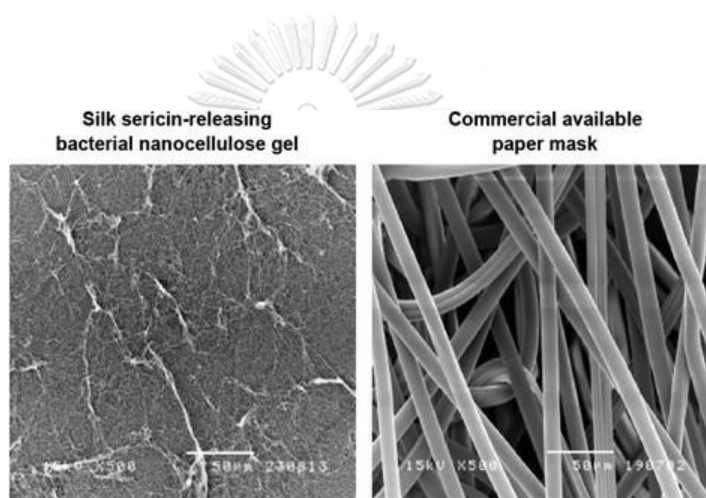
ในปี 2014 Aramwit และคณะ [28] ลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างของแบคทีเรียเจล เซลลูโลส ก่อนอื่นได้ศึกษาอิทธิพลของค่า pH ที่มีต่อการก่อตัวของเจล nanocellulose แบคทีเรีย เพราะคาดว่าค่า pH อาจส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการก่อตัวของ nanocellulose แบคทีเรียเจล โดยเจลเซลลูโลสที่เตรียมจากแบคทีเรีย มีค่า pH ต่าง ๆ ตามลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันเช่น แสดงในรูปที่ 15 เจลสามารถคงตัวที่ pH 3.5 ถึง 5 แต่สามารถเกิดเจลได้ที่ค่า pH 3



รูปที่ 15 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นเจลที่ค่า pH ต่างกัน (3, 3.5, 4, 4.5, and 5)

สรุปได้ว่าลักษณะทางกายภาพและความหนาของเจลเซลลูโลสที่เตรียมที่ pH ต่างกันนั้น ที่ pH 3.5 และ 4 เจลมีลักษณะแข็งตัวและคงตัวมีพื้นผิวเรียบ ส่วนเจลที่ pH 4.5 นั้นก็มีความคงตัวและผิวเรียบเช่นกันแต่นุ่มกว่า ในทางตรงกันข้ามค่า pH 5 ทำให้เจลนิ่มมาก ในส่วนของการพิจารณาที่ความหนาของเจล nanocellulose แบคทีเรียจะลดลงหากค่า pH เพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าค่า pH ที่ 3.5 ผลิตเจลที่ 0.7 ซม. ในขณะที่ค่า pH ที่ 5 ผลิตเจลได้ 0.3 ซม. ดังนั้นค่า pH ที่ 4.5 จะเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ความหนาของเจลที่ 0.6 ซม. เจลมีลักษณะนุ่มและผิวเรียบ ซึ่งที่ค่า pH 4.5 ได้ถูกเลือกนำมาใช้สำหรับการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการปรับปรุงคุณสมบัติทางชีวภาพ ซึ่งที่ pH 4.5 จะถูกดูดซับด้วยไหม sericin เพื่อให้ได้ไหมที่ปล่อยเจลเซลลูโลสจาก

แบคทีเรีย เป็นที่รู้จักกันว่า Silk sericin มีบทบาททางชีวภาพมากมาย เช่นสารต้านอนุมูลอิสระ การผลิตคอลลาเจนและสร้างเนื้อเยื่อซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการใช้บำรุงที่ใบหน้า โครงสร้างใยไหม เซริซินเจล nanocellulose ของแบคทีเรีย พบว่าเจลในการเปรียบเทียบกับการผลิตหน้ากากหน้าแบบกระดาษในเชิงพาณิชย์ แสดงในรูปที่ 16 เราพบใยไหมเจล nanocellulose แบคทีเรียพบว่ามีโครงสร้างเป็นเส้นใยสูงมีเส้นใยละเอียดมากซึ่งตรงกับรายงานของ Vandamme et al ว่าเซลลูโลสจากแบคทีเรียมักจะมีอนุภาคขนาดเล็กมากและโครงสร้างตาข่ายมีความบริสุทธิ์อย่างยิ่ง ในทางกลับกันเส้นใยฝ้ายจากกระดาษที่มีขายในท้องตลาดมีขนาดใหญ่กว่ามาก (เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 μm)



รูปที่ 16 SEM micrographs ของแผ่น 마스크ใยไหมเซริซิน ปล่อยเจล nanocellulose แบคทีเรีย กับแผ่นหน้ากากเส้นใยกระดาษที่ขายทั่วไป (scale bar = 50 μm).

สมบัติเชิงกลของแผ่น 마스크ใยไหมเซริซินเจลเซลลูโลส การทำหน้ากากใยไหมเซริซิน nanocellulose แบคทีเรียเจลมีความเหมาะสมในทางสมบัติเชิงกล ตัวอย่างเช่นควรมีความยืดหยุ่น ยืดหยุ่นและยึดได้เพื่อผิวหน้าทั้งหมด ความต้านทานแรงดึงโมดูลัสและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของใยไหม ที่สภาวะแห้งและเปียก เมื่อเปรียบเทียบกับกระดาษที่มีขายทั่วไปแสดงไว้ในตารางที่ 2 ทั้งในที่แห้งและสภาวะที่เปียกขึ้นค่าแรงดึงโมดูลัสแรงดึงของเซริซินเจล nanocellulose แบคทีเรียมีค่าสูงกว่ากระดาษอย่างมีนัยสำคัญ เปอร์เซ็นต์การยืดตัวของทั้งสองตัวอย่างทั้งสองในสภาวะแห้งมีลักษณะเหมือนกัน อย่างไรก็ตามในสภาวะที่เปียกขึ้นใยไหมsericin nanocellulose แบคทีเรียเจลมีค่าสูงกว่ากระดาษที่ขายทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ สิ่งนี้สามารถอธิบายได้ด้วยว่าเจลที่เป็นแบคทีเรีย nanocellulose ซึ่งมีโครงสร้างผลึกมากขึ้นและมีลักษณะคล้ายริบบิ้นไมโครไฟเบอร์เมื่อเทียบกับ

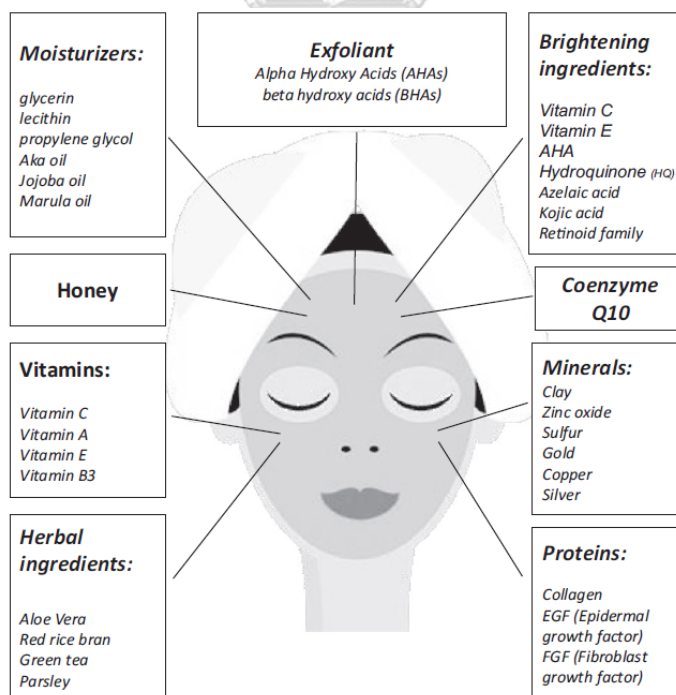
เซลลูโลสจากแผ่นมัสก์กระดาษ นอกจากนี้ใยไหมเซรีซินยังดูดซับเส้นใยของเจล nanocellulose แบบที่เรียขงเราสามารถปรับปรุงสมบัติเชิงกล

ตารางที่ 2 สมบัติเชิงกลของแผ่นมัสก์ใยไหมเซรีซินเจลเซลลูโลสกับแผ่นมัสก์กระดาษที่ขายทั่วไป

	Tensile modulus (N/mm ²)		Elongation (%)	
	Dry	Wet	Dry	Wet
Silk sericin-releasing bacterial nanocellulose gel	30.84 ± 6.99*	11.23 ± 1.26*	32.89 ± 11.89	67.03 ± 5.72*
Commercial available paper mask	0.86 ± 0.22	0.87 ± 0.05	21.88 ± 8.09	26.9 ± 4.38

*, *p* < 0.05 significant against the value of commercial available paper mask at corresponding condition.

ในปี 2018 Nilforoushzadeh และคณะ [29] สุขภาพผิวเป็นสิ่งสำคัญของความสวยงาม แพทย์ผิวหนังและนักวิทยาศาสตร์พยายามพัฒนาวิธีการและวัสดุใหม่ ๆ ในเครื่องสำอางบำรุงผิวหน้า ที่ให้ความชุ่มชื้นและจัดความมันออกจากผิวเพื่อรักษาสุขภาพผิวที่เหมาะสม การใช้งานของ เครื่องสำอางที่เหมาะสมตามประเภทผิวหน้าส่งผลให้ผิวมีสุขภาพดี ที่หน้ามัสก์เป็นผลิตภัณฑ์ เครื่องสำอางที่แพร่หลายที่สุดที่ใช้สำหรับการฟื้นฟูผิว ที่หน้าแผ่นมัสก์แบ่งออกเป็นสี่กลุ่ม: (a) แผ่น มัสก์; (b) มัสก์ที่ลอกออก (c) มัสก์ที่ล้างออก; และ (d) ไฮโดรเจล แต่ละประเภทยังมีข้อดีสำหรับผิว บางประเภทขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่ใช้ แสดงส่วนประกอบในรูปที่ 17



รูปที่ 17 ส่วนประกอบที่สำคัญของแผ่นมัสก์หน้าโดยทั่วไป

ความมันบนผิวจำเป็นต้องดูแลโดยผลิตภัณฑ์สำหรับผิวแบบพิเศษ ซึ่งมีแผ่นมาสก์ 3 ประเภท ได้นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการบำรุงผิว พบว่าประเภทของมาสก์ที่สามารถล้างออก (wash-off masks) ความสามารถ เช่น มาสก์สำหรับความชุ่มชื้น, การทำความสะอาด, ขัดผิวและประเภท โคลน แผ่นมาสก์ที่ลอกออกได้สามารถผลัดสารอาหารต่างๆ เพื่อบำรุงผิวเข้าไปได้ แผ่นมาสก์เจลมีความเย็นและชุ่มชื้น นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มปัจจัยการบำรุงผิวในเจลแผ่นมาสก์เพื่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้น แผ่นมาสก์หน้าที่ใช้ควรเป็นไปตามเพื่อประเภทผิวเพื่อสุขภาพผิวที่ดีขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการตลาดและส่วนผสมจากธรรมชาติ ซึ่งเป็นที่ชื่นชอบของลูกค้ามากขึ้น

ในปี 2011 Amnuakit และคณะ [30] แผ่นมาสก์เซลลูโลสที่ได้จากแหล่งธรรมชาติจากแบคทีเรียเหมือนกับเครื่องสำอางสำหรับการรักษาผิวแห้งเนื่องจากคนผิวแห้งไม่สามารถผลิตความชุ่มชื้นให้ผิวหนังได้ และยังมีความเป็นพิษต่ำและสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาในผลกระทบของแผ่นมาสก์เซลลูโลสที่ได้จาก *Acetobacter xylinum* ต่อลักษณะของผิวและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้กับผลิตภัณฑ์ โดยวิธีการ: ให้อาสาสมัครสามสิบคนที่มีสุขภาพแข็งแรงอายุ 21-40 ปี ได้มีส่วนร่วมในการศึกษา สุ่มอาสาสมัครแบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง สำหรับการกลุ่มควบคุมอาสาสมัคร ต้องใช้แผ่นมาสก์แบบผ้าที่ใช้ทั่วใบหน้าเป็นเวลา 25 นาที สำหรับกลุ่มทดลองอาสาสมัคร ต้องใช้แผ่นมาสก์เช่นแผ่นแปะโปรงแสงบนใบหน้าในช่วงเวลาเดียวกัน สัปดาห์ต่อมากลุ่มต่างๆเปลี่ยนไปเป็นการรักษาการแพทย์ทางเลือก โดยให้ความชื้นของผิวหนัง, ความยืดหยุ่น, พื้นผิว, ความหมองคล้ำ, และประเมินระดับ desquamation มีระดับความพึงพอใจกับการใช้แผ่นมาสก์เซลลูโลสสามารถตรวจสอบโดยใช้ระดับคะแนน 5 จุด ผลที่ได้รับแผ่นมาสก์เซลลูโลสจะช่วยเพิ่มระดับความชุ่มชื้นในผิวอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าความชุ่มชื้นในแผ่นมาสก์แบบผ้าหลังจากใช้งาน 1 ครั้ง ไม่มีผลกระทบที่ชัดเจนกับลักษณะผิวอื่น ๆ พบว่าผลิตภัณฑ์แผ่นมาสก์เซลลูโลสอยู่ในระดับประมาณ 4/5 ในระดับความพึงพอใจ สรุปการใช้เซลลูโลสมาสก์เพียงครั้งเดียวเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นผิวหน้า ผู้ใช้รายงานว่าพอใจกับผลิตภัณฑ์รุ่นทดลองด้วย

ในปี 2017 Muhsinin และคณะ [31] เปลือกกล้วยมีคาร์โบไฮเดรตสูงที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการหมักเซลลูโลสจากแบคทีเรีย แบคทีเรียเซลลูโลสสามารถใช้เป็นแผ่นมาสก์หน้าได้เพราะปลอดภัยต่อการใช้งานมีความเป็นพิษต่ำและย่อยสลายได้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทราบวิธีการผลิตเซลลูโลสจากแบคทีเรียจากเปลือกของกล้วย และแผ่นมาสก์ที่ทำจากเปลือกกล้วยโดยการหมักจาก *Acetobacter xylinum* แบคทีเรียเซลลูโลสแล้วสร้างเป็นเมทริกซ์มาสก์ มีการทดสอบความหนา การทดสอบค่า pH สมบัติทางกล (ความต้านทานแรงดึงและการยืดตัว), การทดสอบความ

แตกต่างของวิตามินซีและการทดสอบ SEM จากการวิจัยพบว่าเซลลูโลสจากแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในเมทริกซ์มีความหนาของ 0.02 cm สำหรับเปลือกกล้วยของ raja และ 0.01 cm ของ nangka ค่าของแรงดึงที่มีคุณสมบัติเป็นเมทริกซ์จากเปลือกกล้วยของ raja และ nangka ด้วยค่า 4380 kg / cm² และ 3181, 50 kg / cm² ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความต้านทานแรงดึงโดยใช้ One Way ANOVA พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแผ่นมาสก์ทั้งสามเมทริกซ์ ในการทดสอบการแตกตัวของวิตามินซี แผ่นมาสก์เมทริกซ์ที่เร็วที่สุดมีค่าในระดับ 70% ในเปลือกกล้วยเข้าถึงระดับ 72.9% ใน 20 นาที เมทริกซ์ทั้งสามนั้นใช้ได้ดีเพราะมีคุณสมบัติคุณสมบัติของเมทริกซ์มาสก์

ในปี 2014 Almeida และคณะ [32] Bacterial cellulose (BC) เป็นเซลลูโลสบริสุทธิ์ที่มีความบริสุทธิ์สูง สามารถให้เยื่อที่บวมน้ำได้โดยใช้แบคทีเรียหลายชนิดแสดงให้เห็น โดยสามารถปรับผิวในการปล่อยปริมาณยา ในงานวิจัยนี้จะการศึกษาการระคายเคืองต่อผิวหนังของแผ่น BC โดยประมาณจากมนุษย์ และทดสอบโดยไม่ใช้กลีเซอริน (ทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์) ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ วัดการระเหยของน้ำออกจากผิวหนัง (TEWL) เปรียบเทียบกับการควบคุมเชิงลบ 2 และ 24 ชั่วโมงหลังจากการนำแผ่น BC ออก พบว่า ผิวที่แข็งแรง หลังจากแปะแผ่น 24 ชั่วโมง มีความสามารถในการทดต่อ BC แต่อย่างไรก็ตามจะต้องเปรียบเทียบกับทดสอบในสภาวะปกติด้วยเพื่อยืนยันอีกด้วย และการทดสอบโดยใช้ร่วมกับกลีเซอรินจะเพิ่มความชุ่มชื้น สามารถรักษาโรคผิวหนังแห้งกร้าน โรคสะเก็ดเงินและโรคมุมิแพ้ผิวหนัง

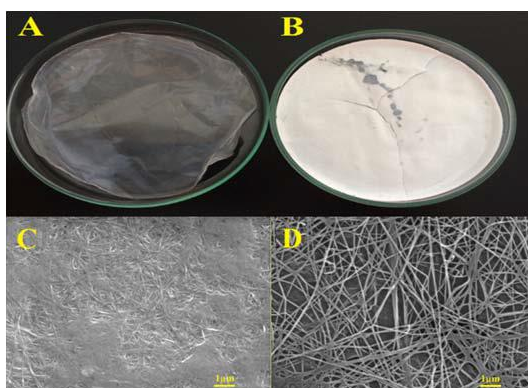
ในปี 2017 Reveny และคณะ [33] ผลการวิจัยพบว่าวิตามินอีในแผ่นมาสก์ bio-cellulose ที่ได้จาก *Acetobacter xylinum* สามารถให้ผลการต่อต้านริ้วรอยในการเพิ่มความชุ่มชื้นและความสมดุลของผิว ลดขนาดรูขุมขนจุดต่างและริ้วรอย ความเข้มข้นที่สูงขึ้นของวิตามินอีในเอสเซนส์แผ่นมาสก์ bio-cellulose สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการต่อต้านริ้วรอย มาสก์หน้าเป็นผลิตภัณฑ์ดูแลผิวหน้ายอดนิยมโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีวิตามินอีเป็นสารต่อต้านริ้วรอย แผ่นมาสก์หน้าใช้งานง่าย Bio-cellulose เป็นการทดแทนมาสก์ผ้าธรรมดาซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นและมีผลการทำให้ระบบและกลไกในผิวหนังเปลี่ยนไป คือ ความชื้นในผิวหนังจะเพิ่มขึ้น เพราะน้ำจากแผ่นมาสก์เข้ามาในผิว และน้ำในผิวไม่สามารถระเหยออกไปข้างนอกได้ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ผิวจะมีการทำงานบางอย่างดีขึ้น เช่น การสมานแผลต่างๆในผิวดีขึ้น การสร้างโปรตีนและไขมันในผิวบางชนิดทำได้มากขึ้น และการผลิตเซลล์ผิวเกิดได้สมบูรณ์ขึ้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตแผ่นมาสก์ bio-cellulose ด้วยวิตามินอีเพื่อต่อต้านริ้วรอย และจากนั้นจะมีการประเมินประสิทธิภาพผิวหน้าของอาสาสมัคร การประเมินผลของแผ่น bio-cellulose นั้นรวมถึงน้ำหนักและความหนาของแผ่นมาสก์

การประเมินยังรวมถึงการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน ทดสอบความหนืด ทดสอบค่า pH ทดสอบความคงตัว ทดสอบการระคายเคืองและการทดสอบประสิทธิภาพของการต่อต้านริ้วรอยโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ผิว พารามิเตอร์ที่วัดได้รวมถึงความชื้น ความสมดุล รุขุมขน จุดและริ้วรอย ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าไปโอเซลลูโลสสามารถเตรียมเป็นมาสก์บำรุงผิวหน้าและความเข้มข้นของวิตามินอีที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทำให้ประสิทธิภาพในการต่อต้านริ้วรอยดีขึ้น

ในปี 2018 Nilforoushzadeh และคณะ [29] สุขภาพผิวเป็นสิ่งสำคัญของความสวยงาม แพทย์ผิวหนังและนักวิทยาศาสตร์พยายามพัฒนาวิธีการและวัสดุใหม่ ๆ ในเครื่องสำอางบำรุงผิวหน้าที่ให้ความชุ่มชื้นและขจัดความมันออกจากผิวเพื่อรักษาสุขภาพผิวที่เหมาะสม การใช้งานของเครื่องสำอางที่เหมาะสมตามประเภทผิวหน้าส่งผลให้ผิวมีสุขภาพดี ที่หน้ามาสก์เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่แพร่หลายที่สุดที่ใช้สำหรับการฟื้นฟูผิว ที่หน้าแผ่นมาสก์แบ่งออกเป็นสี่กลุ่ม: (a) แผ่นมาสก์; (b) มาสก์ที่ลอกออก (c) มาสก์ที่ล้างออก; และ (d) ไฮโดรเจล แต่ละประเภทมีข้อดีสำหรับผิวบางประเภทขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่ใช้

ความมันบนผิวจำเป็นต้องดูแลโดยผลิตภัณฑ์สำหรับผิวแบบพิเศษ ซึ่งมีแผ่นมาสก์ 3 ประเภทได้นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการบำรุงผิว พบว่าประเภทของมาสก์ที่สามารถล้างออก (wash-off masks) ความสามารถ เช่น มาสก์สำหรับความชุ่มชื้น, การทำความสะอาด, ขัดผิวและประเภทโคลน แผ่นมาสก์ที่ลอกออกได้สามารถผลัดสารอาหารต่างๆ เพื่อบำรุงผิวเข้าไปได้ แผ่นมาสก์เจลมีความเย็นและชุ่มชื้น นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มปัจจัยการบำรุงผิวในเจลแผ่นมาสก์เพื่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้น แผ่นมาสก์หน้าที่ใช้ควรเป็นไปตามเพื่อประเภทผิวเพื่อสุขภาพผิวที่ดีขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการตลาดและส่วนผสมจากธรรมชาติ ซึ่งเป็นที่ชื่นชอบของลูกค้า

ศึกษาผลของการอบร้อนต่อคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มแบคทีเรียเซลลูโลส พบว่า แผ่นฟิล์มแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผลิตและทำให้บริสุทธิ์ที่ผ่านกระบวนการทำให้แห้งสองแบบที่แตกต่างกันคือการทำให้แห้งในเตาอบหรือการทำให้แห้งด้วยการแช่แข็งแสดงได้ดังรูป 18



รูปที่ 18 फिल्म BC แห่งในเตาอบ (A) และการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (B) และไมโครกราฟ SEM ของ फिल्म BC ที่แห้งด้วยเตาอบ (C) และแช่แข็งแห้ง (D).

ดังรูปที่ 18 แสดงลักษณะที่ปรากฏของตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดกระบวนการทำให้แห้งแบบต่าง ๆ เห็นว่า BC ที่แห้งเกินไป (รูปที่ 18A) มีความโปร่งใสในขณะที่ BC ที่แห้งเยือกแข็ง (รูปที่ 18B) มีลักษณะคล้าย “สไตรโฟม” ซึ่งศึกษาโครงสร้างของเยื่อเซลลูโลสด้วยความละเอียดที่สูงขึ้นโดยใช้ SEM (รูปที่ 18C และ 18D) ซึ่งแสดงการกระจายตัวของเส้นใย BC และการยึดเกาะของผิวแผ่น BC แสดงโครงสร้างแบบลำดับชั้นที่มีรูพรุนขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่มาโครถึงไมโครสเกล เป็นที่น่าสังเกตว่าตัวอย่างทั้งสองแสดงความคล้ายคลึงกันระหว่างการผสมผสานของเส้นใย อย่างไรก็ตาม BC แบบแห้งเยือกแข็งมีความพรุนสูงกว่าในขณะที่ตัวอย่างแห้งในเตาอบ เส้นใยจะยุบตัวมากกว่าทำให้ความเป็นรูพรุนต่ำกว่าซึ่ง ในการทำแห้งโดยใช้การอบแบบเตาอบร้อนเกี่ยวข้องกับการสลายตัวของสายโซ่โพลีเมอร์ที่ก่อตัวขึ้นภายในโครงข่ายของแผ่นเมมเบรน

จากการทดลองวิธีการทำแห้งด้วยเตาอบและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งไม่ส่งผลต่อความเสถียรทางความร้อนและความเป็นผลึกของแผ่นฟิล์ม แต่จะได้ลักษณะของแผ่นฟิล์ม ความโปร่งใส และความเป็นรูพรุนที่เปลี่ยนไป จากผลของ TGA อุณหภูมิ T_{onset} และ DTG peak พบว่าความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญระหว่างตัวอย่าง BC ภายใต้กระบวนการทำให้แห้งที่ศึกษา แสดงว่ากระบวนการทำให้แห้งไม่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพทางความร้อน และแผ่นตัวอย่างมีความต้านทานความร้อนสูงเนื่องจากสลายตัวที่อุณหภูมิสูง

การศึกษาคุณสมบัติการกักเก็บน้ำและการปลดปล่อยของแบคทีเรียเซลลูโลสที่ได้จากการดัดแปลงจากแหล่งกำเนิดและภายนอก การประยุกต์ใช้แบคทีเรียเซลลูโลส (BC) ทางชีวการแพทย์สำหรับวัสดุตกแต่งขึ้นอยู่กับความจุน้ำ (WHC) และอัตราการปล่อยน้ำ (WRR) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการพรุนรูพรุนปริมาตรและพื้นที่ผิว แบคทีเรียเซลลูโลส (BC) เป็นวัสดุชีวภาพที่น่าสนใจที่มีความโดดเด่น

คุณสมบัติ ได้แก่ ความสามารถในการกักเก็บน้ำสูง ความเป็นผลึก มีความต้านทานแรงดึง โครงข่ายไฟเบอร์แบบละเอียด และความสามารถในการรวมเป็นโครงสร้างสามมิติ (3D) ในระหว่างการสังเคราะห์ ซึ่งเป็นที่น่าสนใจมากที่สุดเมื่อนำมาใช้ในสาขาชีวการแพทย์ เช่น วัสดุปิดแผล, ผิวหนังเทียม, การปลูกถ่ายหลอดเลือด, โครงสร้างนั่งร้านสำหรับวิศวกรรมเนื้อเยื่อ, หลอดเลือดเทียม, แผ่นแพทย์และรากฟันเทียม แม้ว่าจะยังนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอาหาร กระดาษ แผ่นกรองเมมเบรนและอุตสาหกรรมยา

เส้นใยแบคทีเรียเซลลูโลสมีขนาดเล็กกว่าเซลลูโลสของพืชประมาณ 100 เท่า เส้นใยขนาดนาโนสามารถ ขยายทำให้มีพื้นที่ผิวและเมทริกซ์ที่มีรูพรุนสูง [34] [35] อย่างไรก็ตาม ขนาดเส้นใย พื้นที่ผิว และความพรุนของแบคทีเรียเซลลูโลสไม่คงที่อย่างแน่นอนและแปรผันตามการผลิตต่างๆของสิ่งมีชีวิตรวมทั้งองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ การแปรผันของแหล่งคาร์บอนที่ใช้ในการผลิต ดังนั้นความจุน้ำ (WHC) และอัตราการปล่อยน้ำ (WRR) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการประยุกต์ใช้ชีวการแพทย์ของ แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ใช้เป็นวัสดุตกแต่ง ความชื้นของวัสดุเป็นตัวเร่งในการสลายผ่านกระบวนการและการป้องกันการปนเปื้อน ในทางกลับกัน WHC และ WRR สัมพันธ์โดยตรงกับเป็นความพรุนและพื้นที่ผิวของเมทริกซ์แบคทีเรียเซลลูโลส ในความเป็นจริง WHC ที่สูงของแบคทีเรียเซลลูโลสนั้นเกิดจากลักษณะที่มีรูพรุนมาก ซึ่งน้ำที่อยู่ภายในรูพรุนจะจับกับเส้นใยเซลลูโลสผ่านพันธะไฮโดรเจนการจัดเรียงเส้นใยแบบหลวมๆ ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิว พื้นที่ต่อหน่วยมวลและลักษณะที่ชอบน้ำของแบคทีเรียเซลลูโลสส่งผลมากให้มี WHC สูง แบคทีเรียเซลลูโลสมีช่วงกว้าง (100–200 เท่าของน้ำหนักแห้ง) ของค่า WHC การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดจากความแตกต่างในการเรียงตัวของเส้นใย พื้นที่ผิว เป็นความพรุน และของชนิดของเส้นใยแบคทีเรียเซลลูโลส

ในการศึกษานี้จะหาความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นรูพรุน พื้นที่ผิว WHC และ WRR โดยการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของ BC in situ (ระหว่างการสังเคราะห์) และ ex situ (ที่ระดับหลังการผลิต) การศึกษานี้รวมถึงการตรวจสอบพารามิเตอร์เหล่านี้สำหรับ: (a) BC บริสุทธิ์ที่สังเคราะห์ทั่วไป (b) BC ที่ผลิตโดยการเพิ่มความเข้มข้น (1, 2 และ 4%) ของกลูโคโรนิกที่เชื่อมโยงกับน้ำตาลเพียงตัวเดียว oligosaccharide ที่เป็นกรด (SSGO) (c) ส่วนผสมระหว่าง BC ที่เตรียมด้วยพอลิเมอร์ (ไคโตซาน, Ch) และ (d) ส่วนผสมระหว่าง BC เตรียมด้วยอนุภาค inorganic clay (montmorillonite, MMT)

ในปี 2019 Marcinkiewicz และคณะ [36] ได้พัฒนาทดสอบการดื้อยาปฏิชีวนะเกี่ยวกับการรักษาแบบใหม่โดยใช้ทอรีนโบรมีนในส่วนเฉพาะที่สำหรับการรักษาโรคผิวหนังอักเสบเช่นสิว พบว่าเชื้อ *Propionibacterium acnes* มีความไวเป็นพิเศษต่อทอรีนโบรมีน ซึ่งสามารถยับยั้งการผลิต H_2O_2 โดยกระตุ้นการเกิดเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล ซึ่งมีส่วนช่วยในการบรรเทาความรุนแรงและลดจำนวนของรอยสิวกอักเสบ ในการศึกษาทางคลินิกแบ่งผู้ทดลองเป็น 2 กลุ่มระยะเวลาการศึกษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทาง Marcinkiewicz และทีมได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของครีมทอรีนโบรมีน 0.5% กับเจลคลินดามัยซิน 1% ในผู้ป่วย 40 รายที่มีสิวลเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยสุ่มเลือกวันละสองครั้งตลอดการศึกษา จากการทดลองพบว่าการบรรเทาอาการสิวดีขึ้นทั้ง 2 กลุ่ม โดยมากกว่า 90% ของผู้ป่วยดีขึ้นทางคลินิกและพบรอยโรคสิวลที่ลดลงเช่นเดียวกัน (65% ในกลุ่มทอรีนโบรมีน และ 68% ในกลุ่มคลินดามัยซิน) Marcinkiewicz สรุปว่าผลลัพธ์ของทอรีนโบรมีนสามารถเป็นตัวเลือกสำหรับการรักษาสิวกอักเสบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ป่วยที่แสดงการดื้อยาปฏิชีวนะ

ในการเกิดเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลและอีโอซิโนฟิลพบอนุมูลอิสระออกซิเจน (ROS) ที่หลากหลายในบริเวณที่มีการติดเชื้อและอักเสบ และสร้างกรดไฮโปคลอรัส (HOCl, HOBr) จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของฮาไลด์ไอออน (Cl^- , Br^-) โดย myeloperoxidase (MPO) และ อีโอซิโนฟิลเปอร์ออกซิเดสที่ผลิต H_2O_2 ในสารออกซิแดนซ์ที่เป็นสารต้านจุลทรีย์ที่มีศักยภาพ แต่การผลิตที่มากเกินไปอาจทำลายเนื้อเยื่อ ด้วยเหตุนี้การควบคุมโดยสารต้านอนุมูลอิสระ โดยหลักๆ แล้วจะมีทอรีนทอรีน (2-aminoethane sulphonic acid) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนอิสระที่มีมากที่สุดที่เม็ดเลือดขาวไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวกำจัดกรดไฮโปคลอรัสที่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาระหว่างทอรีนและ HOBr หรือ HOCl เป็นทอรีนโบรมีน (TauBr) และทอรีนคลอรามิน (TauCl), ตามลำดับ เมื่อพิจารณา TauCl และ TauBr ซึ่งเป็นฮาโลเอมีนที่สำคัญเกิดขึ้นที่บริเวณที่มีการอักเสบมีคุณสมบัติต้านการอักเสบและฆ่าจุลินทรีย์ โดย TauBr ซึ่งคล้ายกับ TauCl จะทำให้การผลิตสารที่ทำให้เกิดการอักเสบลดลง เช่น ไนตริกออกไซด์, prostaglandin E_2 , เนื้อร้ายของเนื้องอกแฟกเตอร์- α , interleukin (IL)-6, IL-12 และคีโมไคน์ในเม็ดเลือดขาวของสัตว์ฟันแทะและของมนุษย์ ซึ่งฤทธิ์ต้านการอักเสบของทอรีนฮาโลเอมีนเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ โดย TauCl และ TauBr สามารถลดการสร้าง ROS อีกด้วย อย่างไรก็ตาม มีเพียง TauBr เท่านั้นที่ยับยั้งการผลิต H_2O_2 ที่เกิดบริเวณที่อักเสบ ทั้ง TauBr และ TauCl สามารถกระตุ้นการสร้างได้ของ heme oxygenase-1 (HO-1) ซึ่งเหนี่ยวนำให้เกิดความเครียดออกซิเดชันซึ่งยังมีสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านการอักเสบ ดังนั้นจึงอาจ

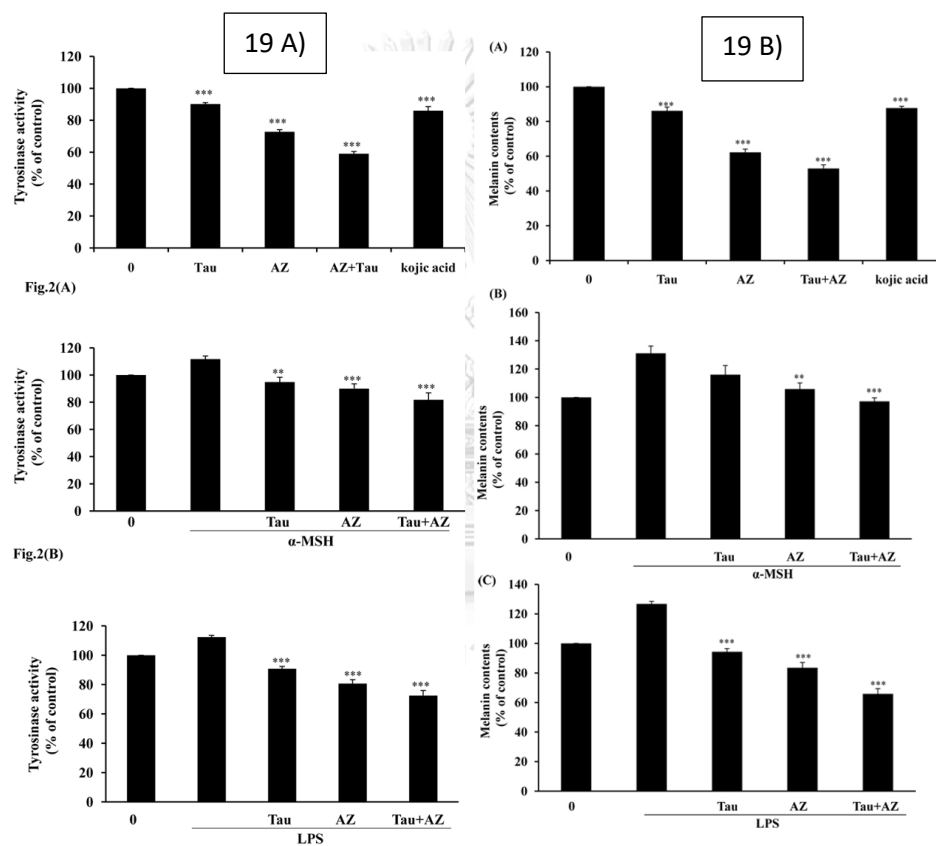
ใช้ทอรีนฮาโลเอมีนและ HO-1 ร่วมกันในการควบคุมยับยั้งการอักเสบและลดความเครียดของปฏิกิริยาออกซิเดชัน

สรุปผลการศึกษาพบว่า TauBr สามารถใช้เป็นแบบเดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยาอื่น ๆ ได้ ซึ่งสามารถเป็นตัวแทนเฉพาะในการรักษาเกิดสิว TauBr ที่ความเข้มข้นที่ไม่เป็นพิษต่อเซลล์แสดงให้เห็นว่าสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *P. acnes* ซึ่งสารก่อโรคที่ทำให้เกิดสิวซึ่งมีความไวต่อ TauBr มากกว่า *S. epidermidis* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เกิดบริเวณผิวหนัง จึงสนับสนุนการใช้ TauBr เป็นยาฆ่าเชื้อเฉพาะที่เฉพาะในการรักษาของการเกิดสิว นอกจากนี้ TauBr ยังแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการลดการสร้าง ROS โดยเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล ที่สามารถลดจำนวนและความรุนแรงของสิวอักเสบ TauBr อาจเป็นทางเลือกที่น่าสนใจรักษาสิวโดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีการดื้อยาปฏิชีวนะ นอกจากนี้ TauBr และ TauCl มีการกระตุ้น heme oxygenase อาจใช้ในแผลที่ผิวหนังการซ่อมแซมและโรคสะเก็ดเงิน

ในปี 2009 Yu และ Kim [37] การปรับผิวให้ขาวขึ้นและต่อต้านริ้วรอย การใช้กรด azelaic ซึ่งเป็นกรด dicarboxylic อิมตัวที่พบตามธรรมชาติในข้าวสาลี ข้าวไรย์ และข้าวบาร์เลย์ สามารถยับยั้งการสร้างเมลานินในเซลล์ โดยการศึกษาการทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการยับยั้งการสร้างเมลานินจากกรด azelaic และทอรีนในเซลล์มะเร็งผิวหนังของหนู B16F10 พบว่า การรวมกันของสารทั้งสองนี้แสดงผลการยับยั้งเซลล์เมลานินได้ดีกว่ากรดอะซาลิกเพียงอย่างเดียว โดยยับยั้งการผลิตเมลานินและการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยไม่กระตุ้นความเป็นพิษต่อเซลล์ สรุปว่าการรวมกันของกรดอะซาลิกและทอรีนเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสำหรับการรักษาโรค

เอนไซม์ไทโรซิเนสเป็นเอนไซม์ที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาการสร้างสารสีน้ำตาลดำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการหมองคล้ำของผิวหนังและผักผลไม้ โดยเอนไซม์ไทโรซิเนสในมนุษย์ สังเคราะห์จากไรโบโซม (ribosome) พบที่ rough endoplasmic reticulum และถูกขนส่งด้วย golgi ไปยัง เมลาโนโซม เพื่อมีหน้าที่สังเคราะห์เมลานิน ดังนั้น จึงเกี่ยวข้องกับการบวนการสร้างสีดำหรือสีน้ำตาลของผิวหนังหรือเส้นผมจากการทดลองของงานวิจัยนี้ พบว่า Tau และ AZ สามารถยับยั้งของการรวมกันไทโรซิเนส ดังรูปที่บ่งชี้ว่า AZ และ Tau ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสโดยเฉพาะอย่างยิ่งการรวมกันของ Tau และ AZ ได้ถึง 41% เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากรูปที่ 19 พิจารณาว่าการรวมกันของ Tau และ AZ กับสารแอนติเมลานินที่รู้จักกันดีคือ กรดโคจิกบนไทโรซิเนส พบว่า การรวมกันของ Tau และ AZ พบปฏิกิริยาของเอนไซม์ไทโรซิเนสน้อยกว่ากรดโคจิกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถกระตุ้น

การสังเคราะห์เมลานินได้โดยฮอร์โมนกระตุ้นการสร้างเซลล์สร้างเม็ดสี (α -MSH) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ α -MSH และ LPS เป็นตัวกระตุ้นการสร้างเม็ดสีผิว ซึ่งเซลล์ B16F10 ถูกบ่มและมีจำนวน 100 นาโนโมลาร์ของ α -MSH หรือ 1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรของ LPS รักษาเป็นเวลา 24 ชม. ผลการทดลองดังที่ปรากฏในรูปที่ B และ C, Tau, AZ และการรวมกันของ Tau และ AZ สามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับยังกลุ่มที่บำบัดด้วย α -MSH หรือ LPS



รูปที่ 19 แสดงปริมาณ % เอนไซม์ไทโรซิเนสและ %การสร้างปริมาณเมลานินเมื่อใช้ AZ และ ทอ
วิน

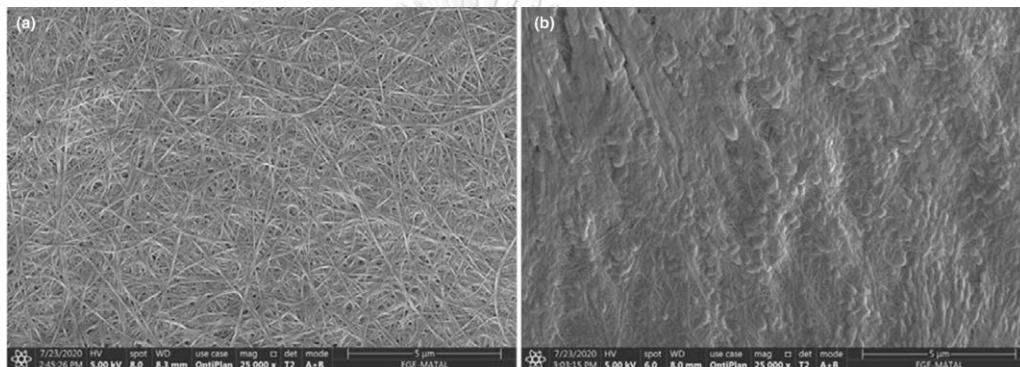
ในปี 2008 Ito และคณะ [38] ทำการทดลองความสามารถต่อต้านความชราของทอรีน โดยใช้แบบจำลองของการขนส่งทอรีน โดยสมมุติฐาน ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับอายุที่ส่งผลต่อผิวหนัง หัวใจ กล้ามเนื้อโครงร่าง และตับ และส่งผลให้อายุสั้นลงมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียทอรีนของเนื้อเยื่อ การพบของโปรตีนที่เหมาะสมช่วยให้ทอรีนภายในร่างกายสามารถทำหน้าที่เป็นโมเลกุลต่อต้านความชราได้

ในปี 2008 Kim และคณะ [39] ตรวจสอบกลไกที่เป็นไปได้ของฤทธิ์ด้านการเพิ่มจำนวนของทอรีนบนเซลล์มะเร็งเมลาโนมา B16F10 ของหนูผ่าน 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) และการตรวจด้วยสีแดงที่เป็นกลางและการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ พวกเขาพบว่าทอรีนป้องกันการเพิ่มจำนวนเซลล์และเกิดอะพอพโทซิสในเซลล์ B16F10 สรุปได้ว่าทอรีนมีบทบาทเป็นสารเคมีบำบัดสำหรับมะเร็งผิวหนัง

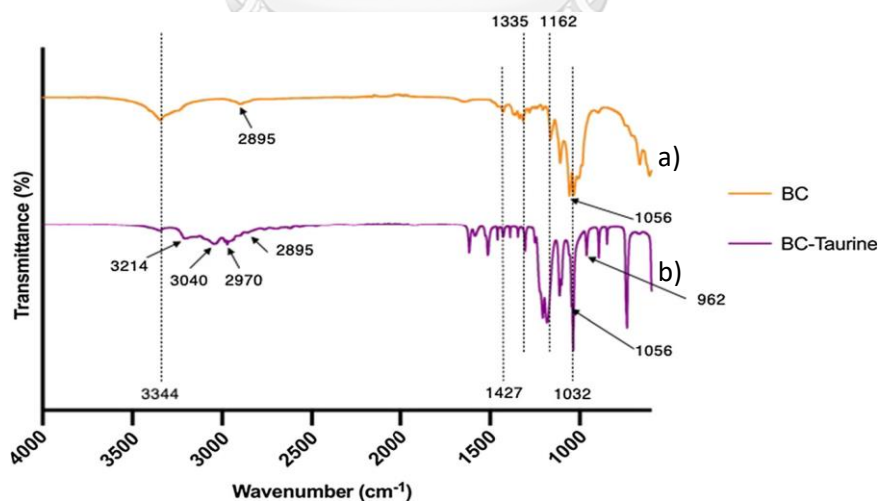
ในปี 2014 Ashkani-Esfahani และคณะ [40] ศึกษาผลกระทบของทอรีนต่อบาดแผลลิซมาเนียที่ผิวหนังในแบบจำลองของหนู โดยทดลองให้หนู 18 ตัวที่มีบาดแผลโดยใช้ *L. major* promastigotes และแบ่งออกเป็นกลุ่มที่ฉีดทอรีน กลุ่มทอรีนเจล และกลุ่มไม่มีการรักษา โดยทำการรักษาทุก 24 ชั่วโมงตลอด 21 วัน กลุ่มที่บำบัดทอรีนพบความหนาแน่นของไฟโบรบลาสต์ ความหนาแน่นของมัดคอลลาเจน และความหนาแน่นของความยาวเส้นเลือดที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการบำบัด กลุ่มที่ฉีดทอรีนมีความหนาแน่นของไฟโบรบลาสต์สูงกว่ากลุ่มทอรีนเจล สรุปได้ว่าทอรีนมีความสามารถในการเสริมการสมานแผลและการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ แต่ไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อลิซมาเนียโดยตรง

ในปี 2021 Bilgi และคณะ [41] ศึกษาแผ่นเซลล์โลสจากแบคทีเรีย (BC) คุณสมบัติที่ได้เปรียบเมื่อเทียบกับเซลล์โลสจากพืช เช่น มีความบริสุทธิ์สูง ความแข็งแรงเชิงกล โครงสร้างตาข่ายนาโนไฟเบอร์ และความสามารถในการกักเก็บน้ำสูง การผลิตผ่านกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพทำให้ไม่สามารถควบคุมต้นทุนได้ ดังนั้นการศึกษาจึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีต้นทุนการผลิตและ วิธีการและการผลิตที่มีเพิ่มมูลค่าสูงขึ้นจากผลิตภัณฑ์จาก BC ใน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนามาส์ก์บำรุงผิวหน้าที่เติมทอรีนด้วยคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระโดยอาศัย BC's high-water การเก็บรักษาและความสามารถในการกักเก็บสารเคมี BC พิจารณาลักษณะทางกายภาพโดยภาพถ่ายสแกนอิเล็กตรอน (SEM), (FTIR), การสแกนเชิงอนุพันธ์ การวัดปริมาณความร้อน (DSC), โครมาโตกราฟีของเหลวมวลสเปกโตรเมทรี (LC-MS) ทดสอบ

จุลินทรีย์และเชิงกลการทดสอบความคงตัวเช่นเดียวกับการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ พบว่าผลิตตัวอย่างมาสก์หน้าไม่แสดงความเป็นพิษต่อเซลล์ keratinocyte ของมนุษย์(HS₂) หรือเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของหนูทดลอง (L-929) และมีเสถียรภาพทางความร้อนสูง ซึ่งทำให้เหมาะสำหรับเทคนิคการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน รวมถึงการทำให้ปราศจากเชื้อโดยการรักษาความร้อน เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยทอรีน พบว่ามากกว่า 2 µg/mL ใน 5 นาที และการทดสอบความคงตัวของจุลินทรีย์ (ไม่มีแบคทีเรียการเจริญเติบโตที่สังเกตได้) ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุหีบห่อเก็บไว้ที่ 40 และ 25 °C เป็นเวลา 6 เดือน สรุป "มาสก์หน้าจากเซลลูโลสจากแบคทีเรีย"เหมาะสำหรับใช้เป็นมาสก์หน้าสำหรับให้ความชุ่มชื้นและคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของทอรีน

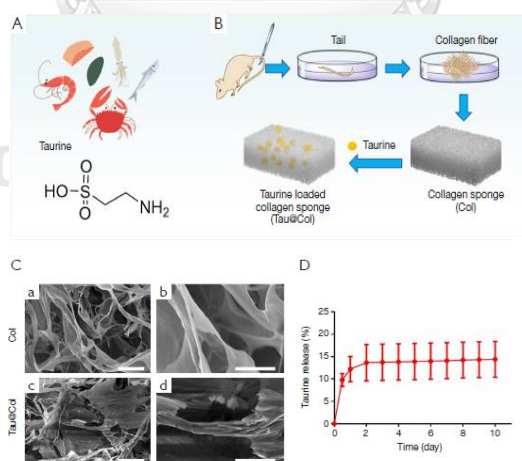


รูปที่ 20 SEM ของแบคทีเรียเซลลูโลส ; a) BC control, b) BC แห่สารละลายทอรีน



รูปที่ 21 FT-IR ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส a) BC control, b) BC แห่สารละลายทอรีน 50mM

ในปี 2021 Liang Wu และคณะ [42] ศึกษาการลดการตอบสนองต่อความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาบาดแผล โดยใช้ทอรีนเป็นกรดอะมิโนที่มีอยู่อย่างมากมายในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระจากออกซิเจนในช่วงที่เกิดการอักเสบได้ วิธีการทดลอง นำทอรีนร่วมกับคอลลาเจนเป็นคอมโพสิตที่เข้ากันได้ทางชีวภาพ Tau@Col ซึ่งสร้างขึ้นสำหรับการรักษาบาดแผลของหนู การทดลองในหลอดทดลองรวมถึงการปลดปล่อยทอรีนจาก Tau@Col และความมีชีวิตของเซลล์เมื่อเพาะเลี้ยงร่วมกับ Tau@Col ด้วยการปลดปล่อยทอรีนเป็นเวลานานที่บริเวณบาดแผล Tau@Col ซึ่งออกแบบมาให้ทำงานได้ดีในบริเวณที่มีบาดแผลโดยสามารถยับยั้งการอักเสบและการกระตุ้นการเพิ่มจำนวนของเนื้อเยื่อ ผลการทดลองพบว่า การปลดปล่อยของทอรีนในหลอดทดลองและความเข้ากันได้ทางชีวภาพของเซลล์เป็นไปในทิศทางที่ดี แสดงให้เห็นว่า Tau@Col เร่งกระบวนการสร้างเนื้อเยื่อที่บาดแผลขึ้นมาใหม่ผ่านการสร้างแกรนูลเพิ่มขึ้น การสะสมของคอลลาเจน ตลอดจนการสร้างเยื่อบุผิวใหม่ การตรวจสอบเพิ่มเติมโดยการย้อมอิมมูโนฟลูออเรสเซนซ์พบว่า ความสามารถในการรักษาบาดแผลดีขึ้นของ Tau@Col โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์ที่เพิ่มขึ้นผ่านการควบคุมปัจจัยการเจริญเติบโตของเยื่อผนังหลอดเลือดภายใน (VEGF) และการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของเจริญเติบโตเบต้า (TGF- β) เช่นเดียวกับการลดลงของการตอบสนองการอักเสบผ่านการกระตุ้น M2 โพลาร์ไรเซชันของแมโครฟาจ ผลสรุประบบนำส่ง Tau@Col ที่ออกแบบทางวิศวกรรมนี้มีศักยภาพในการเป็นวัสดุปิดแผลเพื่อใช้งานในอนาคต



รูปที่ 22 การเตรียมและคุณลักษณะของฟองน้ำคอลลาเจน (Col) และฟองน้ำคอลลาเจนที่เติมทอรีน (Tau@Col) (A) แหล่งกำเนิดและโครงสร้างทางเคมีของทอรีน (Tau) (B) วิธีการเตรียม Col และ Tau@Col (C) SEM ของ Col (a และ b) และ Tau@Col (c และ d) ที่ 50 μm (a และ c) ที่ 20 μm (b และ d) (D) การปลดปล่อย Taurine ของ Tau@Col ที่ 37 $^{\circ}\text{C}$

บทที่ 3

อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1. การเตรียมวุ้นมะพร้าว

นำวัตถุดิบวุ้นมะพร้าวที่ได้จากนำผิววุ้นมะพร้าวจากบริษัท เวิลด์ ฟู้ดส์ อินเตอร์เนชันแนล จำกัด (World Foods International Co., Ltd.) มาคัดแยกและล้างให้สะอาด ล้างด้วยน้ำไหลและทำความสะอาด

หลังจากนั้นต้มในสารละลาย NaOH 1 M เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างน้ำกลั่นจนทำให้ค่า pH ของน้ำกลั่นที่แช่วุ้นมะพร้าวเป็นกลางโดยแช่ทิ้งไว้ โดยใช้เครื่อง pH meter เพื่อให้ค่า pH เป็นกลาง เป็นการดับกลิ่นและฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่เจริญเติบโตบนผิววุ้นมะพร้าวที่ได้มาจากโรงงาน จากนั้นเก็บบรรจุเพื่อรอนำไปทดลองต่อไป

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือ	แบบรุ่น	บริษัทผู้ผลิต
1. เครื่องชั่งวิเคราะห์ความละเอียดตศนิยม 4 ตำแหน่ง	PB303-S/FACT	Mettler Toledo, สวิตเซอร์แลนด์
2. เครื่องชั่งวิเคราะห์ความละเอียดตศนิยม 2 ตำแหน่ง	STX2202	OHAUS, สหรัฐอเมริกา
3. เครื่องกวนสารให้ความร้อน (Hot plate stirrer)	C MAC HS 7	IKA, เยอรมัน
4. ตู้อบความร้อน	ULM500	Mettler Toledo, สวิตเซอร์แลนด์
5. ตู้เย็นที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้	SJ-c15E MS	Sharp, ญี่ปุ่น
6. เครื่องปั่นผสมสาร	RW20 DZM.n	IKA, เยอรมัน
7. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเบส (pH-meter)	Docu-pH+	Science Park, สิงคโปร์
8. เครื่องฟรีซดราย (Freeze dry)		
9. เครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (FT-IR)	Thermo Fisher Scientific Inc	Waltham, สหรัฐอเมริกา

10. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)		
11. เครื่องทดสอบแรงดึงแรงอัด (Universal testing machine)	EZ-S	Shimadzu, ญี่ปุ่น
12. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope)	Eclipse E2000	Nikon, ญี่ปุ่น
13. UV-VIS spectrophotometer	UV-2450	SHIMADZA, ญี่ปุ่น
14. เครื่องปั่นเหวี่ยงสาร (Centrifuge)	U-320	BOECO, เยอรมัน
15. LC/MS	LC- ultraLC 100 MS - QTRAP 6500	Ekspert, สิงคโปร์
16. เครื่องรามานสเปกโทรสโกปี	MultiRAM	Bruker, เยอรมนี

ตารางที่ 4 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

สารเคมี	บริษัทผู้ผลิต/จำหน่าย
1 น้ำกลั่น (distillation water)	
2 น้ำปราศจากไอออน (deionization water)	
3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)	บริษัท เคมีภัณฑ์ จำกัด, ไทย
4 ทอรีน (Taurine)	บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด, ไทย
5 กรดอะซิติก (Acetic acid)	บริษัท เคมีภัณฑ์ จำกัด, ไทย
6 โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate)	บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด, ไทย
7 ผิวนุ่มมะพร้าว	บริษัท เวิลด์ ฟูดส์ อินเตอร์เนชันแนล จำกัด , ไทย
8 เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% (EtOH)	บริษัท กิมฮวด จำกัด, ไทย

3.3 อุปกรณ์และเครื่องแก้ว

- 1) ปีกเกอร์ขนาด 10, 100, 250, 400, 600 และ 1,000 มิลลิลิตร
- 2) กระบอกตวง ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร

- 3) ใบกวน 4 - blade turbine
- 4) แผงแก้วคนสาร
- 5) ซ้อนตักสาร
- 6) Magnetic bar
- 7) เทอร์โมมิเตอร์
- 8) กระจกฟอยล์
- 9) ขวดแก้วสีใสขนาดบรรจุ 10 มิลลิลิตร
- 10) ขวดแก้วสีชาขนาดบรรจุ 10 มิลลิลิตร
- 11) กระจกกรอง
- 12) ขวดแก้วรูปخمพู่
- 13) ตะแกรงกรอง
- 14) จานเพาะเชื้อ
- 15) หลอดหยดสาร
- 16) ขวดปรับปริมาตร 500 มิลลิลิตร
- 17) ปากคิ๊บสแตนเลส
- 18) กระจกฟอยล์
- 19) กระจกสไลด์



3.4 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.4.1 การเตรียมแผ่นวุ้นมะพร้าวให้บริสุทธิ์

นำวัตถุดิบวุ้นมะพร้าวที่ได้จากนำผิววุ้นมะพร้าวจากบริษัท เวิลด์ ฟู้ดส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (World Foods International Co., Ltd.) มาคัดแยกและล้างให้สะอาด ล้างด้วยน้ำไหลและทำความสะอาด หลังจากนั้นต้มในสารละลายต่าง (Alkali treatment) ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมและฟอกสี เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างน้ำกลั่นจนทำให้ค่าพีเอชของน้ำกลั่นที่แช่วุ้นมะพร้าวเป็นกลางโดยแช่ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที โดยใช้เครื่อง pH meter นำเก็บบรรจุลงในถุงซีลสุญญากาศเพื่อกำจัดออกซิเจนภายในถุงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทดลองต่อไป

3.4.2 การศึกษาการลดปริมาณน้ำของแบคทีเรียเซลลูโลส

ศึกษาโดยการนำแบคทีเรียเซลลูโลสหลังจากผ่านการบีบอัดของแบคทีเรียเซลลูโลส จากทั้ง 2 วิธีในข้อ 3.4.1 มาผ่านการลดปริมาณน้ำโดยยังรักษาความสามารถในการดูดซับน้ำซึ่งเป็น จุดเด่นของแบคทีเรียเซลลูโลสไว้โดยศึกษาทั้งหมด 2 วิธี ได้แก่ การทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง และการทำ แห้งแบบแช่เยือกแข็ง

3.4.2.1 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

นำแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการบีบอัดด้วยวิธีทางกล นำไปเข้าเครื่องอบแห้งแบบเยือก แข็งที่อุณหภูมิ -45°C เวลา 6 ชั่วโมง โดยนำออกมาชั่งน้ำหนักทุก 2 ชม. จนน้ำหนักของแผ่น แบคทีเรียเซลลูโลสมีน้ำหนักที่คงที่ จากนั้นนำตัวอย่างแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการปรับสภาพ ด้วยสารละลายต่าง มาตัดให้มีขนาด 3×3 เซนติเมตร และนำไปวัดความหนาของแผ่นด้วยเครื่องมือ วัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Calipers) และ พิจารณาโครงสร้างด้านในของแบคทีเรียเซลลูโลส ด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยาย 100 เท่า ทำศึกษาโครงสร้างโดยใช้กล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) ที่กำลังขยาย 100 เท่า, 500 เท่า, 1000 เท่า, 2,500 เท่า

3.4.2.2 การทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง

นำตัวอย่างแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายต่าง และตัดให้มี ขนาด 3×3 เซนติเมตร นำไปทำแห้งด้วยการปั่นเหวี่ยง (Centrifuge dry) และนำไปรีดด้วยเครื่อง ม้วน (Rolling press) เพื่อผิวของแผ่นมีความสม่ำเสมอ จากนั้นนำไปวัดความหนาของแผ่นด้วย เครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Calipers) ศึกษาโครงสร้างของแบคทีเรียเซลลูโลสด้วย การส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยาย 100 เท่า (เลนส์ใกล้ตา $10 \times$ และเลนส์ใกล้วัตถุ $10 \times$) ทำศึกษาโครงสร้างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) ที่กำลังขยาย 100 เท่า, 500 เท่า, 1000 เท่า, 2,500 เท่า

3.4.2.2.1 ศึกษาประสิทธิภาพของการทำแห้งด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง

นำแบคทีเรียเซลลูโลสหลังจากผ่านการทำให้แห้งในข้อ 3.4.3.2 มาทดสอบหาประสิทธิภาพ ของการปั่นเหวี่ยงของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส(BC) จะใช้แผ่นที่มีลักษณะเปียกปริมาณครั้งละ 80 กรัม ปั่นเหวี่ยงด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน ณ เวลาที่ 3, 5, 7 และ 9 นาที

3.4.3 การศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

ศึกษาโดยการชั่งน้ำหนักแห้งของแบคทีเรียเซลลูโลสทั้งแบบลดปริมาณน้ำด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง จากนั้นวางแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสบนน้ำกลั่นและนำมาชั่งน้ำหนักทุก 1 ชั่วโมง คำนวณหาความสามารถในการอุ้มน้ำตามสมการโดยวิเคราะห์ซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง และคำนวณค่าเฉลี่ยรวมทั้งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\% \text{ประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำ} = (\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}) / \text{น้ำหนักแห้ง} \times 100$$

3.4.5 การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสในสารละลายทอริลิน

3.4.5.1 การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นมาร์กลักษณะปรากฏ

วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพจากการสังเกตสี ลักษณะพื้นผิว และการยุบตัวของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสด้วยการสังเกตด้วยตาเปล่า

3.4.5.2 การศึกษาการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว เส้นใย ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว เส้นใย ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยใช้การเคลือบด้วยทองคำ (Gold coating) ค่าศักย์เร่งอิเล็กตรอน 10 กิโลโวลต์ กำลังขยาย 100 เท่า, 500 เท่า, 1000 เท่า, 2,500 เท่า

3.4.5.3 การศึกษาการปลดปล่อยสารละลายทอริลินในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

การวิเคราะห์ความสามารถในการปลดปล่อยสารของแผ่นมาร์กโดยนำแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสซึ่งที่ผ่านการลดปริมาณน้ำจากทั้ง 2 วิธีโดยตัดให้มีขนาด 3x3 เซนติเมตร นำมาแช่ในสารละลายทอริลิน

3.4.5.3.1 วิเคราะห์เวลาที่ปลดปล่อยของสารละลายทอริลิน

ศึกษาเวลาที่สามารถปลดปล่อยสารละลายทอริลินจากแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสโดยเริ่มจากการนำตัวอย่างจากการทำแห้งโดยปั่นเหวี่ยง ที่ผ่านการแช่สารละลายทอริลิน ที่ความเข้มข้น 50mM เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ มาทดสอบจากนั้นนำแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสออกจากสารละลายทอริลิน นำแผ่นตัวอย่างที่ได้แช่ในน้ำปราศจากไอออนในระบบกวนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 1,3,5,30,60,180 นาที ซึ่งมีใบพัดหมุนที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที ระยะใบพัด 1 เซนติเมตรจากผิวน้ำ จากนั้นนำสารละลายทอริลินวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS

3.4.5.3.2 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน

ศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายทอรีนบนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส โดยเริ่มจากการนำตัวอย่างจากการทำแห้งโดยปั่นเหวี่ยงและแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการแช่สารละลายทอรีน ความเข้มข้น 10mM, 30mM, 50mM และ 70 นาที เป็นเวลา 30 นาที, 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นนำไปแช่ในน้ำปราศจากไอออนในระบบกวนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้สารละลายทอรีนได้ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส นำสารละลายทอรีนมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS

3.4.5.3.3 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน

วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีนที่ pH ต่างกัน ใช้สารละลายทอรีน ความเข้มข้น 50 mM แช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมงที่ pH 5.5, 6.5, 7.5 ตามลำดับ จากนั้นนำไปแช่ในน้ำปราศจากไอออนและสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ซึ่งมี pH 5.5 เป็นเวลา 5 นาที

3.4.5.3.4 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

Nicotinamide (NAM)

โดยนำตัวอย่างจากการทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง ที่ผ่านการแช่สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ความเข้มข้น 10mM, 30mM, 50mM และ 70 นาที เป็นเวลา 30 นาที, 1 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นนำไปแช่ในน้ำปราศจากไอออนในระบบกวนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ได้ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส และมาทดสอบปริมาณการปลดปล่อยของ NAM วิเคราะห์ค่าการดูดกลืนด้วยเทคนิค UV-Vis Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 262 nm

3.4.5.4 การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นมาร์ก

ทดลองโดยทดสอบความต้านแรงดึง (Tensile test) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Universal testing machine ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส ขนาด 1 x 5 เซนติเมตรในแต่ละชนิดเพื่อประเมินคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นมาร์ก ที่อุณหภูมิต่ำ โดยมีความเร็วในการยืดแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสคงที่คือ 50 มิลลิเมตร/นาที และใช้วิธี ASTM D638-01 ในการคำนวณ

3.4.5.5 การวิเคราะห์ลักษณะของหมู่ฟังก์ชันของแบคทีเรียเซลลูโลส (Functional group)

วิเคราะห์ลักษณะของหมู่ฟังก์ชันของผงแบคทีเรียเซลลูโลสด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (FTIR) โดยใช้เทคนิค ATR สำหรับวิเคราะห์สารที่มีลักษณะเป็นของแข็งและแห้ง ที่เลขคลื่นในช่วง $4000-400\text{ cm}^{-1}$

3.4.5.6 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีน

3.4.5.6.1 การศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC

การศึกษาสมบัติทางความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่สารละลายทอรีนที่มีความเข้มข้น 10mM, 50mM, 70mM โดยทำการวัดปริมาณความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสเมื่อแผ่นตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทำการบันทึกเทอร์โมแกรม (Thermogram) โดยทำการศึกษาในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ $20 - 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราที่ให้ความร้อน $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน

3.4.5.6.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นทอรีนต่อเสถียรภาพทางความร้อน

ศึกษาเสถียรภาพทางความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่ด้วยทอรีนที่มีความเข้มข้น 10mM, 50mM ด้วยวิธีทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง วิเคราะห์ความเสถียรของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสโดยการวัดน้ำหนักของตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลง ที่อัตราการให้ความร้อน $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ในช่วงอุณหภูมิ $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ถึง $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน $50\text{ mL}/\text{min}$

3.4.5.7 การศึกษาปริมาณธาตุของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่ทอรีน

ศึกษาปริมาณธาตุของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่ทอรีน ที่มีความเข้มข้น 50mM โดยใช้สัญญาณเอกซ์เรย์ลักษณะเฉพาะ (Characteristic X-rays) ของธาตุที่แตกต่างกันด้วยสเปกตรัมเชิงพลังงาน วิเคราะห์ธาตุที่เป็นส่วนผสมของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสด้วยสเปกตรัม EDS

บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง

งานวิจัยการศึกษาการพัฒนาแผ่นมาร์กหน้าจากแผ่นวุ้นมะพร้าวหรือแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส เป็นแหล่งวัตถุดิบที่มาจากผิววุ้นมะพร้าวที่เหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำผลไม้เพื่อนำมาเพิ่มมูลค่า ซึ่งนำไปพัฒนาเป็นแผ่นมาร์กหน้าที่มีสารละลายทอรีนเกาะอยู่บนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสเพื่อให้สารละลายทอรีนเข้าบำรุงผิวหนังได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่

1. การลดปริมาณน้ำของแบคทีเรียเซลลูโลส

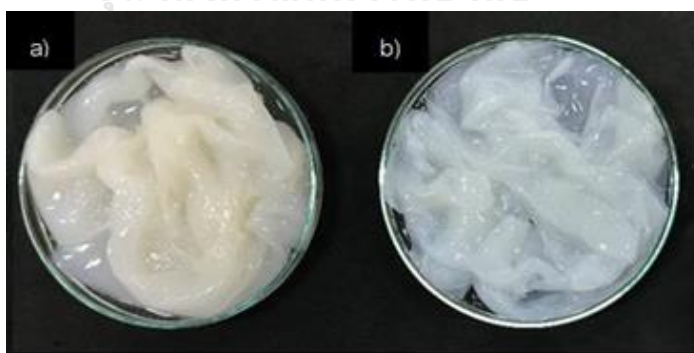
2. ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยของสารละลายทอรีน ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายทอรีน, เวลาในการแช่แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสในสารละลายทอรีน และค่า pH ของสารละลายทอรีน

เพื่อคัดเลือกสภาวะเหมาะสมที่สุดในการเตรียมแผ่นมาร์กหน้า จากปัจจัยต่างๆ คือ วิธีการลดปริมาณน้ำของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส ความเข้มข้นของสารละลายทอรีน และเวลาในการแช่แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

4.1. การเตรียมแผ่นวุ้นมะพร้าวหรือแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

นำวัตถุดิบวุ้นมะพร้าวที่ได้จากนำผิววุ้นมะพร้าวจากบริษัท เวิลด์ ฟู้ดส์ อินเตอร์เนชันแนล จำกัด (World Foods International Co., Ltd.) ที่มีแบคทีเรียสายพันธุ์ *Acetobacter xylinum* เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่สามารถผลิตเส้นใยเซลลูโลสได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 23 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส แผ่นฟิล์มจากโรงงาน (a) และเมื่อผ่านการปรับสภาพด้วยต่าง (b)

4.2 การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการปรับสภาพ

4.2.1 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการปรับสภาพ

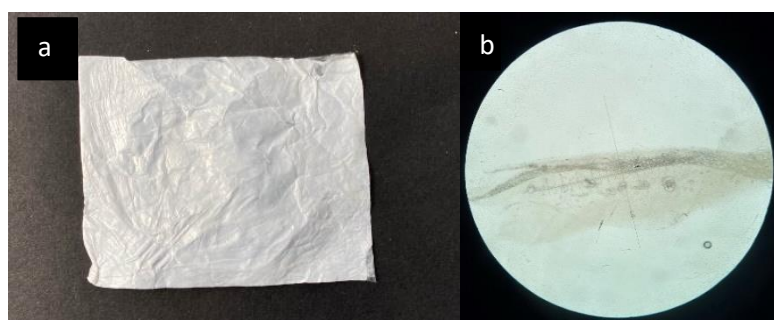
เมื่อนำแผ่นวุ้นมะพร้าวจากโรงงานที่มีลักษณะขาวเหลือง มีความหนาไม่เท่ากัน มีกลิ่นเฉพาะตัวหรือกลิ่นฉุนเล็กน้อย มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จึงต้องนำแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านกระบวนการเตรียมให้บริสุทธิ์มาศึกษาลักษณะทางกายภาพ จึงต้องปรับสภาพในสารละลายต่าง (Alkali treatment) ตามวิธีในข้อ 3.4.1 ได้ผลดังรูปที่ 23 โดยแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสจากโรงงานมีลักษณะเป็นวุ้นสีเหลืองอ่อนและมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง (รูปที่ 23a) เมื่อนำมาปรับสภาพด้วยสารละลายต่าง เพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอม จะได้แผ่นวุ้นแบคทีเรียเซลลูโลสที่มีสีขาวและสภาวะเป็นกลาง (รูปที่ 23b)

4.3 การศึกษาการลดปริมาณน้ำของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

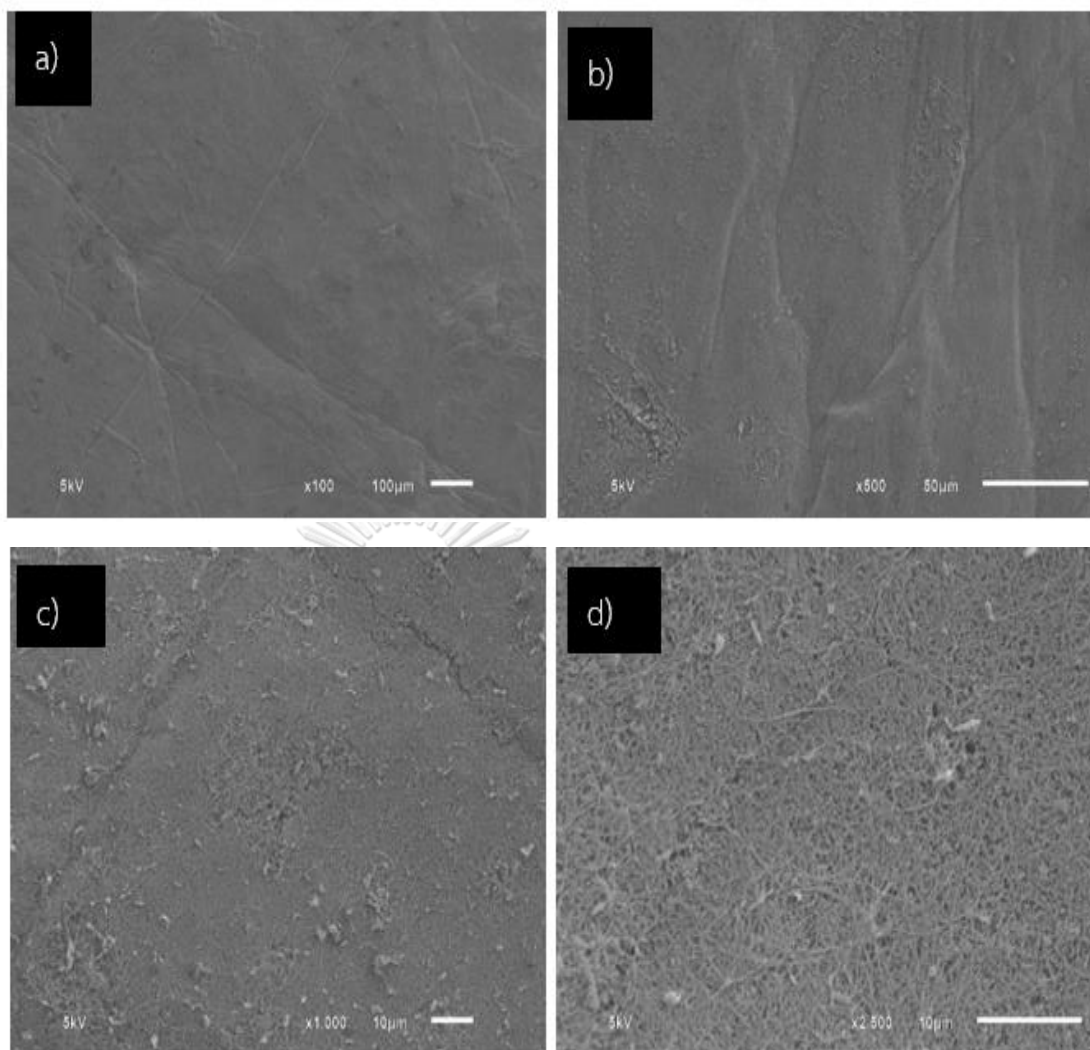
ภายในโครงสร้างของแผ่นวุ้นมะพร้าวเป็นโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งที่เป็นเซลลูโลส มีลักษณะเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ของกลูโคส เส้นใยมีความเป็น Hydrophilic สูง สามารถอุ้มน้ำได้ 60-700 เท่าของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นก่อนที่จะนำไปเข้ากระบวนการเติมสารละลายอื่น ๆ จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการลดปริมาณน้ำดั้งเดิมที่อยู่ภายในเส้นใยเซลลูโลส เพื่อให้สามารถนำไปศึกษาต่อได้สะดวกและเป็นมาตรฐานมากขึ้น โดยทำการศึกษการลดปริมาณน้ำในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส 2 วิธี

4.3.1 การลดปริมาณน้ำด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying process)

เมื่อนำตัวอย่างแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายต่าง และตัดให้มีขนาด 3X3 เซนติเมตร นำไปอบแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dry) จะได้แผ่นสีขาว ดังรูปที่ 24 เมื่อนำไปวัดความหนาของแผ่นด้วยเครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Calipers) พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ได้มีความหนาที่ 0.06 – 0.08 มิลลิเมตร



รูปที่ 24 ลักษณะแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสเมื่อผ่านวิธีแช่เยือกแข็ง a) ลักษณะทางกายภาพแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส, b) โครงสร้างแผ่นเมื่อกำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 25 ภาพ SEM ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
ที่กำลังขยาย 100 (a) 500 (b), 1000 (c) และ 2,500 เท่า (d)

เมื่อพิจารณาโครงสร้างด้านในของแบคทีเรียเซลลูโลสด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยาย 100 เท่า (เลนส์ใกล้ตา 10x และเลนส์ใกล้วัตถุ 10x) โดยนำแผ่นตัวอย่างมาตัดขวาง ได้ผลการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 25 พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มสีขาวขุ่น มีผิวหน้าลื่น มีการหดตัวหลังจากการทำแห้ง

เมื่อศึกษาโครงสร้างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) ที่กำลังขยาย 100 เท่า, 500 เท่า, 1000 เท่า, 2,500 เท่า ได้ผลดังรูปที่ 26 จากการวิจัยพบว่า การลดปริมาณน้ำด้วยวิธีทำแห้งแบบเยือกแข็ง พื้นที่ผิวของแบคทีเรียเซลลูโลสมีลักษณะเรียบบริเวณ เมื่อวัดขนาดที่กำลังขยาย 2,500 เท่า มีขนาดของรูพรุนเฉลี่ย 1.04 ± 0.45 ไมโครเมตร

การทำแห้งแบบเยือกแข็งส่งผลให้โครงสร้างของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสมีลักษณะเป็นรูพรุน ที่เกิดจากการระเหิดของน้ำที่แทรกตัวอยู่ภายใน ทำให้มีช่องว่างจำนวนมาก[43]

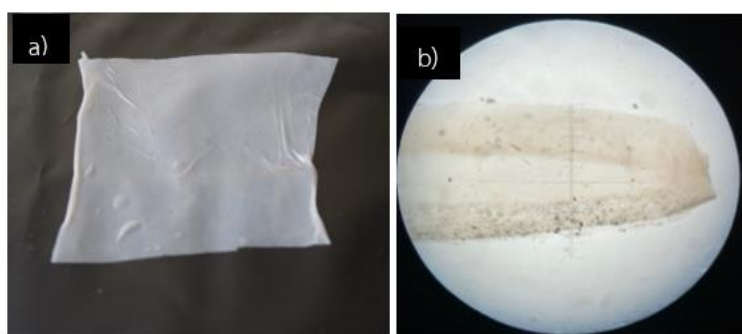
การลดปริมาณน้ำด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เป็นการทำให้แห้งโดยทำให้น้ำที่อยู่ภายในเส้นใยเซลลูโลสจากของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งที่เป็นผลึกน้ำแข็งเล็ก ๆ จากนั้นจึงลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ เพื่อให้ผลึกน้ำแข็งสามารถ ระเหิด (Sublimation) กลายเป็นไอ ภายใต้ อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เส้นใยสามารถคืนตัวได้ดีกว่าการทำแห้งแบบอบลมร้อน (Hot Air Drying) ซึ่งทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิดการเปลี่ยนแปลงมีการยุบตัว ทำให้ไม่สามารถคืนตัวได้

4.3.2 การลดปริมาณน้ำด้วยวิธีทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง (Centrifuge drying process)

การลดปริมาณน้ำด้วยวิธีทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง เป็นการกำจัดน้ำออกจากแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสด้วยการทำงานโดยการใช้แรงหมุนเหวี่ยงสะบัดให้อนุภาคของ ๆ เหลวที่เกาะภายในเส้นใยแบคทีเรียเซลลูโลสหลุดออกมาด้วยความเร็วสูง จึงทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) คือแรงที่เหวี่ยงวัตถุออกจากศูนย์กลางเมื่อเกิดการหมุนเป็นวงกลมอย่างรวดเร็ว [22]

เมื่อนำตัวอย่างแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายต่าง ๆ นำมาตัดขนาด 3X3 เซนติเมตร นำไปทำแห้งด้วยการปั่นเหวี่ยง (Centrifuge dry) และรีดด้วยเครื่องม้วน (Rolling press) และวัดความหนาของแผ่นด้วยเครื่องมือ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 26

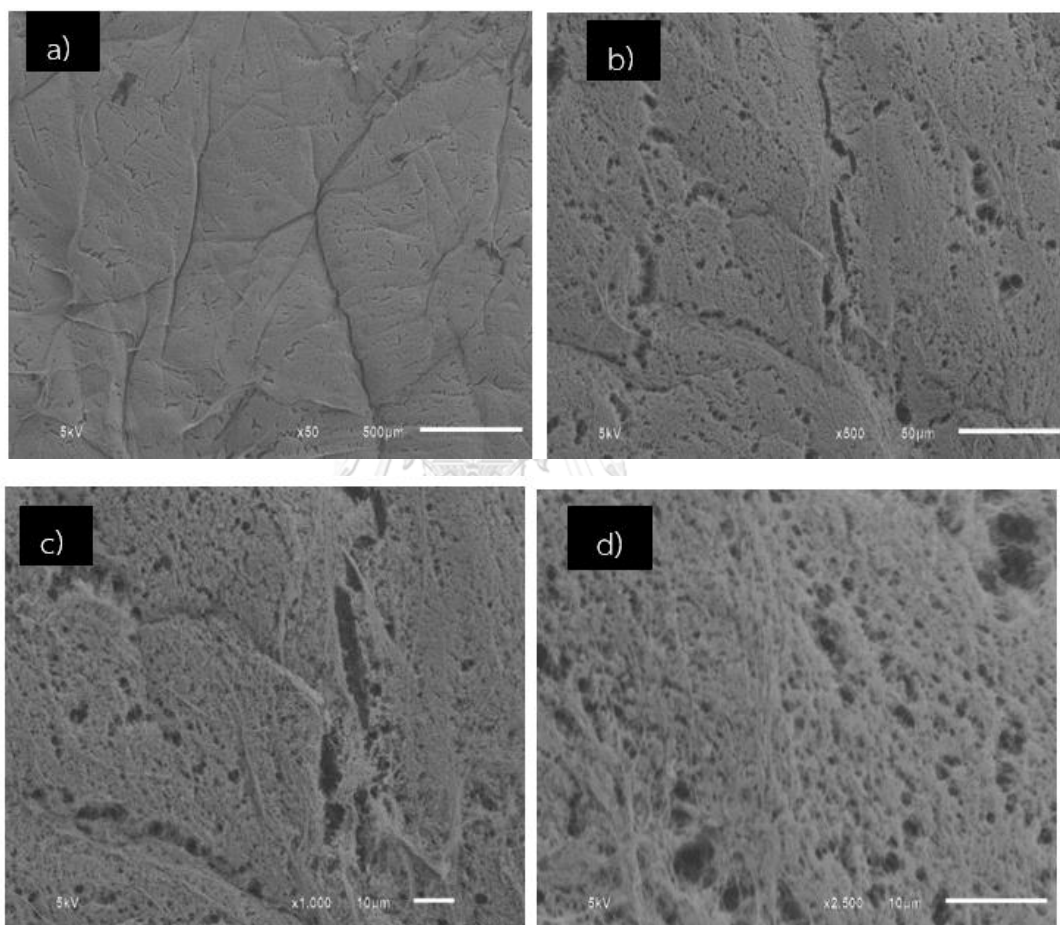
จากผลการทดลอง พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสมีความหนาเฉลี่ย 0.19 – 0.23 มิลลิเมตร เมื่อศึกษาโครงสร้างแผ่นตัวอย่างแนวตัดขวาง ด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยาย 100 เท่า (เลนส์ใกล้ตา 10x และเลนส์ใกล้วัตถุ 10x) ในโดยนำ พบว่า มีลักษณะเป็นแผ่นบางโปร่งใส สีขาว ผิวหน้ามีลักษณะเรียบเนียน ไม่มีการหดตัวหลังจากการทำแห้ง



รูปที่ 26 ลักษณะของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังทำแห้งด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง

(a) ลักษณะทางกายภาพแผ่น (b) โครงสร้างแผ่นแบบตัดขวางที่กำลังขยาย 100 เท่า

เมื่อศึกษาโครงสร้างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) ที่กำลังขยาย 100 เท่า, 500 เท่า, 1000 เท่า, 2,500 เท่า ได้ผลดังรูปที่ 27 พบว่า การลดปริมาณน้ำด้วยวิธีทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง จะทำให้พื้นที่ผิวของแบคทีเรียเซลล์ูโลสมีลักษณะเป็นรูพรุนมากกว่าและลักษณะโครงสร้างของเส้นใยมีการยุบตัวน้อยกว่า แบคทีเรียเซลล์ูโลสชนิดทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จึงทำให้การยึดเกาะกับสารละลายสร้างพันธะกับหมู่ไฮโดรเจนได้ดี และมีขนาดของรูพรุนเฉลี่ย 2.45 ± 1.22 ไมโครเมตร



รูปที่ 27 ภาพ SEM ของแผ่นแบคทีเรียเซลล์ูโลสหลังทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง ที่กำลังขยาย 100 (a) 500 (b), 1000 (c) และ 2,500 เท่า (d)

4.3.2.1 ทดสอบหาประสิทธิภาพของการทำแห้งด้วยวิธีปั่นเหวี่ยงของแบคทีเรียเซลลูโลส



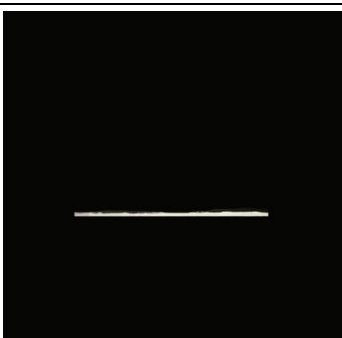


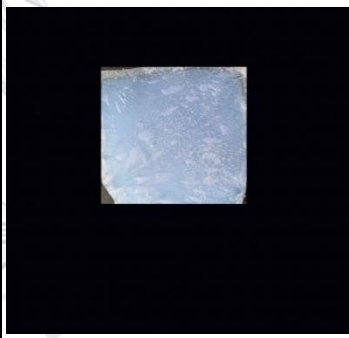
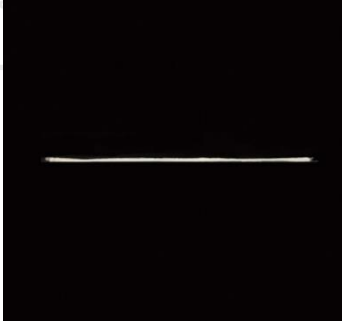

ในการทดสอบหาประสิทธิภาพของการปั่นเหวี่ยงของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส(BC) จะใช้แผ่นที่มีลักษณะเปียกปริมาณครั้งละ 80 กรัม ปั่นเหวี่ยงด้วยระยะเวลา 3, 5, 7 และ 9 นาที ดังตารางที่ 5 พบว่า น้ำหนักแผ่นแบคทีเรียก่อนการปั่นเหวี่ยงอยู่ในช่วง 80.69 ± 0.57 - 82.95 ± 2.18 เปอร์เซ็นต์

การเพิ่มระยะเวลาการปั่นจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำที่สูญเสียเพิ่มมากขึ้น จะอยู่ในช่วง 59.25 ± 2.38 - 82.51 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้ระยะเวลา 3 นาที เป็น 5 นาที จะได้เปอร์เซ็นต์น้ำที่สูญเสียสูงที่สุด 82.51 ± 0.07 % ซึ่งเป็นเวลาที่เพียงพอและเหมาะสมที่ใช้ในการปั่นเหวี่ยงในการได้แผ่นมาสก์ที่มีลักษณะตามต้องการได้

ตารางที่ 5 ผลของเวลาในการปั่นเหวี่ยงต่อเปอร์เซ็นต์น้ำที่สูญเสีย (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3)

เวลา (นาที)	น้ำหนัก BC ก่อนปั่น (กรัม)	น้ำหนัก BC หลังปั่น (กรัม)	เปอร์เซ็นต์น้ำที่สูญเสีย (%)
3	80.69 ± 0.57	32.89 ± 2.14	59.25 ± 2.38
5	81.97 ± 1.31	14.74 ± 0.35	82.51 ± 0.07
7	81.92 ± 2.37	14.58 ± 0.94	82.17 ± 1.60
9	82.95 ± 2.18	14.52 ± 1.29	82.47 ± 1.73

ตารางที่ 6 แสดงลักษณะทางกายภาพด้านบนและแนวขวางของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงด้วยเวลาต่างๆ

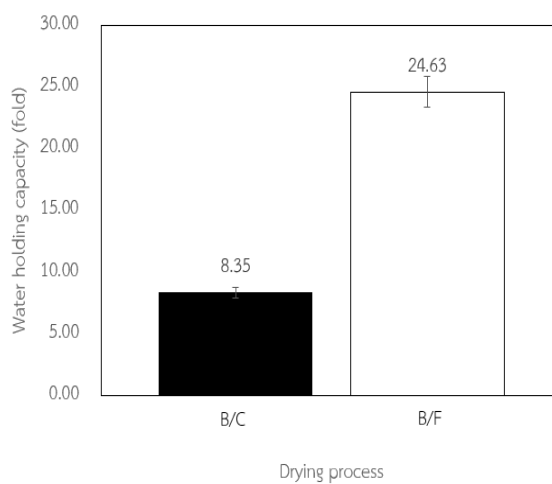
เวลา (นาที)	ลักษณะแนวตัดขวาง	ลักษณะพื้นผิว
3		
5		
7		
9		

4.3.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำของแบคทีเรียเซลลูโลส

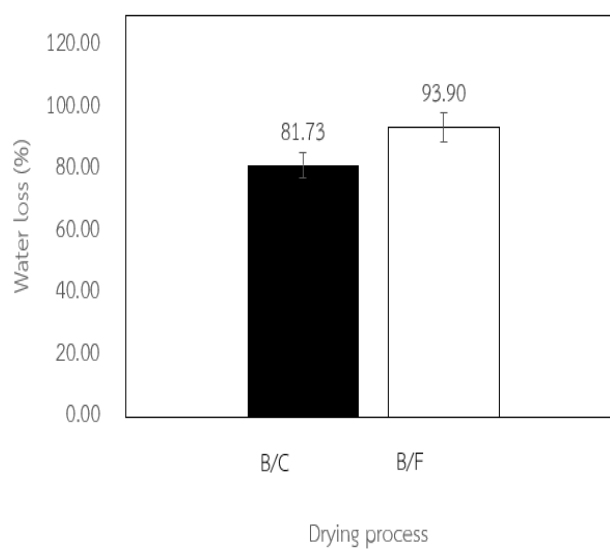
เมื่อนำตัวอย่างที่ผ่านการทำให้แห้งมาเปรียบเทียบกัน ได้ผลดังตารางที่ 7 พบว่า ตัวอย่างมีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางสีขาว ในขณะที่ทำการทำให้แห้งด้วยการปั่นเหวี่ยงแห้งจะมีลักษณะเป็นสีขาวโปร่งและนุ่มคล้ายฟองน้ำ โดยเกิดจากการกำจัดน้ำออกจากแผ่นโดยไม่ผ่านความร้อน

เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่อยู่ในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 28 พบว่า การทำให้แห้งด้วยวิธีแบบแช่เยือกแข็ง B/F มีค่าการอุ้มน้ำเฉลี่ยสูงถึง 24.63 ± 4.31 เท่าของน้ำหนักแห้ง ส่วนการทำให้แห้งด้วยวิธีแบบปั่นเหวี่ยง B/C มีค่าการอุ้มน้ำเฉลี่ย 8.35 ± 1.30 เท่าของน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็งมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าการทำให้แห้งแบบปั่นเหวี่ยง เนื่องจากภายในโครงสร้างของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสมีเปอร์เซ็นต์น้ำที่หายไปเฉลี่ย $93.90\% \pm 0.38$ สูงกว่าวิธีการทำให้แห้งแบบปั่นเหวี่ยงเฉลี่ย $81.73\% \pm 0.69$ ดังรูปที่ 29 ส่งผลให้มีพื้นที่ในการแทรกตัวของโมเลกุลน้ำเข้าไปภายในมากขึ้น ตารางที่ 7 เปรียบเทียบลักษณะของแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านกระบวนการทำให้แห้ง

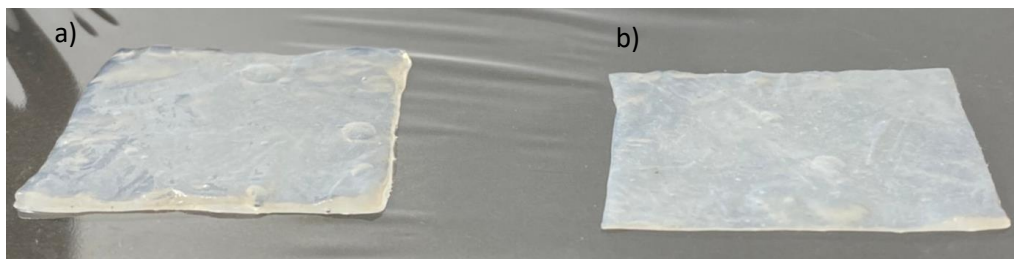
Sample Name	Physical appearance			
	Color	Surface	Shrinkage	Adsorption
BC/Centrifuge (B/C)	White	Smooth	X	Adsorb
BC/Freeze-drying (B/F)	White	Wrinkled	Shrink	Adsorb



รูปที่ 28 ความสามารถในการอุ้มน้ำของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการทำแห้ง



รูปที่ 29 เปอร์เซ็นต์น้ำที่หายไปของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการทำแห้ง



รูปที่ 30 เปรียบเทียบลักษณะของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแ่สารละลาย

a) แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสปั่นเหวียง, b) แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสแ่เยือกแข็ง

4.4 การศึกษาแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสในสารละลายทอรีน

4.4.1 การวิเคราะห์ลักษณะและโครงสร้างของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

เมื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ผ่านการทำให้แห้งด้วย 2 วิธี เปรียบเทียบกันเมื่อทำการแช่ในสารละลายทอรีนที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 10mM, 30mM, 50mM, 70mM ในเวลา 1 ชั่วโมง โดยแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสนำไปผ่านกระบวนการดึงน้ำออกจากตัวอย่าง (Dehydration) คือกระบวนการแทนที่น้ำด้วยแอลกอฮอล์โดยเริ่มจากแอลกอฮอล์ความเข้มข้นน้อยไปจนถึง absolute ethanol เพื่อให้มั่นใจว่าในตัวอย่างไม่มีน้ำหลงเหลืออยู่ภายใน ให้ตัวอย่างที่เป็นพื้นผิวเซลลูโลสรักษาโครงสร้างของเนื้อเยื่อและไม่เกิดการหดตัว และนำตัวอย่างทำแห้งด้วยวิธี critical-point drying (CPD) [44] เป็นการทำให้ตัวอย่างแห้งที่อุณหภูมิวิกฤต โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับสารตัวทำละลาย เช่น อะซิโตน (acetone) เพื่อเตรียมตัวอย่างให้เหมาะสมก่อนจะนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยายต่าง ๆ

จากผลการวิจัยจากภาพที่วิเคราะห์ ในตารางที่ 8 พบว่า แผ่นของแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่ในสารละลายทอรีน พบอนุภาคเม็ดกลมของสารละลายทอรีนเกาะอยู่บนพื้นผิวของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายทอรีนที่ใช้ จะพบว่าลักษณะพื้นผิวมีความหนาแน่นของเม็ดทอรีนมากขึ้น

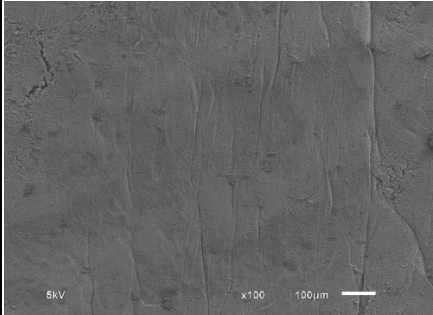
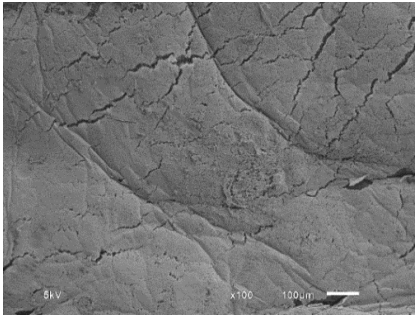
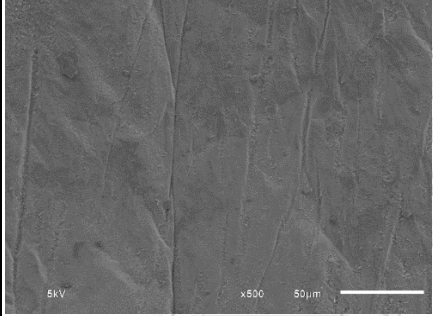
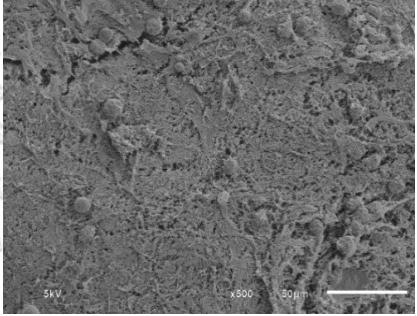
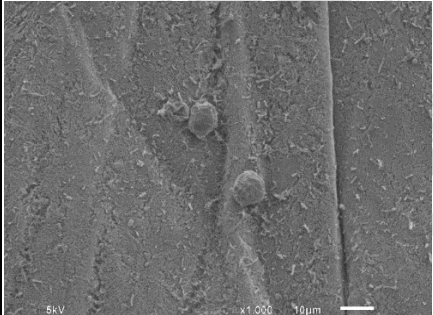
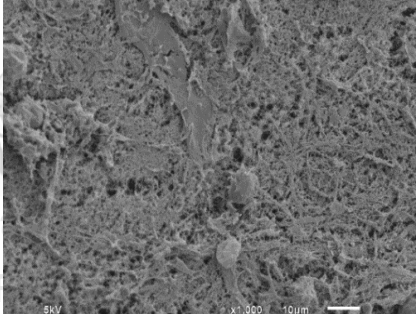
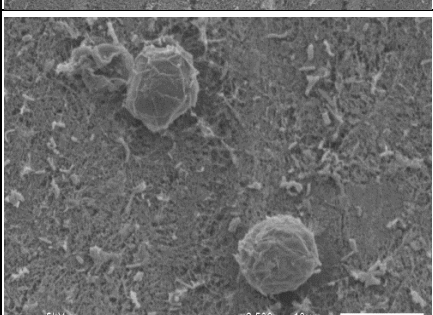
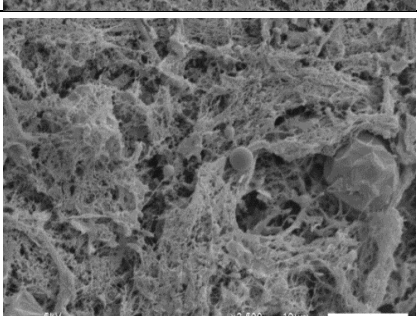
เมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้น 50 mM กำลังขยาย 100 เท่า จะพบลักษณะอนุภาคทอรีนบนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหนาแน่น และเมื่อใช้กำลังขยาย 500, 1000 และ 2500 เท่า มีลักษณะเป็นอนุภาคทรงกลมอยู่บนพื้นผิวของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส เมื่อเทียบกับแผ่นเซลลูโลสที่ไม่ได้แช่สารละลายทอรีน พบว่า อนุภาคทอรีนที่แทรกเข้าไปในช่องระหว่างเส้นใยเซลลูโลส นอกจากนี้เมื่อ

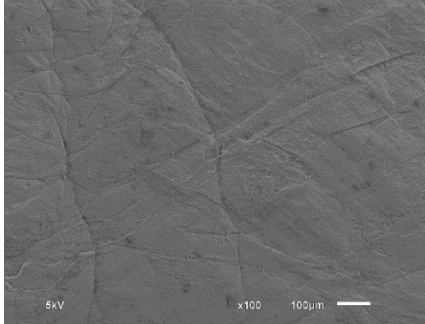
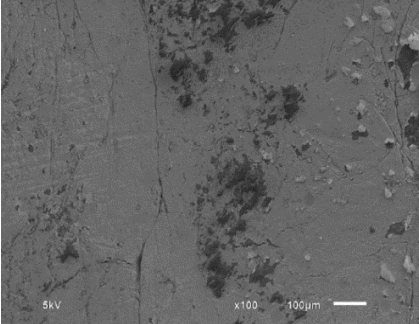
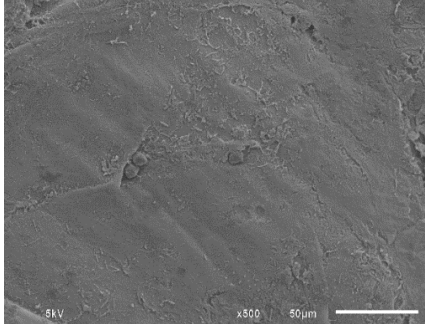
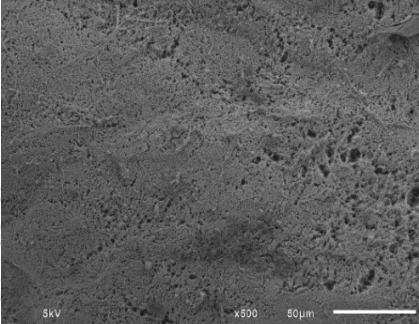
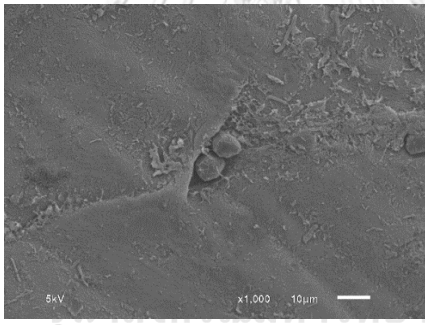
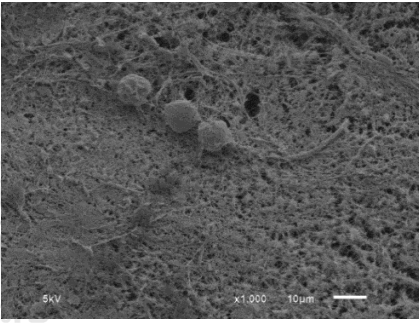
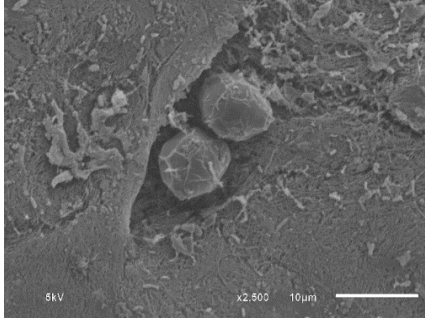
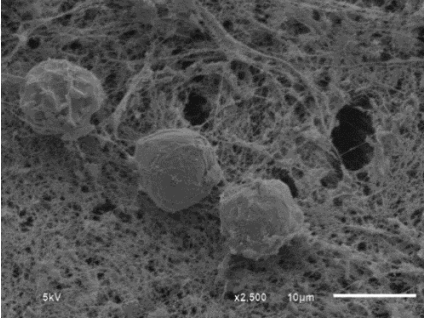
พิจารณาที่ความเข้มข้น 70 mM ความหนาแน่นของอนุภาคทอริ่งที่อยู่บนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสมีลักษณะใกล้เคียงกับความเข้มข้น 50 mM

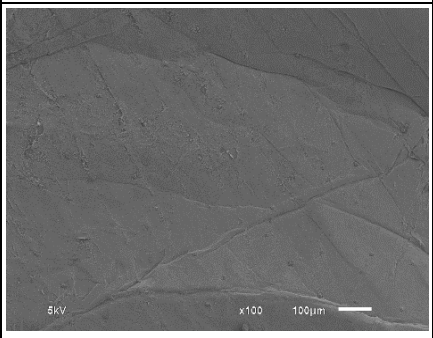
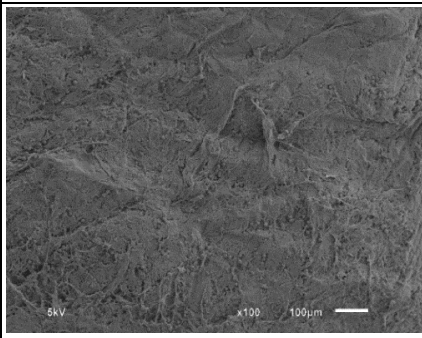
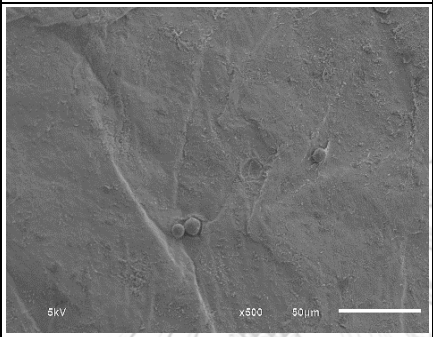
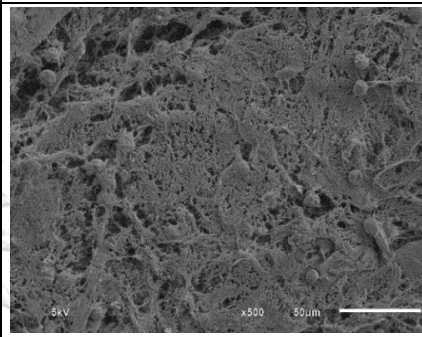
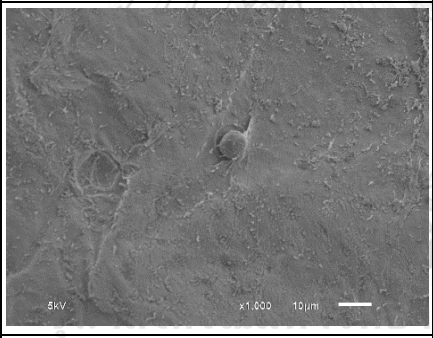
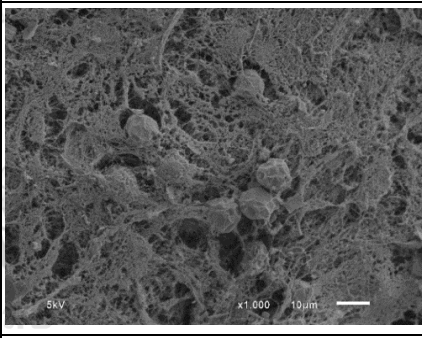
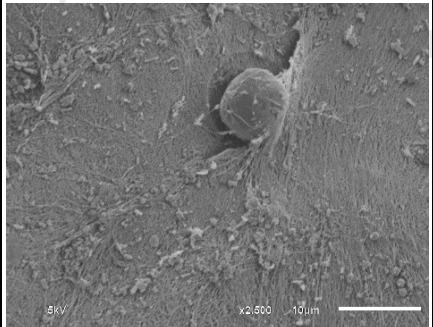
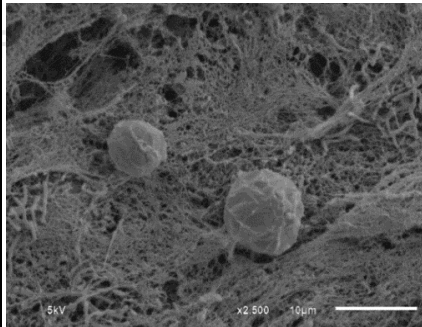
เมื่อพิจารณาภายใต้กำลังขยายที่เท่ากัน คือ กำลังขยาย 2,500 เท่า โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคสารละลายทอริ่ง มีขนาด $4.60 \pm 0.18 \mu\text{m}$ มีลักษณะอนุภาคเป็นก้อนกลมเหมือนกันทั้ง 2 วิธีทำแห้ง ซึ่งเกาะอยู่บนเส้นใยของแบคทีเรียเซลลูโลสอย่างหลวม ๆ นอกจากนี้จะสังเกตเห็นว่าอนุภาคทอริ่งสามารถอยู่บนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยงได้มากกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาขนาดของพื้นที่ผิวเท่ากัน

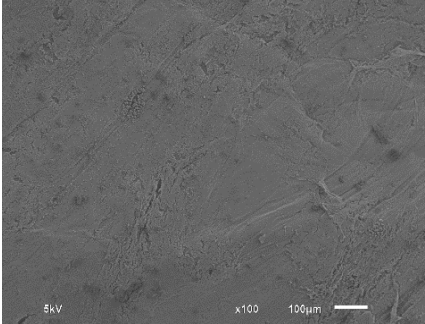
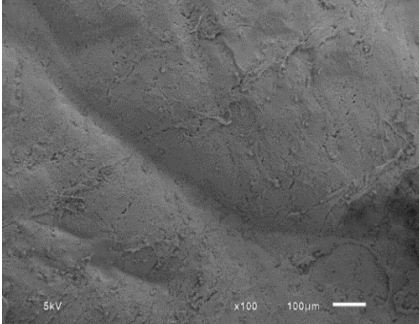
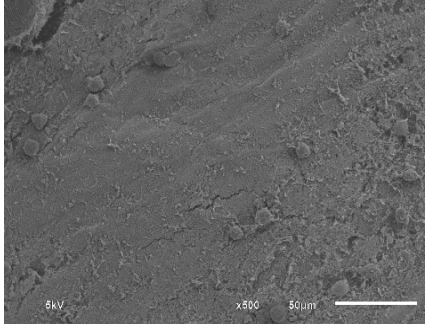
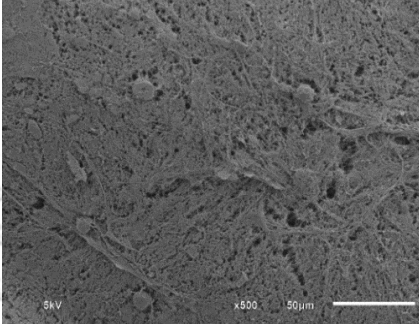
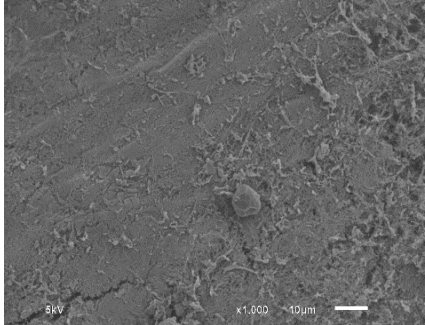
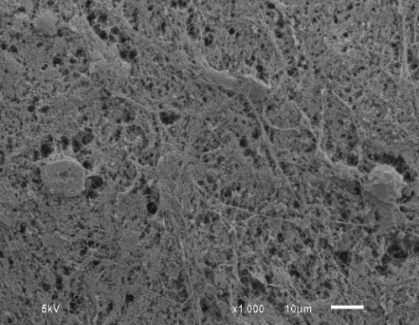
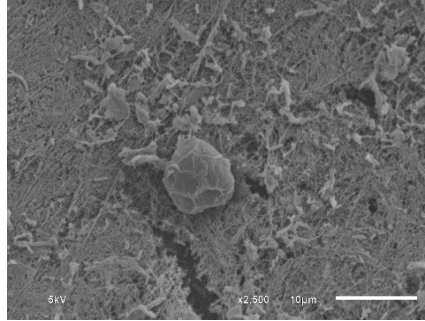
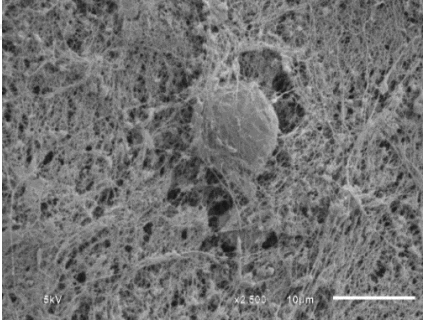


ตารางที่ 8 ภาพถ่าย SEM เพื่อศึกษาพื้นผิวแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ความเข้มข้นทอรีนต่างกัน

ความเข้มข้น 10 mM	ชนิดแ่งเยือกแข็ง	ชนิดปั่นเหวี่ยง
กำลังขยาย 100 เท่า		
กำลังขยาย 500 เท่า		
กำลังขยาย 1000 เท่า		
กำลังขยาย 2500 เท่า		

ความเข้มข้น 30 mM	ชนิดแช่เยือกแข็ง	ชนิดปั่นเหวี่ยง
กำลังขยาย 100 เท่า		
กำลังขยาย 500 เท่า		
กำลังขยาย 1000 เท่า		
กำลังขยาย 2500 เท่า		

<p>ความเข้มข้น 50 mM</p>	<p>ชนิดแซ่เยือกแข็ง</p>	<p>ชนิดปั่นเหวี่ยง</p>
<p>กำลังขยาย 100 เท่า</p>		
<p>กำลังขยาย 500 เท่า</p>		
<p>กำลังขยาย 1000 เท่า</p>		
<p>กำลังขยาย 2500 เท่า</p>		

ความเข้มข้น 70 mM	ชนิดแช่เยือกแข็ง	ชนิดปั่นเหวี่ยง
กำลังขยาย 100 เท่า	 <p>5kV x100 100µm</p>	 <p>5kV x100 100µm</p>
กำลังขยาย 500 เท่า	 <p>5kV x500 50µm</p>	 <p>5kV x500 50µm</p>
กำลังขยาย 1000 เท่า	 <p>5kV x1,000 10µm</p>	 <p>5kV x1,000 10µm</p>
กำลังขยาย 2500 เท่า	 <p>5kV x2,500 10µm</p>	 <p>5kV x2,500 10µm</p>

4.5 การศึกษาการปลดปล่อยสารละลายทอรีนในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

4.5.1 วิเคราะห์เวลาที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน

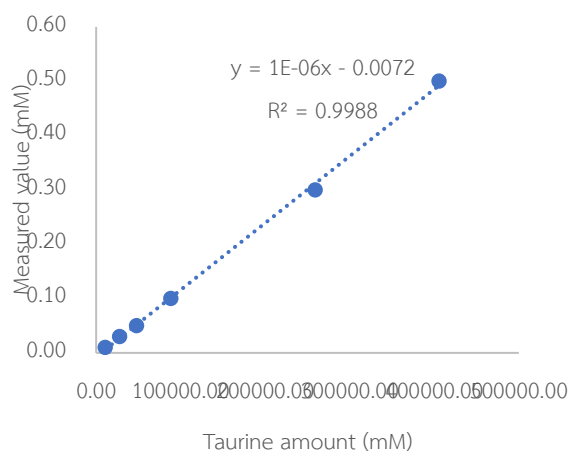
ทำการวิเคราะห์เวลาที่สามารถปลดปล่อยสารละลายทอรีนจากแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสโดยเริ่มจากการนำตัวอย่างจากการทำแห้งโดยปั่นเหวี่ยง ตามวิธีในข้อ 3.4.5.3.1 ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 32

จากการทดลอง พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดปั่นเหวี่ยง และแช่ความเข้มข้นทอรีน 50mM เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมง จะมีค่าปลดปล่อยทอรีนสูงสุด ณ เวลาที่ 5 นาทีแรก และความเข้มข้นของทอรีนยังคงไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อ ณ เวลาที่ 30, 60, 180 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่ากราฟมาตรฐานที่แสดงในรูปที่ 31

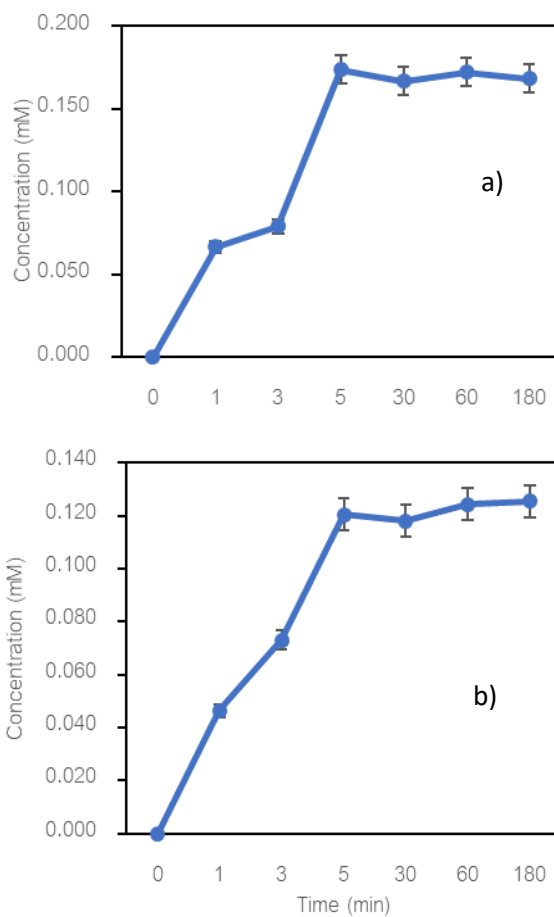
แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสมีความสามารถในการเกาะกับโมเลกุลไฮโดรเจนสูง ดังนั้นเมื่อสร้างพันธะกับโครงสร้างโมเลกุลของทอรีนจะเห็นว่าไม่มีคู่อิเล็กตรอนของออกซิเจนในแต่ละตัวและไนโตรเจนและไฮโดรเจน ซึ่งในกลุ่มไนโตรเจนและไฮดรอกซิลมีความสามารถในการสร้างพันธะไฮโดรเจนสูงเช่นกัน จึงทำให้มีการปลดปล่อยน้อย

ในการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระของงานวิจัยต่างๆ พบว่า สารละลายทอรีนมีความสามารถกำจัดออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันถึง 11% ที่ความเข้มข้นทอรีน 10 lg/mL และ 25% ที่ความเข้มข้น 250 lg/mL [45] โดยทอรีนที่อยู่เซลล์เคราติโนไซต์ (Keratinocyte) ป้องกันเซลล์จากรังสีอัลตราไวโอเล็ตทำให้เกิดการตายของเซลล์ [46]

ในงานวิจัยของ Farzamfar และคณะ[47] ใช้ทอรีน10% w/w ซึ่งทอรีนเป็นสารเสริมของโพลี e-caprolactoneและเจลาติน เพื่อทำเป็นแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ ที่นำมาใช้ปิดแผลอีกด้วย ดังนั้น การใช้งานแผ่นมาส์กในการปลดปล่อยของสารละลายทอรีนที่ให้ค่าสูงสุดในเวลา 5 นาที ซึ่งมีระยะเวลาสั้นและเพียงพอในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นแผ่นมาส์ก [48]



รูปที่ 31 ความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายทอรีน



รูปที่ 32 ผลของเวลาที่แช่สารละลายทอรีนต่อความสามารถในการปลดปล่อย

(a) ระยะเวลา 1 ชั่วโมง, และ (b) 3 ชั่วโมง

4.5.2 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อย

4.5.2.1 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีน

การวิเคราะห์ความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายทอรีนบนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดปั่นเหวี่ยงและชนิดแช่เยือกแข็ง ตามวิธีในข้อ 3.4.5.3.2 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9 และตารางที่ 10

จากผลการทดลองของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดปั่นเหวี่ยงนั้น ดังแสดงในตารางที่ 9 พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายทอรีนจะทำให้การปลดปล่อยมีค่าเพิ่มขึ้น โดยแผ่นมาร์กที่แช่ด้วยความเข้มข้นทอรีน 50mM เป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีค่าการปลดปล่อยที่สูงสุด เท่ากับ $10.71 \text{ mM} \pm 0.82$ เมื่อเทียบกับการใช้ความเข้มข้นทอรีนที่ 10mM และ 30 mM แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นทอรีน 70mM พบว่าค่าการปลดปล่อยมีแนวโน้มคงที่เมื่อเทียบกับความเข้มข้นทอรีน 50mM เป็นผลมาจากหากเพิ่มความเข้มข้นมากขึ้นแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสยังคงดูดซับได้ปริมาณเท่าเดิม ส่งผลให้มีการปลดปล่อยเริ่มคงที่ เนื่องจาก ภายในโครงสร้างของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสจะมีรูพรุนในพื้นที่ผิวคงที่ Kanagalec และคณะ [49] ได้ศึกษาการปลดปล่อยยาต่อปริมาณรูพรุน พบว่า หากปริมาณรูพรุนของเมมเบรน หรือพื้นที่ผิวหน้าของแผ่นฟิล์มมีรูพรุนมากขึ้นทำให้ผิวหน้าสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่ เป็นน้ำมากขึ้น ส่งผลให้การปลดปล่อยยามีปริมาณเพิ่มขึ้นและความเร็วเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากผลการทดลองของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดแช่เยือกแข็ง นั้น ดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่า แผ่นมาร์กที่ใช้ความเข้มข้น 50mM เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง มีปริมาณการปลดปล่อยสูง สุด เช่นกัน โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย $0.27 \text{ mM} \pm 0.014$ เมื่อเทียบกับการใช้ความเข้มข้นอื่น

เมื่อเปรียบเทียบค่าการปลดปล่อยกับแผ่นที่ทำแห้งทั้งสองชนิด พบว่า แผ่นมาร์กชนิดแช่เยือกแข็งมีค่าการปลดปล่อยน้อยกว่าแผ่นมาร์กชนิดปั่นเหวี่ยง ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณเส้นใยบนผิวของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดแบบปั่นเหวี่ยง มีการยึดเกาะสารละลายทอรีนอย่างหลวมๆ จึงทำให้ทอรีนเกาะอยู่บริเวณบนผิวและปลดปล่อยสารละลายทอรีนได้ดีกว่าอย่างเห็นได้ชัด เมื่อพิจารณากระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายทอรีนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสลดลงเนื่องจาก เมื่อเส้นใยมีการยุบตัวลงและเรียงชิดติดกันการสร้างแรงยึดระหว่างเส้นใยแบคทีเรียเซลลูโลสกับสารละลายทอรีนจึงลดลงตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาการเกาะของอนุภาคทอรีนกับการทำแห้งทั้ง 2 วิธี พบว่า การใช้แผ่นชนิดปั่นเหวี่ยงมีความสามารถในการยึดเกาะสูงกว่าแผ่นชนิดแช่เยือกแข็งในทุกความเข้มข้นของสารละลายทอ

ริน เนื่องจากแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดปั่นเหวี่ยงยังมีน้ำบริเวณผิวซึ่งมีโมเลกุลออกซิเจนและไฮโดรเจนที่ยังสามารถยึดเกาะกับอนุภาคทอรีนได้มากกว่าชนิดแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายทอรีนและเพิ่มเวลาการแช่จะส่งผลให้มีการปลดปล่อยได้มากขึ้นในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสทั้งสองวิธี

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าการปลดปล่อยทอรีนจากแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดปั่นเหวี่ยง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3)

ความเข้มข้นทอรีน (mM)	เวลา (ชม.)		
	0.5	1	3
10	1.83 \pm 0.18	1.94 \pm 0.07	2.12 \pm 0.68
30	3.40 \pm 0.01	6.20 \pm 0.44	7.63 \pm 1.01
50	8.36 \pm 0.49	10.71 \pm 0.82	9.73 \pm 0.58
70	8.63 \pm 0.12	10.62 \pm 1.93	10.18 \pm 1.44

ตารางที่ 10 ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาต่อค่าการปลดปล่อยทอรีนจากแผ่นชนิดแซ่เยือกแข็ง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3)

ความเข้มข้นทอรีน (mM)	เวลา (ชม.)		
	0.5	1	3
10	0.11 \pm 0.067	0.13 \pm 0.005	0.11 \pm 0.005
30	0.13 \pm 0.018	0.27 \pm 0.014	0.32 \pm 0.015
50	0.34 \pm 0.023	0.42 \pm 0.024	0.32 \pm 0.014
70	0.51 \pm 0.017	0.45 \pm 0.020	0.41 \pm 0.015

4.5.2.2 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารละลายทอรีนที่ pH ต่างกัน

เมื่อศึกษาค่าปลดปล่อยของสารละลายทอรีนที่ pH ต่างกันตามวิธีในข้อ 3.4.5.3.3 ได้ผลการทดลองดังนี้

ผลการทดลองจากตารางที่ 11 พบว่า แผ่นมาส์กชนิดปั่นเหวี่ยงเมื่อแช่สารละลายทอรีนที่ pH 7.5 ในน้ำปราศจากไอออน จะมีความสามารถในการปลดปล่อยสูงที่สุด 12.11 mM \pm 0.42 เมื่อเทียบกับการปลดปล่อยที่สภาวะ pH 6.5 และ 5.5 ในน้ำปราศจากไอออนและในสารละลายบัฟเฟอร์ตามลำดับ

ส่วนความสามารถในการปลดปล่อยของแผ่นแบคทีเรียเซลล์ูโลสชนิดแซ่เยือกแข็งนั้น พบว่าความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายทอรีน ที่ pH 7.5 ในน้ำปราศจากไอออนมีค่าการปลดปล่อยที่สูงที่สุด 0.48 \pm 0.015mM (ตารางที่ 12)

เมื่อพิจารณาค่าการปลดปล่อยเปรียบเทียบระหว่างแผ่นมาส์กที่อยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.5 และน้ำปราศจากไอออน พบว่า ค่าการปลดปล่อยของทอรีนเมื่ออยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์มีค่าการปลดปล่อยน้อยกว่าอยู่ในน้ำปราศจากไอออน เนื่องจากกลุ่มของซัลโฟเนตในสารละลายทอรีนที่มีค่า pKa ประมาณ 1.5 (ที่ 25°C) ซึ่งจะเป็นประจุลบทั้งหมด ในการศึกษาค่า pKa ของทอรีนที่อยู่ในโมโตคอนเดรีย ทอรีนจะสามารถอยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์ของโมโตคอนเดรียในช่วง pH ตั้งแต่ 7.0-7.5 โดยมีค่าสูงสุดที่ pH=pKa ดังนั้นจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการปลดปล่อยลดลงเมื่ออยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.5 [50] [51]

ตารางที่ 11 ผลของpHต่อการปลดปล่อยทอรีนจากแผ่นชนิดปั่นเหวี่ยง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3)

สารละลายทอรีน (pH)	DI water	Buffer
5.5	10.17 \pm 0.02	9.68 \pm 0.18
6.5	10.28 \pm 0.13	9.64 \pm 0.04
7.5	12.11 \pm 0.42	11.38 \pm 0.16

ตารางที่ 12 ผลของpHต่อการปลดปล่อยทอรีนจากแผ่นชนิดแช่เยือกแข็ง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3)

สารละลายทอรีน (pH)	DI water	Buffer
5.5	0.40 \pm 0.021	0.37 \pm 0.027
6.5	0.42 \pm 0.007	0.45 \pm 0.019
7.5	0.48 \pm 0.015	0.31 \pm 0.018

4.5.2.3 วิเคราะห์ปริมาณที่ปลดปล่อยของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ Nicotinamide (NAM)

ทำการศึกษาพฤติกรรมการปลดปล่อยของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพบนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดปั่นเหวี่ยงตามวิธีในข้อ 3.4.5.3.4 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดปั่นเหวี่ยงหลังการแช่ NAM ที่ความเข้มข้น 70mM เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ให้ค่าปลดปล่อยสูงสุดเท่ากับ 10.37 \pm 0.42 mM

เมื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการปลดปล่อยของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่สารละลายทอรีนและนิโคตินาไมด์ พบว่า เวลาในการแช่สารละลายและปลดปล่อยได้สูงที่สุดคือ 1 ชั่วโมง เนื่องจากบริเวณพื้นผิวหน้าของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสมีพื้นที่จำกัดในการให้สารละลายยึดเกาะ เมื่อทำการแช่เป็นเวลาเพิ่มขึ้น เช่น ระยะเวลา 3 ชั่วโมง การปลดปล่อยยังคงมีค่าคงที่ เนื่องจากแผ่นแบคทีเรียเกิดการอิมมัตัวทำให้อนุภาคของสารละลายเข้าไปในแผ่นแบคทีเรียได้ลดลง ซึ่งจะอยู่บริเวณพื้นผิวหน้าของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสเท่านั้น โดยระยะเวลาที่สารละลายสัมผัสกับตัวดูดซับ (แผ่น

แบคทีเรียเซลลูโลส) เป็นปัจจัยหนึ่งของความสามารถในการดูดซับ พบว่า ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามเวลา จนกระทั่งถึงเวลาที่ระบบเข้าสู่สมดุล ซึ่งเป็นเวลาที่อัตราการดูดซับ (Rate of adsorption) เท่ากับอัตราการคาย (Rate of desorption) ความสามารถในการดูดซับจะมีค่าคงที่มากที่สุด จากนั้นจะมีค่าคงที่เมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้น [52] [53]

ตารางที่ 13 ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาต่อค่าการปลดปล่อยNAMจากแผ่นชนิดแซ่เยือกแข็ง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3)

ความเข้มข้นNAM (mM)	เวลา (ชม.)		
	0.5	1	3
10	5.73 \pm 0.82	7.59 \pm 0.91	8.00 \pm 0.42
30	6.47 \pm 0.43	8.52 \pm 0.46	7.64 \pm 1.46
50	8.73 \pm 0.31	10.13 \pm 0.48	8.76 \pm 1.81
70	9.36 \pm 0.13	10.37 \pm 0.42	9.53 \pm 0.78

4.6 การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

จากการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส เมื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังจากลดปริมาณน้ำ ตามวิธีในข้อ 3.4.5.4 ได้ผลการทดลองดังนี้

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 14 พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่สารละลายทอรีนที่ความเข้มข้น 50 mM มีค่า Tensile strength สูงที่สุด 25.46 \pm 12.89 N/mm² และค่า Elongation 23.52 \pm 4.83% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่สารละลายทอรีนความเข้มข้น 10 mM, 30 mM, 70 mM ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสควบคุม (BC control) ซึ่งมีค่า Tensile strength 15.17 \pm 2.47 N/mm² และ ค่า Elongation อยู่ที่ 31.40 \pm 6.01% ดังนั้น BC-aurine 50mM มีความสามารถในการยืดหยุ่นได้ดีทำให้ยืดเกาะบนผิวหนังได้ดี เนื่องจาก ทอรีนมีความสามารถในการเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิวหนัง เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสมีคุณสมบัติเชิงกลสูงขึ้น

ตารางที่ 14 ผลของความเข้มข้นทอรีนต่อลักษณะเชิงกลของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดปั่นเหวี่ยง (ค่าเฉลี่ย \pm S.D., n=3)

ชนิด	ความเค้นแรงดึงสูงสุด (นิวตัน/มม.2)	ยังโมดูลัสแรงดึง (นิวตัน/มม.2)	%การยืดตัว
BC control.	11.61±0.75	15.17±2.47	31.40±6.01
BC-taurine 10mM	1.83±0.34	14.86±9.65	14.74±1.83
BC-taurine 30mM	2.29±0.36	23.26±23.63	14.08±2.09
BC-taurine 50mM	8.01±1.26	25.46±12.89	23.52±4.83
BC-taurine 70mM	8.41±0.19	25.31±5.78	22.98±1.94

4.7 การวิเคราะห์ลักษณะหมู่ฟังก์ชันของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่ด้วยทอรีน

จากการวิเคราะห์ลักษณะหมู่ฟังก์ชันระหว่างแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส BC control และแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่สารละลายทอรีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ซึ่งวิเคราะห์ที่เวลาในการแช่สารละลายทอรีนต่างกัน ได้ผลดังรูปที่ 33

แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส BC control แสดงพิก ฌ ตำแหน่ง 3440 cm^{-1} , 2926 cm^{-1} , 1440 cm^{-1} , 1300 cm^{-1} , 1163 cm^{-1} , และ 1040 cm^{-1} โดยแสดงตำแหน่งของพันธะ O-H stretching, C-H stretching, CH₂ bending, C-H bending, C-O-C stretching, C-O stretching ตามลำดับ ตำแหน่งที่พบในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสจะมีตำแหน่งที่มีความยาวคลื่น 1300 cm^{-1} เป็นพันธะของ C-H และตำแหน่งที่มีความยาวคลื่น 1400 cm^{-1} เป็นพันธะของ CH₂ ซึ่งเป็นพิกตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชันเดียวกับแบคทีเรียเซลลูโลสจากการหมักด้วยน้ำมะพร้าว โดยพิกตำแหน่งระหว่าง $3400 - 3500\text{ cm}^{-1}$ เป็นตำแหน่งที่แสดงลักษณะของพันธะเส้นตรงของ O-H, พิกตำแหน่งระหว่าง $2800 - 3900\text{ cm}^{-1}$ เป็นตำแหน่งแสดงของพันธะเส้นตรงของ C-H, ในส่วนของพิกตำแหน่ง 1160 cm^{-1} จะแสดงตำแหน่งของพันธะเส้นตรงของ C-O-C และความยาวคลื่นระหว่าง $1035 - 1060\text{ cm}^{-1}$ จะแสดงตำแหน่งของพันธะเส้นตรงของ C-O ตามลำดับ [54]

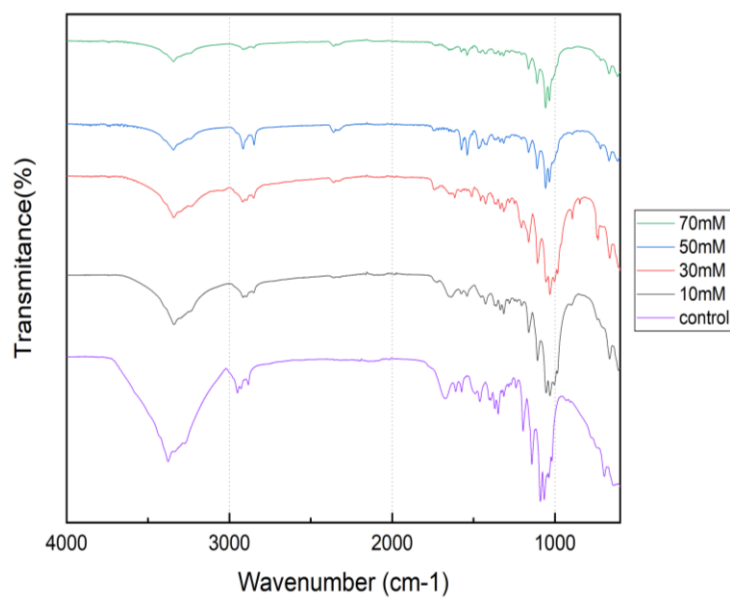
เมื่อพิจารณาแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่สารละลายทอรีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที ดังแสดงในรูปที่ 34 พบว่า ปรากฏพิกที่แสดงถึงสารละลายทอรีนที่ยึดเกาะกับพื้นผิวของแบคทีเรียเซลลูโลสยังไม่ชัดเจน จึงนำมาซึ่งการพิจารณาการแช่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสแช่สารละลายทอรีนที่ความเข้มข้น 50 mM และ 70mM แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แสดงพิก ฌ ตำแหน่ง 3214 cm^{-1} , 3040 cm^{-1} , โดยแสดงตำแหน่งของพันธะ S=O stretching และ 962 cm^{-1} แสดงพันธะ C-S-C stretching ตามลำดับ [41] ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับหมู่ฟังก์ชันของซัลเฟตจากสารละลายทอรีนที่สร้างพันธะกับหมู่คาร์บอกซิลิกของเส้นใย

แบคทีเรียเซลลูโลส แสดงให้เห็นว่าสารละลายทอรีนยึดเกาะกับแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสได้อย่างสมบูรณ์

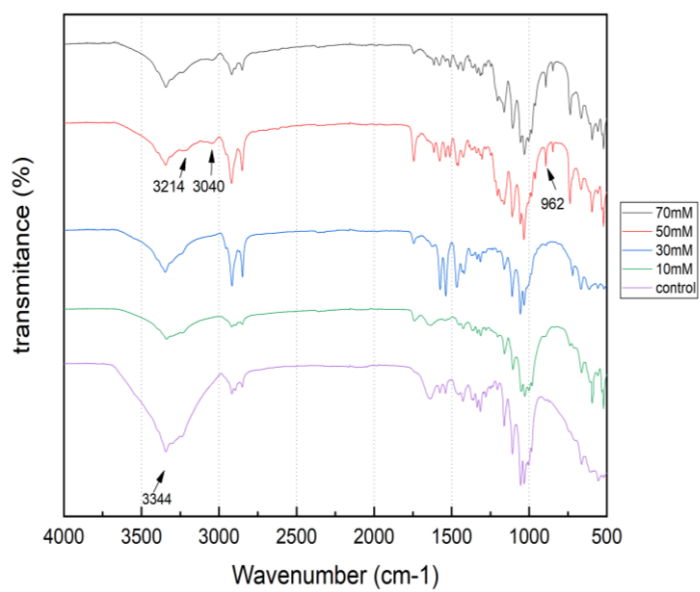
เมื่อพิจารณาเวลาที่แช่สารละลายทอรีน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ได้ผลดังรูปที่ 35 พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 50mM และ 70mM แสดงพิก ฌ ตำแหน่ง 3214 cm^{-1} และ 926 cm^{-1} ได้แสดงพิก ฌในลักษณะที่คล้ายกัน ในตำแหน่งพิก ฌที่ประมาณ 1625 cm^{-1} เป็นการสั่นแบบดัดงอของ NH^{+3} โดยมีค่าความยาวคลื่นในช่วง $1660\text{--}1650\text{ cm}^{-1}$ เป็นการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของไฮโดรเจนของ NH^{+3} [55]

จากผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่สารละลายทอรีนความเข้มข้น 50mM แช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมงที่มีค่า pH 5.5, 6.5 และ 7.5 ตามลำดับ (รูปที่ 36) พบว่า ฌแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่มี pH 7.5 แสดงพิก ฌที่ตำแหน่ง 3214 cm^{-1} , 3040 cm^{-1} , โดยแสดงตำแหน่งของพันธะ S=O stretching และ 962 cm^{-1} แสดงพันธะ C-S-C stretching ตามลำดับ เช่นกัน [56]

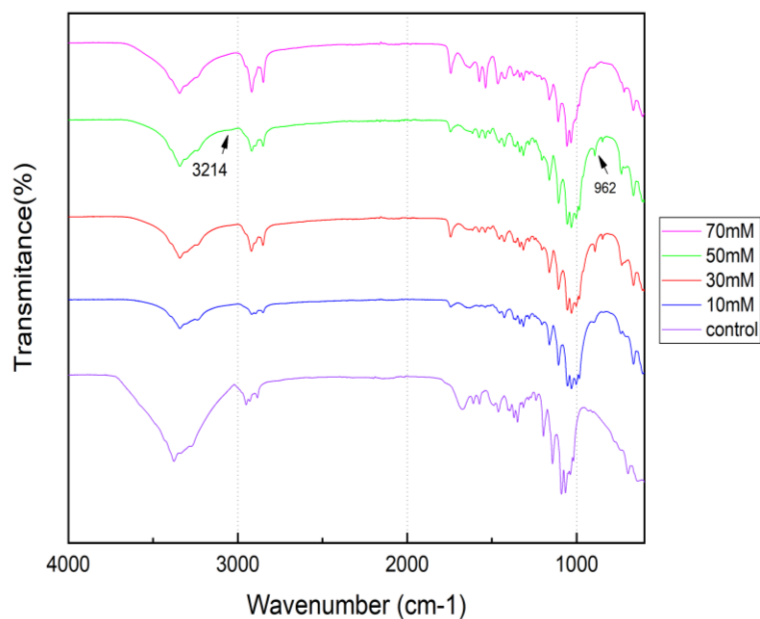




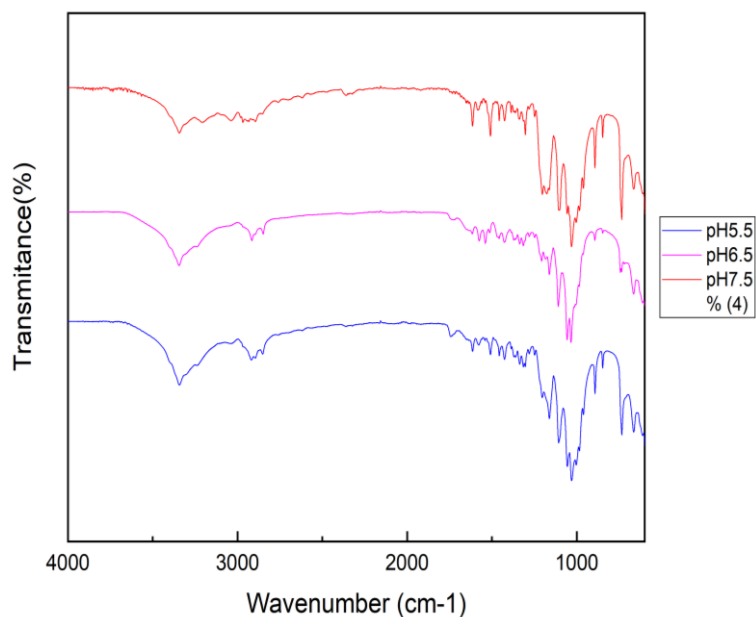
รูปที่ 33 ผลการวิเคราะห์ FTIR ของแผ่นหลังแฉะสารละลายทอรีนเป็นเวลา 30 นาที



รูปที่ 34 ผลการวิเคราะห์ FTIR ของ แผ่นหลังแฉะสารละลายทอรีนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง



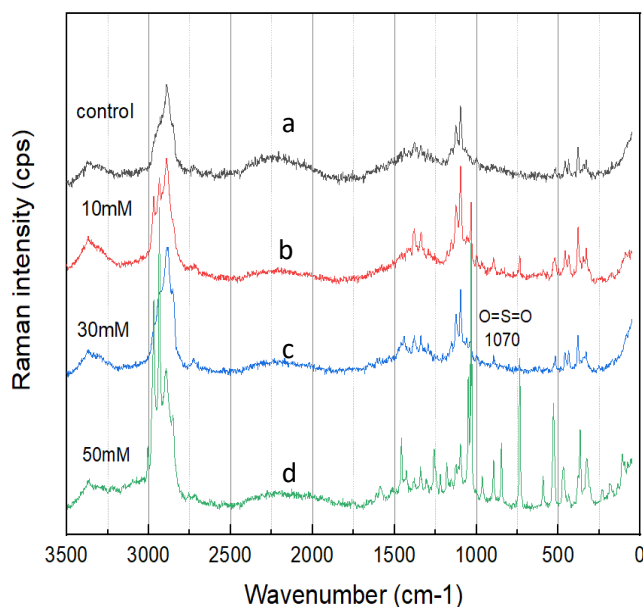
รูปที่ 35 ผลการวิเคราะห์ FTIR ของแผ่นหลังแช่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง



รูปที่ 36 ผลการวิเคราะห์ FTIR ของแผ่นหลังแช่สารละลายทอรีนที่ pH ต่าง ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องรามานสเปกโทรสโกปี โดยใช้เทคนิคสำหรับวิเคราะห์หมู่ซัลเฟต แสดงในรูปที่ 37 ผลวิเคราะห์ปรากฏความยาวคลื่น 1600 – 200 cm⁻¹ เป็นลักษณะเฉพาะที่พบได้จากการสร้างพันธะของซัลเฟต ที่อยู่ในสารละลายทอรีน ซึ่งในตัวอย่างแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ทำแห้งโดยการปั่นเหวี่ยง ความเข้มข้น 50mM แช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะแสดงพีค O=S=O ของอยู่ที่

1070 cm^{-1} เกิดจากทอรินมีหมู่ซัลโฟเนตโดยใช้ออกซิเจนสร้างพันธะโดยตรงบนผิวของแบคทีเรียเซลลูโลสและทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนในรูปของ $\text{N-H}^+ \text{O-C}$ ช่วงความยาวคลื่น $477 - 469\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นไปตามรายงานของ Freire และคณะ [57] [58]



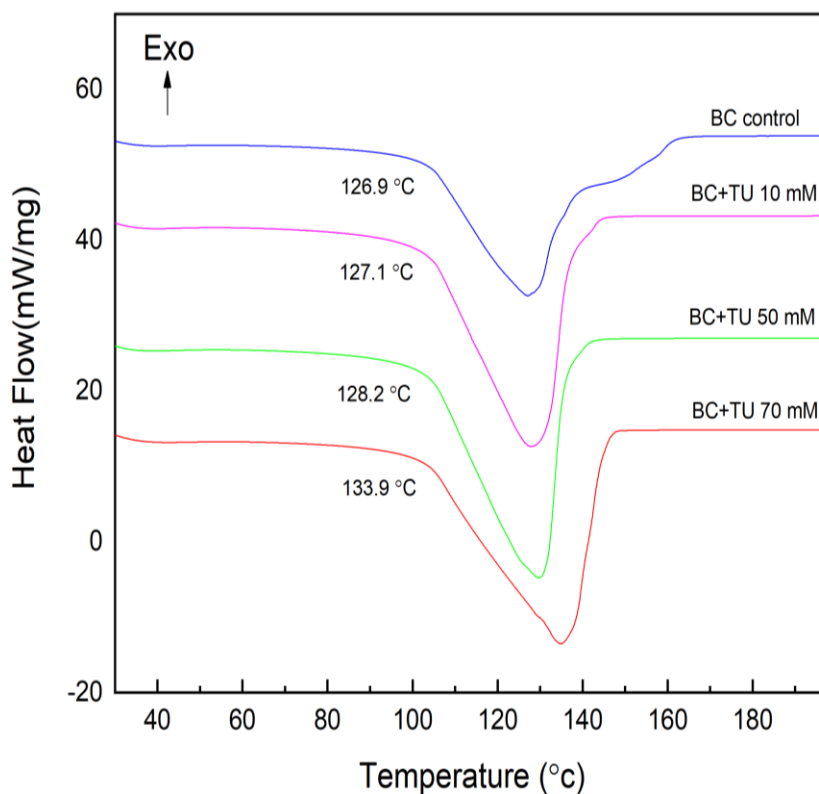
รูปที่ 37 ผลการวิเคราะห์ Raman ของแผ่นหลังแฉะสารละลายทอรินเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4.8 การศึกษาสมบัติทางความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแฉะทอริน

4.8.1 การศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC

การศึกษาสมบัติทางความร้อนที่เปลี่ยนไปของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแฉะสารละลายทอรินที่มีความเข้มข้นต่างกัน ด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC) เป็นเทคนิคที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางความร้อนของแผ่นมาส์ก โดยทำการวัดปริมาณความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสเมื่อแผ่นตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทำการบันทึกเทอร์โมแกรม (Thermogram) โดยทำการศึกษาในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ $20 - 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราที่ให้ความร้อน $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน

จากผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสควบคุมและแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสแชนสารละลายทอรีนความเข้มข้นต่างๆ ด้วยเทคนิค DSC แสดงดังรูปที่ 38 พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส BC control มีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (glass transition; Tg) มีค่าเท่ากับ 105 °C และจากกราฟแสดงลักษณะการเกิดพีคของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแชนสารละลายทอรีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่า Tg ใกล้เคียงกันกับ BC control จึงทำให้คุณสมบัติทางความร้อนดีขึ้น [59]



รูปที่ 38 เทอร์โมแกรม DSC ของแผ่นหลังแชนสารละลายทอรีนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4.8.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นทอรีนต่อเสถียรภาพทางความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

ในการศึกษาเสถียรภาพทางความร้อนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่แช่ด้วยทอรีนที่ความเข้มข้นต่างกัน ด้วยวิธีทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง ใช้เทคนิค Thermogravimetric Analysis (TGA) และ Derivative Thermo Gravimetry (DTG) เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ความเสถียรของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสเมื่อได้รับความร้อนโดยการวัดน้ำหนักของแผ่นมาส์กที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิด้วยเครื่องชั่งที่มีความไวสูง

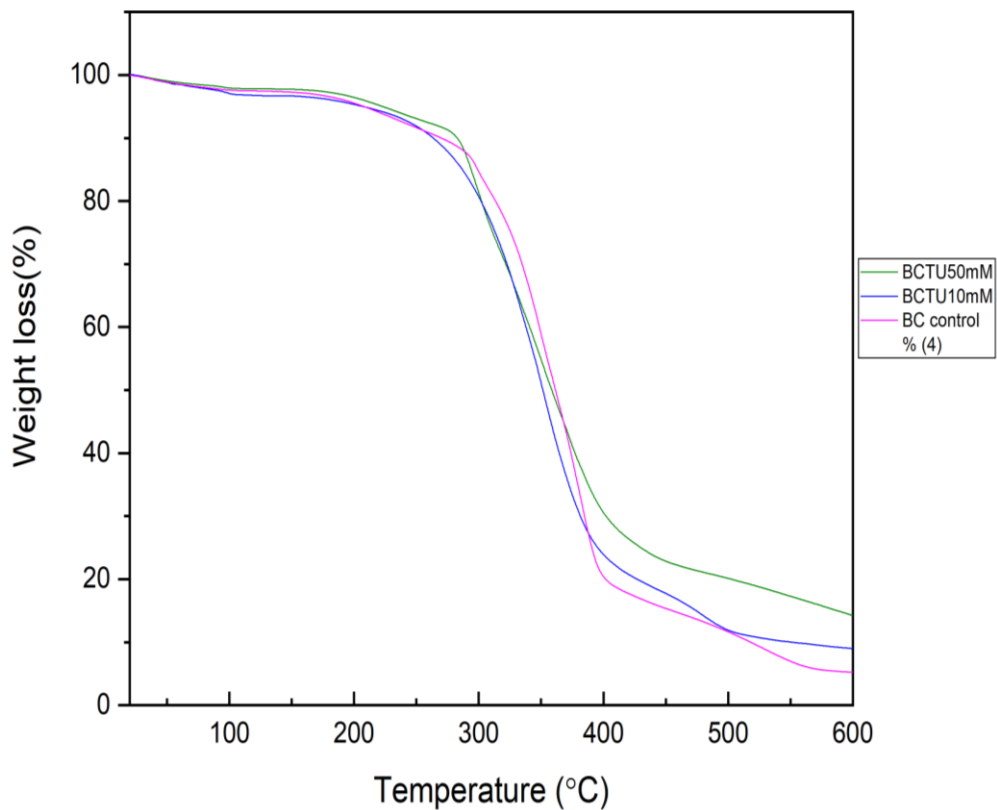
จากรูปที่ 39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไปกับอุณหภูมิ ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส ให้ความร้อนจากโดยทำการทดลอง ที่อัตราการให้ความร้อน $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ในช่วงอุณหภูมิ $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ถึง $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน $50\text{ mL}/\text{min}$ จะเห็นได้ว่าลักษณะกราฟ TGA เทอร์โมแกรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้นของทอรีนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นสังเกตได้จาก ณ อุณหภูมิใด ๆ หลังจากการเกิดการสลายตัวของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส BC control จะมีสัดส่วนน้ำหนักที่หายไปจากการสลายตัวทางความร้อนมากกว่าแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 10mM และ 50mM ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า แผ่นมาส์กหลังจากแช่สารละลายทอรีนมีความเสถียรทางความร้อนที่สูงกว่าแผ่นมาส์ก control และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนที่น้ำหนักของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหายไป 5% (Thermal degradation temperature at 5% weight loss, T_{d5}) จะเห็นได้ว่า T_{d5} ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีนความเข้มข้น 50mM มีค่าสูงสุดประมาณ $222\text{ }^{\circ}\text{C}$ ในขณะที่ค่า T_{d5} ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีนความเข้มข้น 10mM และ BC control มีค่าเท่ากับ $208\text{ }^{\circ}\text{C}$ และ $214\text{ }^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารละลายทอรีนจะเพิ่มความหนาแน่นภายในโครงสร้างเส้นใยเซลลูโลส ช่วยหน่วงการระเหยของสารโมเลกุลเล็กที่เกิดจากการเผาไหม้ จึงทำให้ต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นในการทำให้แผ่นมาส์กสลายตัวทางความร้อนนอกจากนี้ เมื่อพิจารณาปริมาณเถ้า (Char yield) ที่คงเหลือจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสแช่ทอรีนที่ความเข้มข้น 50mM มีค่าปริมาณเถ้าสูงกว่าปริมาณเถ้าของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีนความเข้มข้น 10mM และ BC control มีค่าเท่ากับ 14.22%, 9.09% และ 5.39% ตามลำดับ ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายทอรีนจะทำให้แผ่นมาส์กสามารถทนการติดไฟได้ดียิ่งขึ้น

จากกราฟ DTG เทอร์โมแกรมของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส BC control และแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่สารละลายทอรีนความเข้มข้น 10mM และ 50mM ที่ให้อัตราการให้ความร้อน 20

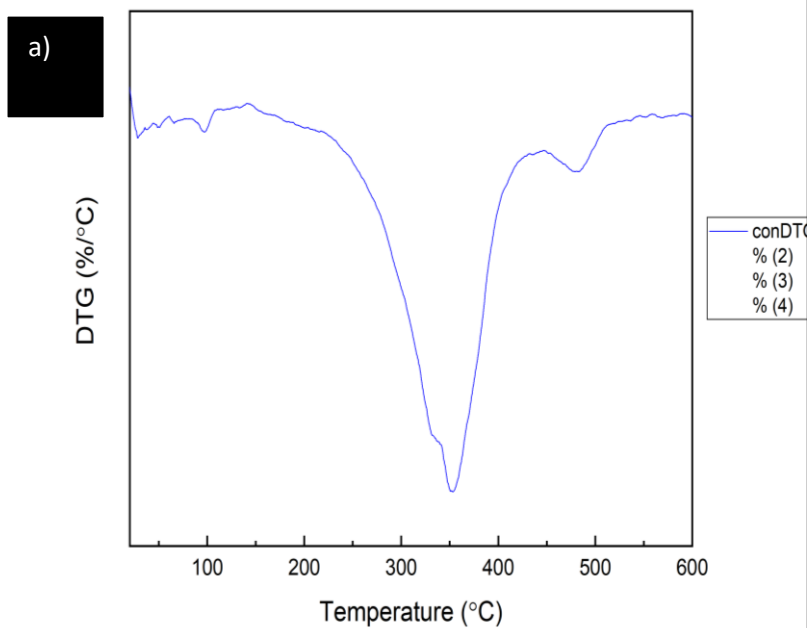
°C/min เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนการสลายตัวทางความร้อน จากรูปที่ 40 แสดงการสลายตัวทางความร้อนตรงตำแหน่งพีค (T_p) ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส BC control แสดงพีค ณ อุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อน คือ 350 °C [60] เป็นการสลายตัวของหมู่ไฮดรอกซิลแบคทีเรียเซลลูโลส ซึ่งอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนของแบคทีเรียเซลลูโลสอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 330 °C – 370 °C เมื่อพิจารณาแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีนความเข้มข้น 50mM จากรูปที่ 41 แสดงพีค ณ อุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนสองพีค Peak 1 มีอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนช่วง 323.3 ถึง 330.69 °C และ Peak 2 มีอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนช่วง 350.5 ถึง 370.8 °C ตำแหน่งของพีคทำให้สามารถวิเคราะห์โครงสร้างการสลายตัวทางความร้อนของแผ่นมาส์กหลังสารละลายทอรีน ดังนี้ Peak1 และ Peak2 เป็นหมู่อะมิโนและหมู่กรดซัลโฟนิกของทอรีนเกิดการสลายตัวซึ่งเป็นไปตามรายงานของ Lima และคณะ [19] ตามลำดับ

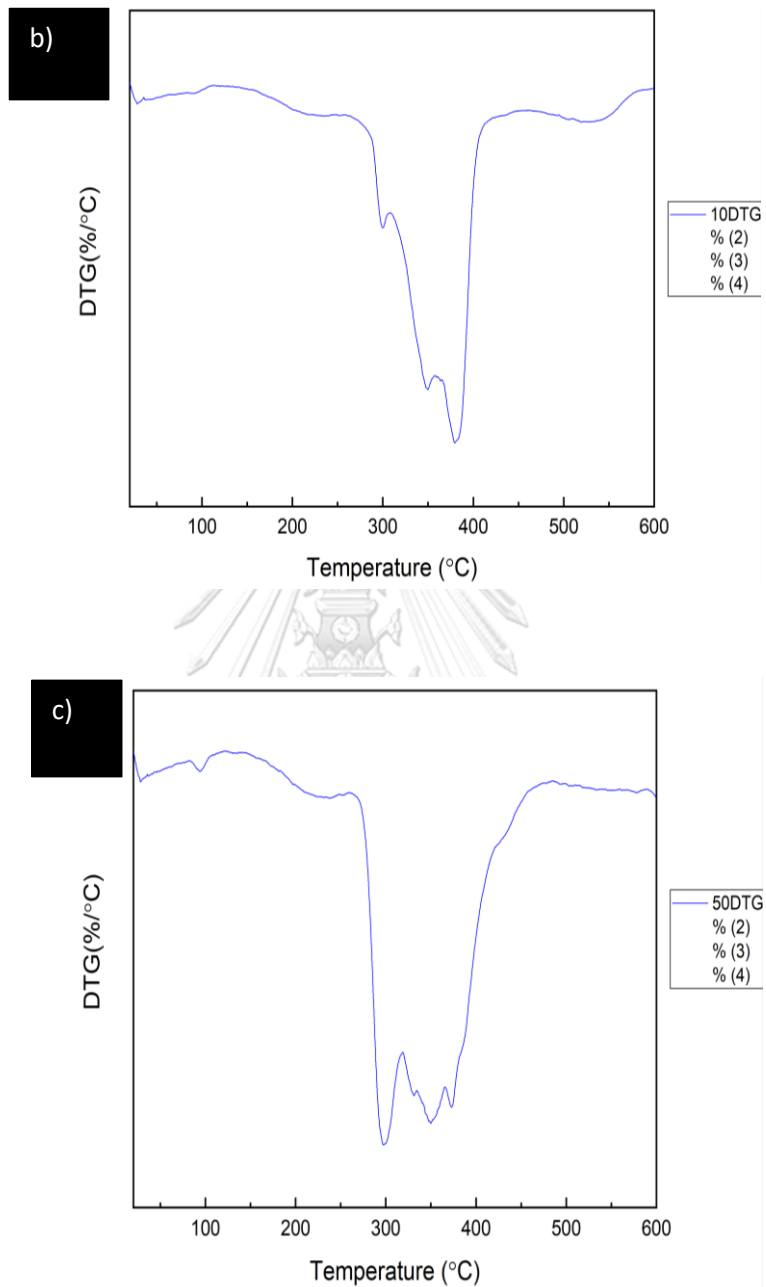
ตารางที่ 15 เปรียบเทียบข้อมูล TGAของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสชนิดต่างๆ

ตัวอย่าง	% Weight loss	Char yield	T_{d5}
BC Control	94.61%	5.39	208
BC Taurine 10 mM	90.91%	9.09	214
BC Taurine 50 mM	85.78%	14.22	222
Taurine	72.93%		



รูปที่ 39 เทอร์โมแกรม TGA ของแผ่นหลังแซ่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง





รูปที่ 40 เทอร์โมแกรม DTG ของแผ่นหลังแซ่สารละลายทอรีนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

a) BC control, b) BC+Taurine 10mM, c) BC+Taurine 50mM

4.9 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีน

การเตรียมแผ่นมาส์กจากการทำแห้งดำเนินการทดสอบตามวิธีในข้อ 3.4.5.7 นำไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy; EDS) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งต่อพ่วงอยู่กับกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แยกสัญญาณเอกซ์เรย์ลักษณะเฉพาะ (Characteristic X-rays) ของธาตุที่แตกต่างกันด้วยสเปกตรัมเชิงพลังงาน ควบคู่กับการใช้ซอฟต์แวร์ประมวลผลสัญญาณ ทำให้สามารถวิเคราะห์ธาตุที่เป็นส่วนผสมของแผ่นมาส์กได้

เมื่อทำการทดสอบแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่ยังไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายทอรีนและนำข้อมูลปริมาณธาตุทอรีนจากงานวิจัย Bilgi และคณะเป็นข้อมูลอ้างอิง แสดงผลดังตารางที่ 16 พบว่าสำหรับองค์ประกอบทางเคมีของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสก่อนแช่สารละลายทอรีนมีอะตอมของธาตุคาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) เป็นองค์ประกอบ

ส่วนผลของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่สารละลายทอรีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 17 พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่สารละลายทอรีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีอะตอมของธาตุไนโตรเจน (N) ซัลเฟต (S) เป็นองค์ประกอบในสัดส่วนต่าง ๆ ซึ่งแปรตามความเข้มข้นของสารละลายทอรีนเพิ่มขึ้น จาก 10mM เป็น 70mM โดยปริมาณของซัลเฟตในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสเพิ่มขึ้นจาก 5.98% เป็น 19.67% นอกจากนี้หากพิจารณาปริมาณไนโตรเจนในแผ่นแบคทีเรีย พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 3.42% เป็น 13.72%

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบข้อมูลปริมาณธาตุของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสและทอรีน

ธาตุ (%)	ทอรีน		แผ่นBCแห้ง	
	W	A	W	A
C	6.73	9.26	87.68	90.16
N	13.9	16.41	-	-
O	64.46	66.64	12.32	9.84
S	14.91	7.69	-	-

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบข้อมูลแผ่นมาสก์หลังแช่สารละลายทอรีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ธาตุ (%)	ความเข้มข้นทอรีน (10mM)		ความเข้มข้นทอรีน (30mM)	
	W	A	W	A
C	74.8	81.58	69.75	68.04
N	3.42	3.07	9.32	10.51
O	15.79	12.4	12.15	10.26
S	5.98	2.95	8.78	11.19

ธาตุ (%)	ความเข้มข้นทอรีน (50mM)		ความเข้มข้นทอรีน (70mM)	
	W	A	W	A
C	60.77	61.23	58.33	60.74
N	12.98	14.46	13.72	14.37
O	10.81	10.81	8.28	10.69
S	15.44	13.50	19.67	14.20

*W: Weight (%), A: Atomic (%)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษาและพัฒนาแผ่นวุ้นมะพร้าวหรือแบคทีเรียเซลลูโลสซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จากโรงงานมาเพิ่มมูลค่า โดยศึกษาการปรับสภาพและวิธีการลดปริมาณน้ำในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสและพัฒนาความสามารถในการปลดปล่อยสารละลายทอรีนที่ใช้ในการบำรุงผิว โดยทำการประเมินคุณสมบัติของแบคทีเรียเซลลูโลสหลังแช่ทอรีน สรุปผลดังนี้

1. วิธีการที่สามารถลดปริมาณน้ำในแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสได้ดีที่สุด คือ วิธีการทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง
2. การลดปริมาณน้ำของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสโดยที่ยังสามารถรักษาความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีที่สุด คือ วิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง
3. ประสิทธิภาพของการทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง ทำให้ได้แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส(BC) ที่สามารถคงสภาพของแผ่นมากที่สุดที่ดี โดยการปั่นเหวี่ยง เป็นระยะเวลา 5 นาที จะทำให้ได้เปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำมากที่สุด
4. ลักษณะของพื้นผิว เส้นใยของแบคทีเรียเซลลูโลสพบว่า วิธีการปั่นเหวี่ยงมีขนาดรูพรุนใหญ่กว่าวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และส่งเสริมให้เพิ่มการเกาะของอนุภาคทอรีน
5. แผ่นชนิดแบบปั่นเหวี่ยงเมื่อแช่ทอรีนที่ความเข้มข้น 50mM เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะมีค่าปลดปล่อยทอรีนสูงสุด เมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่นๆ และการปลดปล่อยจะเกิดได้สูงสุดใน 5 นาทีแรก
6. การใช้สารละลายทอรีนช่วยเสริมลักษณะสมบัติเชิงกลของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสทั้งสองชนิด โดยทำให้ค่า tensile strength และ elongation มีค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งเพิ่มความเสถียรทางความร้อนเช่นกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. สามารถประยุกต์ผสมสารบำรุงผิวอื่น ๆ เช่น วิตามิน สารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ทำให้เพิ่มความหลากหลายของการใช้งานแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

- พัฒนาแผ่นมาสก์ให้มีความสามารถในการยึดเกาะของสารละลายโดยเพิ่มสารยึดเกาะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแผ่นมาสก์ให้ดีขึ้น





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก. เตรียมสารละลาย

1. การเตรียมสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์

1. สารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์

2. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จากเม็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ความบริสุทธิ์ 100%

(มวลโมเลกุล 40 กรัมต่อโมล)

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ จะได้

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1000 มิลลิลิตร ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม

2. การเตรียมสารละลายทอรีนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

มวลโมเลกุลของทอรีน 125.15 กรัม/โมล

เตรียมสารละลายปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1. ทอรีนความเข้มข้น 10mM โดย ละลายทอรีน 0.124 กรัม

2. ทอรีนความเข้มข้น 30mM โดย ละลายทอรีน 0.373 กรัม

3. ทอรีนความเข้มข้น 50mM โดย ละลายทอรีน 0.620 กรัม

4. ทอรีนความเข้มข้น 70mM โดย ละลายทอรีน 0.876 กรัม

3. การเตรียมสารละลายนิโคตินาไมด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

มวลโมเลกุลของนิโคตินาไมด์ 122.12 กรัม/โมล เตรียมสารละลายปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1. ทอรีนความเข้มข้น 10mM โดย ละลายทอรีน 0.122 กรัม

2. ทอรีนความเข้มข้น 30mM โดย ละลายทอรีน 0.366 กรัม

3. ทอรีนความเข้มข้น 50mM โดย ละลายทอรีน 0.611 กรัม

4. ทอรีนความเข้มข้น 70mM โดย ละลายทอรีน 0.854 กรัม

4. การเตรียมสารละลายโซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ค่าพีเอช 5
และกรดอะซิติก ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร
เมื่อค่า K_a ของกรดอะซิติก = 1.75×10^{-5}

จากสูตร K_a

จากสูตร	K_a	$= \frac{[H^+(aq)][salt(aq)]}{[HA(aq)]}$
จะได้	$\frac{[salt(aq)]}{[HA(aq)]}$	$= \frac{K_a}{[H^+(aq)]}$
		$= \frac{1.75 \times 10^{-5}}{1.0 \times 10^{-8}} = 1.75$

ดังนั้น อัตราส่วนของปริมาณเกลือกับกรดจึงเท่ากับ 1.75 : 1

1. ละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ 1.75 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ได้ 87.5 มิลลิลิตร

2. ผสมโซเดียมอะซิเตทความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

3. ปรับค่าพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

ภาคผนวก ข

การประเมินสมบัติต่าง ๆ ของแบคทีเรียเซลลูโลส

ตาราง ข.1 วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของแบคทีเรียเซลลูโลส

$$\text{เปอร์เซ็นต์การอุ้มน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การอุ้มน้ำ
แผ่นแบคทีเรีย เซลลูโลสทำแห้งแบบ แช่เยือกแข็ง			
1	0.014	0.313	21.36
2	0.013	0.218	15.77
3	0.009	0.340	36.76
ค่าเฉลี่ย	0.010	0.290	24.63
S.D.	0.002	0.064	1.55

	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การอุ้มน้ำ
แผ่นแบคทีเรีย เซลลูโลสทำแห้งแบบ ปั่นเหวี่ยง			
1	0.091	0.766	7.42
2	0.061	0.571	8.38
3	0.054	0.555	9.28
ค่าเฉลี่ย	0.069	0.564	8.35
S.D.	0.020	0.008	0.93

ตาราง ข.2 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ที่หายไปของแบคทีเรียเซลลูโลส

	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักหลังทำแห้ง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์น้ำที่หายไป
แผ่นแบคทีเรีย เซลลูโลสทำแห้งแบบ แช่เยือกแข็ง			
1	80.22	4.87	93.93
2	80.99	5.51	93.20
3	81.75	4.44	94.57
ค่าเฉลี่ย	80.99	4.94	93.90
S.D.	0.77	0.54	0.69

	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักหลังทำแห้ง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์น้ำที่หายไป
แผ่นแบคทีเรีย เซลลูโลสทำแห้งแบบ ปั่นเหวี่ยง			
1	80.09	14.70	81.65
2	81.22	15.11	81.40
3	80.75	14.42	82.14
ค่าเฉลี่ย	80.69	14.72	87.73
S.D.	0.57	0.35	0.38

ตาราง ข.3 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ที่หายไปของแบคทีเรียเซลล์ูโลสทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง

เวลาปั่นเหวี่ยง (นาที)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักหลังทำแห้ง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
3 นาที			
1	80.09	30.99	61.31
2	81.22	35.21	56.65
3	80.75	32.47	59.79
ค่าเฉลี่ย	80.69	32.89	59.25
S.D.	0.57	2.14	2.38
5 นาที			
1	81.55	14.70	81.97
2	80.92	15.11	81.33
3	83.44	14.42	82.72
ค่าเฉลี่ย	81.97	14.74	82.01
S.D.	1.31	0.35	0.07
7 นาที			
1	81.23	15.33	81.13
2	79.98	14.89	81.38
3	84.56	13.52	84.01
ค่าเฉลี่ย	81.92	14.58	82.17
S.D.	2.37	0.94	1.60

	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักหลังทำแห้ง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์น้ำที่หายไป
แผ่นแบคทีเรีย เซลลูโลสทำแห้งแบบ ปั่นเหวี่ยง 9 นาที			
1	84.99	13.32	84.33
2	83.19	15.88	80.91
3	80.66	14.37	82.18
ค่าเฉลี่ย	82.95	14.52	82.47
S.D.	2.18	1.29	1.73

ภาคผนวก ค. การประเมินขนาดของรูพรุนและอนุภาคทอริน

ตาราง ค.1 การประเมินขนาดรูพรุนของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

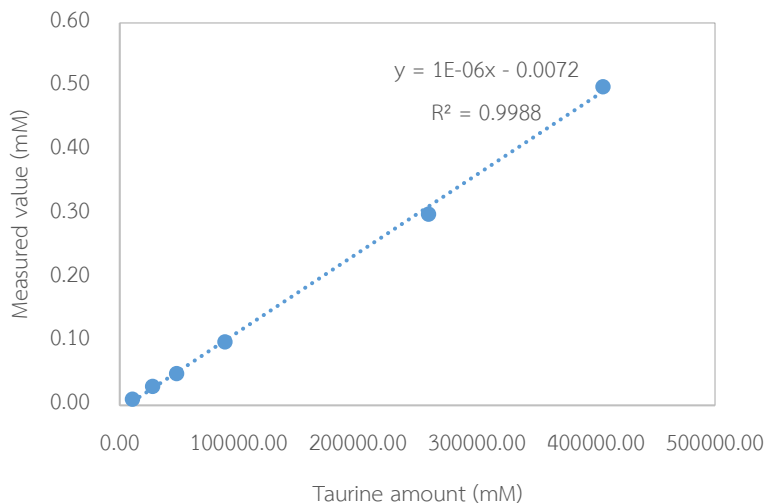
	ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	ทำแห้งแบบปั่นเหวี่ยง
1	3.833	1.654
2	3.244	1.118
3	3.455	1.733
4	2.942	0.789
5	1.355	1.496
6	2.024	0.463
7	1.668	1.024
8	1.487	0.485
9	1.962	0.709
10	0.951	0.946
ค่าเฉลี่ย	2.316	1.004
S.D.	1.053	0.452

ตาราง ค.2 การประเมินขนาดอนุภาคของทอรีน

	ขนาดอนุภาค (μm)
1	4.568
2	4.543
3	4.924
4	4.341
5	4.493
6	4.719
7	4.540
8	4.404
9	4.435
10	4.636
ค่าเฉลี่ย	4.601
S.D.	0.184

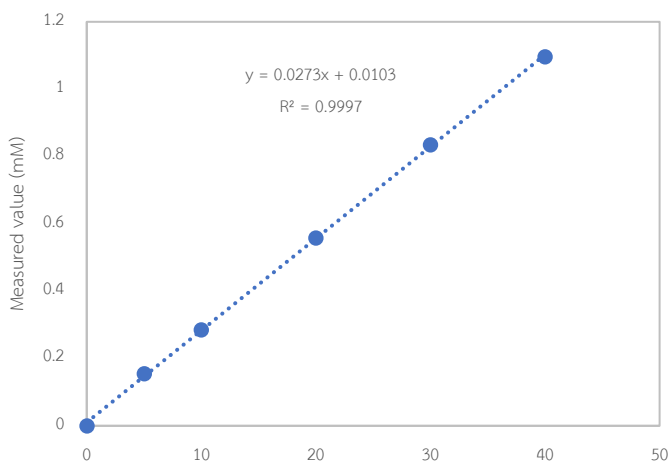
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์การปลดปล่อยของแผ่นแบคทีเรียเซลล์ูโลส

1. ปริมาณทอรีนในน้ำปราศจากไอออน สำหรับเตรียมกราฟ โดยเตรียมสารละลายทอรีนความเข้มข้นที่ 0.01 0.03 0.05 0.1 0.3 0.5 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร ด้วยเทคนิค LC-MS



รูป ง.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายทอรีน

2. ปริมาณนิโคตินาไมด์ในน้ำปราศจากไอออน สำหรับเตรียมกราฟ โดยเตรียมสารละลายทอรีนความเข้มข้นที่ 0 5 10 20 30 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยเทคนิค UV-vis spectroscopy ที่สเปกตรัม 294 นาโนเมตร



รูป ง.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายนิโคตินาไมด์

ตาราง ง.1 ปริมาณการปลดปล่อยสารละลายทอรินบนแผ่นแบคทีเรียเซลล์ูโลส

	ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
30 นาที	ความเข้มข้น 10 mM	0.11	0.11	0.10	0.11	0.0067
	ความเข้มข้น 30 mM	0.15	0.17	0.15	0.16	0.0108
	ความเข้มข้น 50 mM	0.36	0.34	0.32	0.34	0.0234
	ความเข้มข้น 70 mM	0.52	0.51	0.49	0.51	0.0176
1 ชั่วโมง	ความเข้มข้น 10 mM	0.14	0.13	0.13	0.13	0.0059
	ความเข้มข้น 30 mM	0.29	0.27	0.26	0.27	0.0149
	ความเข้มข้น 50 mM	0.44	0.41	0.39	0.42	0.0240
	ความเข้มข้น 70 mM	0.47	0.45	0.42	0.45	0.0240
3 ชั่วโมง	ความเข้มข้น 10 mM	0.11	0.11	0.10	0.11	0.0053
	ความเข้มข้น 30 mM	0.34	0.31	0.32	0.32	0.0151
	ความเข้มข้น 50 mM	0.33	0.31	0.31	0.32	0.0142
	ความเข้มข้น 70 mM	0.43	0.42	0.40	0.42	0.0154

	ท่าแห่งแบบป็นเหรียญ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
30 นาที	ความเข้มข้น 10 mM	1.85	1.79	1.84	1.83	0.03
	ความเข้มข้น 30 mM	3.56	3.34	3.46	3.45	0.11
	ความเข้มข้น 50 mM	8.45	8.42	8.21	8.36	0.13
	ความเข้มข้น 70 mM	8.57	8.69	8.64	8.63	0.06
1 ชั่วโมง	ความเข้มข้น 10 mM	1.95	2.06	1.81	1.94	0.13
	ความเข้มข้น 30 mM	6.18	6.11	6.29	6.19	0.09
	ความเข้มข้น 50 mM	10.89	10.54	10.67	10.70	0.18
	ความเข้มข้น 70 mM	10.57	10.85	10.45	10.62	0.21
3 ชั่วโมง	ความเข้มข้น 10 mM	2.11	2.15	2.09	2.12	0.03
	ความเข้มข้น 30 mM	7.67	7.64	7.55	7.62	0.06
	ความเข้มข้น 50 mM	9.59	9.39	10.2	9.73	0.42
	ความเข้มข้น 70 mM	10.37	10.16	10.01	10.18	0.18

ตาราง ง.2 ปริมาณการปลดปล่อยสารละลายทอรีน pH ต่าง ๆ บนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

	แบบแช่เยือกแข็ง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
DI	pH 5.5	0.41	0.41	0.37	0.40	0.0215
	pH 6.5	0.43	0.41	0.42	0.42	0.0079
	pH 7.5	0.30	0.28	0.27	0.28	0.0158
Buffer	pH 5.5	0.40	0.36	0.35	0.37	0.0272
	pH 6.5	0.47	0.44	0.44	0.45	0.0196
	pH 7.5	0.33	0.31	0.29	0.31	0.0186

	แบบปั่นเหวี่ยง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
DI	pH 5.5	10.25	10.22	10.03	10.17	0.12
	pH 6.5	10.26	10.42	10.16	10.28	0.13
	pH 7.5	11.82	12.39	12.13	12.11	0.29
Buffer	pH 5.5	9.61	9.35	9.97	9.64	0.31
	pH 6.5	9.98	9.49	9.45	9.64	0.30
	pH 7.5	10.9	11.78	11.45	11.38	0.44

ตาราง ง.3 ปริมาณการปลดปล่อยเมื่อทดสอบเวลาในการปลดปล่อยสารละลายทอรีนบนแผ่น

	เวลาในการปลดปล่อย (นาที)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1 ชั่วโมง	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	0.080	0.050	0.070	0.067	0.015
	3	0.100	0.125	0.012	0.079	0.060
	5	0.170	0.176	0.175	0.174	0.003
	30	0.170	0.168	0.162	0.167	0.004
	60	0.165	0.186	0.165	0.172	0.012
	180	0.173	0.169	0.163	0.168	0.005
3 ชั่วโมง	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	0.050	0.039	0.050	0.046	0.006
	3	0.110	0.009	0.100	0.073	0.056
	5	0.110	0.112	0.139	0.120	0.016
	30	0.133	0.121	0.100	0.118	0.017
	60	0.129	0.116	0.128	0.124	0.007
	180	0.130	0.137	0.112	0.126	0.013

ตาราง ง.4 ปริมาณการปลดปล่อยสารละลายนิโคตินาไมด์บนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส

เวลาในการแช่ 30 นาที		ค่าการดูดกลืน	การปลดปล่อย(mM)
ความเข้มข้น 10mM	1	0.080	6.55
	2	0.060	4.91
	3	0.070	5.73
	ค่าเฉลี่ย	0.070	5.73
	SD	0.011	0.82
ความเข้มข้น 30mM	1	0.075	6.14
	2	0.077	6.31
	3	0.070	6.96
	ค่าเฉลี่ย	0.080	6.47
	SD	0.013	0.43
ความเข้มข้น 50mM	1	0.104	8.52
	2	0.105	8.60
	3	0.111	9.09
	ค่าเฉลี่ย	0.110	8.73
	SD	0.012	0.31
ความเข้มข้น 70mM	1	0.113	9.25
	2	0.116	9.50
	3	0.114	9.34
	ค่าเฉลี่ย	0.110	9.36
	SD	0.013	0.13

เวลาในการแช่ 1 ชั่วโมง		ค่าการดูดกลืน	การปลดปล่อย(mM)
ความเข้มข้น 10mM	1	0.097	7.94
	2	0.101	8.27
	3	0.080	6.55
	ค่าเฉลี่ย	0.090	7.59
	SD	0.013	0.91
ความเข้มข้น 30mM	1	0.105	8.60
	2	0.109	8.93
	3	0.098	8.02
	ค่าเฉลี่ย	0.105	8.52
	SD	0.015	0.46
ความเข้มข้น 50mM	1	0.126	10.32
	2	0.128	10.48
	3	0.117	9.58
	ค่าเฉลี่ย	0.120	10.37
	SD	0.012	0.48
ความเข้มข้น 70mM	1	0.128	10.48
	2	0.131	10.73
	3	0.121	9.91
	ค่าเฉลี่ย	0.130	10.37
	SD	0.017	0.42

เวลาในการแช่ 3 ชั่วโมง		ค่าการดูดกลืน	การปลดปล่อย(mM)
ความเข้มข้น 10mM	1	0.102	8.35
	2	0.092	7.53
	3	0.099	8.11
	ค่าเฉลี่ย	0.107	8.00
	SD	0.011	0.42
ความเข้มข้น 30mM	1	0.073	5.98
	2	0.106	8.68
	3	0.101	8.27
	ค่าเฉลี่ย	0.090	7.64
	SD	0.021	1.46
ความเข้มข้น 50mM	1	0.082	6.71
	2	0.115	9.42
	3	0.124	10.15
	ค่าเฉลี่ย	0.110	8.76
	SD	0.021	1.81
ความเข้มข้น 70mM	1	0.107	8.76
	2	0.126	10.32
	3	0.116	9.50
	ค่าเฉลี่ย	0.128	9.53
	SD	0.013	0.78

บรรณานุกรม

1. Esa, F., S.M. Tasirin, and N. Abd Rahman, *Overview of bacterial cellulose production and application*. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2014. **2**: p. 113-119.
2. Bianchet, R.T., et al., *Applicability of bacterial cellulose in cosmetics - bibliometric review*. Biotechnol Rep (Amst), 2020. **27**: p. e00502.
3. Marcinkiewicz, J. and S.W. Schaffer, *Taurine 9*. 2015: Springer.
4. Ross, P., R. Mayer, and M. Benziman, *Cellulose biosynthesis and function in bacteria*. Microbiological reviews, 1991. **55**(1): p. 35-58.
5. Kingkaew, J., *Development of bacterial cellulose nanocomposite film for medical applications*. 2011, Chulalongkorn University.
6. Lapuz, M.M., E.G. Gallardo, and M.A. Palo, *The nata organism cultural requirements, characteristics and identity*. Philipp J Sci, 1967. **96**(2): p. 91-108.
7. Mahayothee, B., et al., *Phenolic compounds, antioxidant activity, and medium chain fatty acids profiles of coconut water and meat at different maturity stages*. International Journal of Food Properties, 2016. **19**(9): p. 2041-2051.
8. Matsui, W., et al., *Clonogenic multiple myeloma progenitors, stem cell properties, and drug resistance*. Cancer research, 2008. **68**(1): p. 190-197.
9. Priya, S. and L. Ramaswamy, *Tender coconut water—natures elixir to mankind*. International Journal of Recent Scientific Research, 2014. **5**(8): p. 1485-1490.
10. Rao, S.S. and R. Najam, *Coconut water of different maturity stages ameliorates inflammatory processes in model of inflammation*. Journal of intercultural ethnopharmacology, 2016. **5**(3): p. 244.
11. Ajeigbe, K., et al., *Gastroprotective and mucosa homeostatic activities of coconut milk and water on experimentally induced gastropathies in male wistar rats*. Tissue and Cell, 2017. **49**(5): p. 528-536.
12. Saibuatong, O.-A. and M. Phisalaphong, *Novo aloe vera–bacterial cellulose composite film from biosynthesis*. Carbohydrate Polymers, 2010. **79**(2): p. 455-460.

13. เนาะ, อ.อ.ป., ภ.ว.เ. เต็ม, and ก.ศ.บ.ร. ดิษฐ์, ผล ของ เซลลูโลส จาก แบคทีเรีย ต่อ สมบัติ ทาง กายภาพ เคมี และ การ คงตัว ของ ไอศกรีม นม แพะ.
14. Klemm, D., et al., *Nanocelluloses as innovative polymers in research and application*. Polysaccharides Ii, 2006: p. 49-96.
15. Ul-Islam, M., T. Khan, and J.K. Park, *Water holding and release properties of bacterial cellulose obtained by in situ and ex situ modification*. Carbohydrate Polymers, 2012. **88**(2): p. 596-603.
16. Gayathry, G. and G. Gopalswamy, *Production and characterisation of microbial cellulosic fibre from Acetobacter xylinum*. 2014.
17. Chawla, P.R., et al., *Microbial cellulose: fermentative production and applications*. Food Technology & Biotechnology, 2009. **47**(2).
18. Poletto, M., et al., *Thermal decomposition of wood: Influence of wood components and cellulose crystallite size*. Bioresource Technology, 2012. **109**: p. 148-153.
19. Lima, R.J.C., et al., *Thermal study of l-alanine, l-threonine, and taurine crystals related to hydrogen bonding*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2012. **111**(1): p. 627-631.
20. Thirupathi, A., et al., *Taurine Reverses Oxidative Damages and Restores the Muscle Function in Overuse of Exercised Muscle*. Front Physiol, 2020. **11**: p. 582449.
21. Chraibi, M., A. Seyfried, and A. Schadschneider, *Generalized centrifugal-force model for pedestrian dynamics*. Physical Review E, 2010. **82**(4): p. 046111.
22. Yu, W., et al., *Centrifugal force model for pedestrian dynamics*. Physical Review E, 2005. **72**(2): p. 026112.
23. Sornchai, P., *Factors Affecting Buyer Decisions for Sleeping Mask in the Bangkok Metropolitan Area*. . p. 2018.
24. Park, J., et al., *Effect of Plasticizers on The Properties of Cosmetic Mask Using Polyvinyl Alcohol (PVA) as A Film Former*. Journal of the Society of Cosmetic Scientists of Korea, 1999. **25**(4): p. 51-55.
25. Forbat, E., F. Al-Niaimi, and F. Ali, *Use of nicotinamide in dermatology*. Clinical and Experimental Dermatology, 2017. **42**(2): p. 137-144.

26. Dall'Oglio, F., et al., *Cosmetics for acne: indications and recommendations for an evidence-based approach*. Giornale italiano di dermatologia e venereologia: organo ufficiale, Societa italiana di dermatologia e sifilografia, 2014. **150**(1): p. 1-11.
27. Lupo, M.P., *Antioxidants and vitamins in cosmetics*. Clinics in dermatology, 2001. **19**(4): p. 467-473.
28. Aramwit, P. and N. Bang, *The characteristics of bacterial nanocellulose gel releasing silk sericin for facial treatment*. BMC biotechnology, 2014. **14**(1): p. 1-11.
29. Nilforoushzadeh, M.A., et al., *Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask*. J Cosmet Dermatol, 2018. **17**(5): p. 693-702.
30. Amnuakit, T., et al., *Effects of a cellulose mask synthesized by a bacterium on facial skin characteristics and user satisfaction*. Medical Devices (Auckland, NZ), 2011. **4**: p. 77.
31. Muhsinin, S., et al., *Bacterial cellulose from fermented banana peels (Musa paradisiaca) by Acetobacter xylinum as matrix of biocellulose mask*. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 2017. **9**(2): p. 159.
32. Almeida, I., et al., *Bacterial cellulose membranes as drug delivery systems: An in vivo skin compatibility study*. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 2014. **86**(3): p. 332-336.
33. Reveny, J., J. Tanuwijaya, and M. Stanley, *Formulation and evaluating anti-aging effect of vitamin E in Biocellulose sheet mask*. 2017.
34. Dahman, Y., *Nanostructured biomaterials and biocomposites from bacterial cellulose nanofibers*. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 2009. **9**(9): p. 5105-5122.
35. Meftahi, A., et al., *The effects of cotton gauze coating with microbial cellulose*. Cellulose, 2010. **17**(1): p. 199-204.
36. Marcinkiewicz, J., *Taurine bromamine: a new therapeutic option in inflammatory skin diseases*. Polskie Archiwum Medycyny Wewnętrznej= Polish Archives of Internal Medicine, 2009. **119**(10).
37. Yu, J.S. and A.K. Kim, *Effect of combination of taurine and azelaic acid on antimelanogenesis in murine melanoma cells*. Journal of Biomedical Science, 2010. **17**(1): p. 1-5.

38. Ito, T., et al., *Potential anti-aging role of taurine via proper protein folding: a study from taurine transporter knockout mouse*. *Taurine* 9, 2015: p. 481-487.
39. Janeke, G., et al., *Role of taurine accumulation in keratinocyte hydration*. *J Invest Dermatol*, 2003. **121**(2): p. 354-61.
40. Ashkani-Esfahani, S., et al., *Taurine improves the wound healing process in cutaneous leishmaniasis in mice model, based on stereological parameters*. *Adv Biomed Res*, 2014. **3**: p. 204.
41. Bilgi, E., et al., *Bacterial cellulose based facial mask with antioxidant property and high moisturizing capacity*. *Cellulose*, 2021. **28**(16): p. 10399-10414.
42. Wu, L., et al., *Collagen sponge prolongs taurine release for improved wound healing through inflammation inhibition and proliferation stimulation*. *Annals of Translational Medicine*, 2021. **9**(12).
43. Vasconcellos, V. and C. Farinas, *The effect of the drying process on the properties of bacterial cellulose films from *Gluconacetobacter hansenii**. *Chemical Engineering Transactions*, 2018. **64**: p. 145-150.
44. Bhattacharya, R., et al., *Replacing critical point drying with a low-cost chemical drying provides comparable surface image quality of glandular trichomes from leaves of *Millingtonia hortensis* L. f. in scanning electron micrograph*. *Appl Microsc*, 2020. **50**(1): p. 15.
45. Ripoll, C., et al., *Evaluation of Natural Substances' Protective Effects Against Oxidative Stress in a Newly Developed Canine Endothelial Cell-Based Assay and in Cell-Free Radical Scavenging Assays*. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, 2012. **10**(2).
46. Siefken, W., et al., *Role of taurine accumulation in keratinocyte hydration*. *Journal of investigative dermatology*, 2003. **121**(2): p. 354-361.
47. Farzamfar, S., et al., *Taurine-loaded poly (ϵ -caprolactone)/gelatin electrospun mat as a potential wound dressing material: In vitro and in vivo evaluation*. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*, 2018. **33**(3): p. 282-294.
48. Kang, D.H., et al., *Elastic Properties of Taurine Single Crystals Studied by Brillouin Spectroscopy*. *Int J Mol Sci*, 2021. **22**(13).

49. Kanagale, P., et al., *Formulation and optimization of porous osmotic pump-based controlled release system of oxybutynin*. AAPS PharmSciTech, 2007. **8**(3): p. E53.
50. Hansen, S.H., et al., *A role for taurine in mitochondrial function*. Journal of biomedical science, 2010. **17**(1): p. 1-8.
51. Hansen, S.H., et al., *Taurine and regulation of mitochondrial metabolism*, in *Taurine 9*. 2015, Springer. p. 397-405.
52. Hosseini, H., M. Kokabi, and S.M. Mousavi, *Dynamic mechanical properties of bacterial cellulose nanofibres*. Iranian Polymer Journal, 2018. **27**(6): p. 433-443.
53. van der Veen, M., M.C. Stuart, and W. Norde, *Spreading of proteins and its effect on adsorption and desorption kinetics*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2007. **54**(2): p. 136-142.
54. Halib, N., M. Amin, and I. Ahmad, *Physicochemical properties and characterization of nata de coco from local food industries as a source of cellulose*. Sains Malaysiana, 2012. **41**(2): p. 205-211.
55. Bruździak, P., et al., *Taurine as a water structure breaker and protein stabilizer*. Amino Acids, 2018. **50**(1): p. 125-140.
56. Cavaignac, A.L.d.O., R.J.C. Lima, and P.T.C. Freire, *The Behavior of NH₃⁺ Torsional Vibration in Amino Acids: A Raman Spectroscopic Study*. Crystals, 2019. **9**(10).
57. Freire, P.T.C., et al., *Raman Spectroscopy of Amino Acid Crystals*, in *Raman Spectroscopy and Applications*. 2017.
58. Freire, P., et al., *The behavior of NH₃ torsional vibration of L-alanine, L-threonine and taurine crystals under high pressure: a Raman spectroscopic study*. Vibrational Spectroscopy, 2007. **45**(2): p. 99-102.
59. Fan, X., et al., *Production of nano bacterial cellulose from beverage industrial waste of citrus peel and pomace using Komagataeibacter xylinus*. Carbohydr Polym, 2016. **151**: p. 1068-1072.
60. Silviana, S., *Mechanical and Thermal Properties of a Bacterial Cellulose Reinforced with Bamboo Microfibrillated Cellulose and Plasticized with Epoxidized Waste Cooking Oil*. 2022.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	โชติกา จักขุภรรยา
วัน เดือน ปี เกิด	10 กุมภาพันธ์ 2532
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	กรุงเทพมหานคร



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY