



การเตรียมผ้าไม่ทอจากไบอ้อย

กาญจนา ลือพงษ์
นนุช ศศิธร

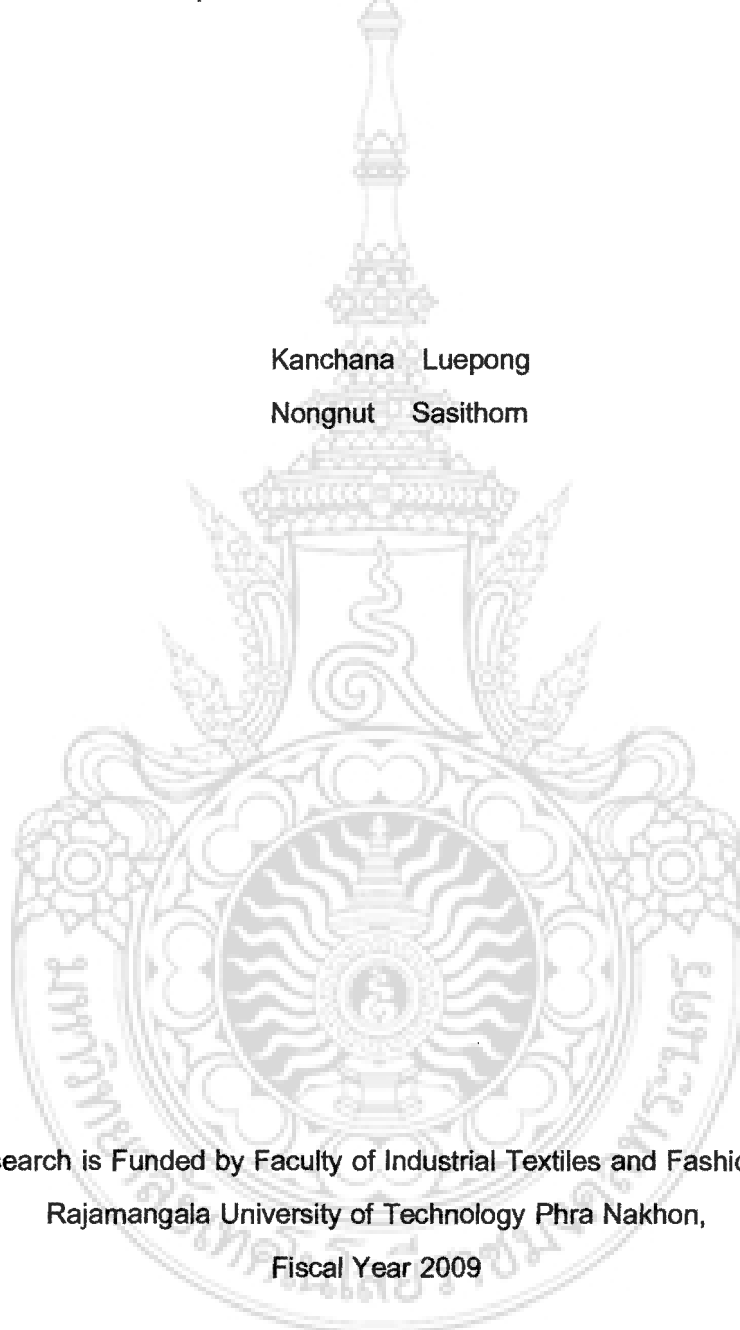


งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณผลประโยชน์ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๒
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



Non-woven Fabric Preparation from *Saccharum officinarum* Linn.'s Leaves

Kanchana Luepong
Nongnut Sasithorn



This Research is Funded by Faculty of Industrial Textiles and Fashion Design
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,
Fiscal Year 2009

ชื่อเรื่อง : การเตรียมผ้าไม่ทอจากไบอ้อย
ผู้วิจัย : กาญจนา ลือพงษ์
 นางนุช ศศิธร
พ.ศ. ๒๕๕๒

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการแยกเส้นใยและเตรียมผ้าไม่ทอจากไบอ้อย โดยวิธีการต้มแยกด้วยสารเคมี ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในการแยกกระบวนการเส้นใยมีตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตั้งแต่ 0 - 20 กรัมต่อลิตร และเวลาในการแยกเส้นใย ตั้งแต่ 15 30 45 60 75 90 105 และ 120 นาที ทำการขึ้นรูปแผ่นเส้นใยด้วยวิธี wet laid และใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นสารช่วยยึดในปริมาณ ตั้งแต่ 1 2 4 6 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (w/v) อบผนึกที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูป การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้าไม่ทอที่เตรียมได้ด้วยการวัดค่าความต้านทานต่อแรงดันทะลุ ตกแต่งการป้องกันแบคทีเรียบนผ้าไม่ทอด้วยวิธีการพ่นและวิธีการบีบอัด และประเมินผลการตกแต่งตามมาตรฐานการทดสอบ AATCC 147-1998 (เชิงคุณภาพ) และ 100-1999 (เชิงปริมาณ)

จากการทดลองพบว่าภาวะในการแยกเส้นใยที่เหมาะสม คือ การต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร นาน 60 นาที เส้นใยที่ได้จากการแยกเมื่อนำมาขึ้นรูปแผ่นเส้นใยด้วยแล้วยึดติดกันด้วยสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 2 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ความต้านทานแรงดันทะลุ 53 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการตกแต่งป้องกันแบคทีเรีย คือ กระบวนการบีบอัด ซึ่งให้ผลของการตกแต่งอยู่ในเกณฑ์ดี (พื้นที่ในการยับยั้งเท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร)

คำสำคัญ : ไบอ้อย ผ้าไม่ทอ การแยกเส้นใย



Title : Non-woven Fabric Preparation from *Saccharum officinarum* Linn.'s Leaves
Researcher : Kanchana Luepong
Nongnut Sasithorn
Year : 2009

Abstract

This research was concerned with the fiber separation and non-woven preparation from sugar cane's leaves. The separation process was carried out by chemical pulping method at 100 degree Celsius. In order to study the suitable condition for separation process, the concentration of sodium hydroxide ranging from 0 - 20 grams per liter and boiling time 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 and 120 minutes were performed. Web formation process was performed by wet laid method and polyvinyl alcohol was selected as binder in web bonding process. In order to study the suitable amount of binder in bonding process, concentration of polyvinyl alcohol ranging from 1, 2, 4, 6, 8 and 10 % w/v coated on web surface and cured at 120 degree Celsius. Bursting strength as well as physical properties evaluation of non-woven fabrics was performed. For antimicrobial finishing process was performed by spray method and pad method. The finishing result was evaluated by AATCC test method 147-1998 (Qualitative) and 100 - 1999 (Quantitative)

The result was found that appropriate condition for fiber separation was recommended as follows : the amount of sodium hydroxide of 10 grams per liter and boiling time 60 minutes. The suitable amount of polyvinyl alcohol for web bonding process was 2 % w/v. Bursting strength of non-woven fabric was 53 kN/m³ and padding method was a suitable method for antimicrobial finishing (antimicrobial area 0.3 millimeters)

Keywords : Sugarcane leaves, Non-woven fabric, Fiber separation

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัย เรื่อง การเตรียมผ้าไม่ทอจากใบอ้อย ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ มากมาย ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านดังรายนามต่อไปนี้

1. คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนเงินทุนเพื่อการวิจัย
2. บริษัท ดีทแฮล์ม เทรตติ้ง จำกัด ที่การให้ความอนุเคราะห์สารเคมี
3. นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ และบุคลากรของคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ
4. บิดา มารดา และบุคคลอีกหลายท่านที่มีส่วนช่วยผลักดันให้โครงการนี้สำเร็จ

กาญจนา ลือพงษ์
นนุช ศศิธร



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 อ้อย (Sugarcane)	3
2.2 การแยกเส้นใย (Fiber separation)	18
2.3 ผ้าไม่ทอ (Non-woven Fabric)	20
2.4 สารช่วยยัด	25
2.5 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol)	26
2.6 อนุภาคซิลเวอร์ (Ag^+)	29
2.7 ทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Reviewed Literature)	31
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	33
3.1 สารเคมี	33
3.2 อุปกรณ์	33
3.3 วิธีทดลอง	33
3.4 การทดสอบสมบัติของแผ่นเส้นใย	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	36
4.1 ผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย	36
4.2 ผลการหาปริมาณของไซโตเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ลักษณะของแผ่นเส้นใยที่ได้จากการขึ้นรูป	46
4.4 สมบัติทางกายภาพของแผ่นเส้นใย	48
4.5 สัณฐานวิทยาของแผ่นเส้นใยที่ผ่านการดกแต่ง	51
4.6 ผลการทดสอบการป้องกันแบคทีเรีย	52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	55
ภาคผนวก ก	56
ภาคผนวก ข	71
ประวัติผู้วิจัย	76



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ดันอ้อย	5
2.2 รากอ้อย	6
2.3 องค์ประกอบของลำตันอ้อย	7
2.4 ลักษณะลำตันอ้อย	9
2.5 ตาอ้อย	10
2.6 ลักษณะของใบอ้อย	11
2.7 ช่อดอกของอ้อย	14
2.8 โครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์	26
4.1 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 15 นาที	36
4.2 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 30 นาที	36
4.3 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 45 นาที	37
4.4 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 60 นาที	37
4.5 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 75 นาที	37
4.6 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 90 นาที	38
4.7 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 105 นาที	38
4.8 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 120 นาที	38
4.9 เปอร์เซนต์เส้นใยใบอ้อยที่เหลือจากการแยกเส้นใย	41
4.10 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 2 กรัมต่อลิตร	42
4.11 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 4 กรัมต่อลิตร	42
4.12 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 6 กรัมต่อลิตร	42
4.13 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 8 กรัมต่อลิตร	43
4.14 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 10 กรัมต่อลิตร	43
4.15 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 12 กรัมต่อลิตร	43
4.16 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 14 กรัมต่อลิตร	44
4.17 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 16 กรัมต่อลิตร	44
4.18 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 18 กรัมต่อลิตร	44
4.19 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 20 กรัมต่อลิตร	45
4.20 ลักษณะของแผ่นเส้นใยที่ผ่านการยัดติดกันด้วยสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นต่างๆ	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.21 ลักษณะผิวของเส้นใยที่ผ่านการตกแต่งด้วยวิธีบีบอัด	51
4.22 ลักษณะผิวของเส้นใยที่ผ่านการตกแต่งด้วยวิธีฉีดพ่น	51



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ปริมาณเส้นใยใบอ้อยที่ได้จากการแยกด้วยวิธีต่างๆ	40
4.2 ความหนาของแผ่นเส้นใย	48
4.3 ความต้านทานแรงดันทะลุของแผ่นเส้นใย	49
4.4 ความสามารถในการซึมผ่านอากาศของแผ่นเส้นใย	50
4.5 ผลการทดสอบการป้องกันแบคทีเรียในเชิงคุณภาพ	52
4.6 ผลของการทดสอบการป้องกันแบคทีเรียในเชิงปริมาณ	52



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ใบอ้อยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากทางการเกษตร เนื่องจากมีปริมาณมากแต่มีการนำมาใช้ประโยชน์น้อย และบางส่วนมีการเผาทำลาย ก่อให้เกิดควันพิษ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลักษณะใบอ้อยคล้ายใบข้าว แต่มีขนาดใหญ่และยาวมากกว่า ใบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ กาบใบ และแผ่นใบ ใบอ้อยมีลักษณะที่แข็งและหยาบ ปัจจุบันมีการนำใบอ้อยมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มแนวทางในการใช้ประโยชน์จากใบอ้อย งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดนำใบอ้อยมาทำการแยกเส้นใยและขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอ เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ เช่น แผ่นกรองอากาศ ถังครอบผลไม้ป้องกันแมลง เป็นต้น

ในการทดลองได้ทำการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย โดยมีตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณของสารเคมีและเวลาที่ใช้ในการแยกเส้นใย ปริมาณของสารช่วยยัด (พอลิไวนิลแอลกอฮอล์) รวมทั้งศึกษาถึงสมบัติทางกายภาพของผ้าไม่ทอ ได้แก่ ความต้านทานแรงดึงทะลุ และ ความสามารถในการซึมผ่านอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย
2. เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการขึ้นรูป
3. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของผ้าไม่ทอที่ได้จากใบอ้อย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การแยกเส้นใยจากใบอ้อย โดยมีตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ
 - เวลาที่ใช้ในการแยกเส้นใย
 - ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการแยกเส้นใย
2. การขึ้นรูปแผ่นเส้นใยเพื่อผลิตเป็นผ้าไม่ทอ โดยใช้สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นสารช่วยยัด
3. การตกแต่งป้องกันแบคทีเรียเพื่อเพิ่มสมบัติในการนำไปใช้งาน
4. การทดสอบสมบัติของผ้าไม่ทอที่ผลิตจากใบอ้อย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบภาวะที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย
2. ทราบภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการขึ้นรูป
3. ทราบสมบัติทางกายภาพของผ้าไม่ทอที่ได้จากไบอ้อย
4. สามารถนำผ้าไม่ทอที่ได้ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ หรือชิ้นงานเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า

1.5 นิยามคำศัพท์

- *ผ้าไม่ทอ* : ผ้าที่เกิดจากการสานไปมาของเส้นใยหรือเส้นด้าย มีการยึดติดกันด้วยการที่เส้นใยพันกันไปมา (Mechanical entanglement) หรือโดยการใช้ความร้อน เรซิน หรือสารเคมี เป็นสารช่วยยึด ทำให้เกิดการยึดกันระหว่างเส้นใย

- *การแยกเส้นใย* : การบด ทบ ขูด หรือ ต้มด้วยสารเคมี เพื่อกระจายให้เส้นใยแยกออกจากกัน



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อ้อย (Sugarcane)

อ้อยจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มาก ในเชิงของการใช้เป็นอาหาร อ้อยนับว่าเป็นพืชสำคัญอันดับ 4 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว เมื่อพิจารณาในผลผลิตคิดเป็นน้ำหนักแห้งที่เก็บเกี่ยวได้ต่อเนื้อที่ต่อปี อ้อยมาเป็นอันดับแรก เพราะอ้อยสามารถใช้ปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโต เช่น แสงแดด น้ำ อากาศ และธาตุอาหารได้มีประสิทธิภาพมากกว่า นอกจากนี้อ้อยยังเป็นพืชที่ปลูกง่าย และเมื่อปลูกครั้งหนึ่งแล้วสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง อ้อยชอบอากาศร้อนและชุ่มชื้น ประเทศที่ปลูกอ้อยซึ่งมีประมาณ 70 ประเทศ อยู่ในแถบร้อนและชุ่มชื้นในระหว่างเส้นรุ้งที่ 35 องศาเหนือและ 35 องศาใต้ รวมทั้งประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยได้มีการปลูกอ้อยมาแต่โบราณกาล แต่การทำน้ำตาลจากอ้อยได้เริ่มในสมัยกรุงสุโขทัยประมาณปี พ.ศ. 1920 แหล่งผลิตสำคัญอยู่ที่เมืองสุโขทัย พิษณุโลก และกำแพงเพชร น้ำตาลที่ผลิตได้ในสมัยนั้นเป็นน้ำตาลแดง (Muscovado) หรือน้ำอ้อยยบ ส่วนการผลิตน้ำตาลทรายขาว (Centrifugal sugar) ได้เริ่มที่จังหวัดลำปาง เมื่อปี พ.ศ. 2480 หลังจากนั้นการผลิตน้ำตาลทรายขาวได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นตามลำดับ จากการผลิตเพียงเพื่อทดแทนปริมาณน้ำตาลที่ต้องสั่งเข้ามาจากประเทศฟิลิปปินส์และอินโดนีเซีย จนกระทั่งผลิตได้พอใช้บริโภคภายในประเทศและเหลือส่งออกต่างประเทศเป็นจำนวนถึง 5,723 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 8.10 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2502 - 2503 มูลค่าส่งออกของน้ำตาลได้เพิ่มขึ้นเรื่อยจากไม่ถึง 10 ล้านบาท เป็น 330 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2515 จนกระทั่งปี พ.ศ. 2520 มูลค่าส่งน้ำตาลออกได้เพิ่มขึ้นเป็น 7,395 ล้านบาท ซึ่งเป็นรายได้สูงสุดนับตั้งแต่ประเทศไทยได้มีการส่งออกน้ำตาลเป็นสินค้าออกและนับเป็นรายได้อันดับ 3 รองจากข้าวและมันสำปะหลัง ในปี พ.ศ. 2521 มูลค่าการส่งออกลดลงเหลือเพียง 3,972 ล้านบาท สาเหตุเนื่องจากน้ำตาลล้นตลาดและราคาคงต่ำ แต่ก็ยังเป็นรายได้ 1 ใน 10 ของสินค้าออกทั้งหมด จึงนับได้ว่าอ้อยเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย

2.1.1 ประวัติถิ่นฐานดั้งเดิมและการกระจายตัวของอ้อย

อ้อยเป็นพืชที่มนุษย์รู้จักมานานนับหมื่นปี ในสมัยโบราณอ้อยปลูกเป็นพืชสวนครัวสำหรับบริโภคโดยตรงภายในครัวเรือนเท่านั้น การเปลี่ยนจากพืชสวนครัวมาเป็นพืชไร่ คาดว่าเกิดขึ้นในประเทศอินเดีย เมื่อหลายร้อยปีก่อนคริสต์ศักราช

แหล่งกำเนิดดั้งเดิมของอ้อยอยู่ที่เกาะนิวกินีในมหาสมุทรแปซิฟิก มีหลักฐานยืนยันว่าชาวพื้นเมืองของเกาะนี้ปลูกอ้อยไว้ในสวนสำหรับเลี้ยงกบเลี้ยงมาตั้งแต่สมัยโบราณ และเชื่อว่า

อ้อยพันธุ์ดั้งเดิมนี้เป็นอ้อยที่เรียกขานกันต่อมาว่า *อ้อยมีตระกูล (Noble canes)* นอกจากนั้น ยังมีพืชในสกุลเดียวกัน คือ อ้อและแขม

ในโลกมีพืชสกุลเดียวกับอ้อยมากกว่า 7 ชนิด นักพฤกษศาสตร์ชาวอินเดียกล่าวว่า อ้อยชนิดหนึ่งซึ่งมีชื่อว่า *S. barberi* นั้นมีพื้นแพดั้งเดิมอยู่ในทางตอนเหนือของอินเดีย แล้วถูกนำไปปลูกในประเทศจีนในราว 250 ปีก่อนพุทธกาล ในภาษาสันสกฤตเรียกอ้อยว่า Shakkara ซึ่งพ้องหรือใกล้เคียงกับภาษาลาดินว่า Saccharum และมีความหมายว่า พืชใหม่จากทางตะวันออก แสดงว่าแหล่งกำเนิดของอ้อยนั้นอยู่ทางทิศตะวันออกของอินเดีย

ในราว ค.ศ. 1853 มีนักวิทยาศาสตร์หลายคน ที่สนใจในแหล่งกำเนิดของอ้อยได้เดินทางไปแสวงหาข้อเท็จจริงที่เกาะนิวกินี และได้มีการพบหลักฐานทั้งทางด้านพฤกษศาสตร์ ประวัติศาสตร์ และภูมิศาสตร์ว่า *S. officinarum* L. มีแหล่งกำเนิดที่เกาะนิวกินี

การแพร่พันธุ์ของอ้อยจากเกาะนิวกินี เกิดจากการอพยพของคนในสมัยโบราณ สันนิษฐานว่าอ้อยกระจายออกจากนิวกินีไป 3 ทาง คือ เริ่มแรกอ้อยถูกนำไปที่เกาะโซโลมอน เกาะนิวเฮบริดิส และเกาะนิวคาลิโดเนีย ซึ่งอยู่ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของออสเตรเลีย ประมาณ 8,000 ปีก่อนคริสตกาล อีกทางหนึ่งอ้อยถูกนำไปทางทิศตะวันตก ไปสู่อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และไปสู่ด้านเหนือของอินเดียในราวประมาณ 6,000 ปีก่อนคริสตกาล ทางที่สามคาดว่าอ้อยถูกนำไปสู่เกาะทางทิศตะวันออกของหมู่เกาะโซโลมอน ซึ่งได้แก่เกาะฟีจี ดองกา ซามัว เกาะคุก หมู่เกาะมาร์ตีซาส์ เกาะโซโซตี เกาะอีสเตอร์ และฮาวาย รวมทั้งเกาะเล็กเกาะน้อยในมหาสมุทรแปซิฟิก

อเล็กซานเดอร์มหาราชได้นำอ้อยจากอินเดียไปสู่มาซีโดเนียในราว ค.ศ. 218 ในสมัยพุทธกาลอ้อยอาจถูกนำไปสู่เปอร์เซีย อราบีเย อียิปต์ หลังจากนั้นก็ไปถึงสเปน มาเดรา (Madeira) หมู่เกาะคานารี และเซาโตเม ซึ่งอาจเป็นไปได้โดยการจงใจตั้งเช่น ในการเดินทางไปอเมริกาครั้งที่ 2 ของโคลัมบัสในปี ค.ศ. 1493 นอกจากโคลัมบัสแล้วยังมีนักเดินเรือผู้อื่นอีกที่นำอ้อยไปแพร่หลาย โดยอาศัยประโยชน์ใช้เป็นอาหารในระหว่างเดินเรือได้ ในครั้งแรกของศตวรรษที่ 16 นักเดินเรือล่าเมืองขึ้นเป็นผู้นำอ้อยไปสู่แถบศูนย์สูตรโลก

2.1.2 อ้อยในประเทศไทย

อ้อยเป็นพืชที่มีความสำคัญที่ชาวไทยนำมาใช้ในพิธีต่างๆ มาแต่โบราณกาล ไม่ว่าจะเป็นเทศกาลหรือพิธีมงคลต่างๆ เช่น แต่งงาน โกนจุก ขึ้นบ้านใหม่ หรือเทศน์มหาชาติ ในงานหมั้น หรือแต่งงานต้องมีต้นอ้อยแห่มากับขบวนขันหมาก และนำมาผูกที่ประตูบ้านเจ้าสาว ในการไหว้พระจันทร์ของชาวจีนนิยมใช้อ้อยประดับทำซุ้ม ในพิธีต่างๆ ที่ต้องมีมณฑปพิธีตั้งราชวัติฉัตรจะต้องประดับด้วยอ้อย รวมทั้งกล้วยและมะพร้าวต่างๆ ในตำรับยาแผนโบราณใช้อ้อยแดงมาต้มกับเครื่องยาอื่น ที่เรียกว่า อ้อยแดง เนื่องจากอ้อยชนิดนี้มีเปลือกสีแดงจนเกือบดำ บางครั้งจึงมีผู้เรียกว่าอ้อยดำหรืออ้อยขม เนื่องจากตาและเปลือกมีรสขม



ภาพที่ 2.1 ต้นอ้อย

ที่มา : <http://www.cropthai.ku.ac.th/comercane/fracom.html>, 12/08/52

2.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอ้อย

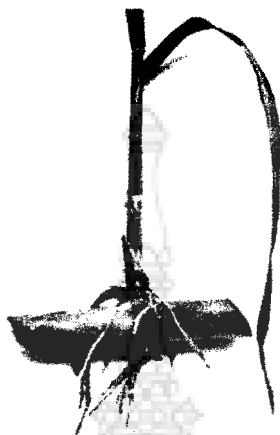
อ้อยจัดเป็นพืชตระกูลหญ้าจำพวกพืชใบเลี้ยงเดี่ยวสามารถจำแนกทางอนุกรมวิธานของอ้อยได้ดังนี้

Class	Angiospermae
Subclass	Monocotyledoneae
Order	Graminales
Family	Gramineae
Tribe	Andropogoneae
Genus	Saccharum
Species	officinarum, spontaneum, robustum, sinense, barberi และ edule
Scientific name	<i>Saccharum officinarum</i> Linn.
Common name	Sugar cane, The Noble canes

1. ราก (Root)

อ้อยมีระบบรากฝอย (Fibrous root system) แผ่กระจายออกโดยรอบลำต้นในรัศมีประมาณ 50 - 100 เซนติเมตร ลึก 100 - 150 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อม อ้อยที่ไม่ได้ปลูกด้วยเมล็ดจะไม่มีรากแก้ว แต่จะมีรากซึ่งดูดลำยรากแก้วเรียกว่าไพรมารีรูต (Primary root) หรือ เซมินัลรูต (Seminal root) ปกติอ้อยขยายพันธุ์โดยใช้ลำต้นตัดเป็นท่อนๆ ละ 2 - 3 ตา แต่ละท่อนเรียกว่าท่อนพันธุ์ (Seed cane) เมื่อนำท่อนพันธุ์อ้อยไปปลูกในดิน จะปรากฏราก 2 ชุด คือ

- รากชั่วคราว หรือ รากของท่อนพันธุ์ (*Sett root or Cutting root*) เป็นรากที่เกิดจากปุ่มรากในบริเวณเกิดรากของท่อนพันธุ์ มีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ และแตกแขนงมาก ขณะที่ตาของท่อนพันธุ์กำลังเจริญเป็นหน่อ (*Shoot*) ได้นำและธาตุอาหารจากดินทางรากเหล่านี้ รากของท่อนพันธุ์ จะทำหน้าที่ต่อไปจนกระทั่งหน่อมีรากที่ทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารแทน หลังจากนั้นรากของท่อนพันธุ์ รวมทั้งตัวท่อนพันธุ์เดิมก็จะสิ้นสภาพและแห้งตายไป



ภาพที่ 2.2 รากอ้อย

ที่มา : [http://kanchanapisek.or.th/cgi-bin/show2.cgi/kp6/BOOK5/pictures/15-74, 12/08/52](http://kanchanapisek.or.th/cgi-bin/show2.cgi/kp6/BOOK5/pictures/15-74,12/08/52)

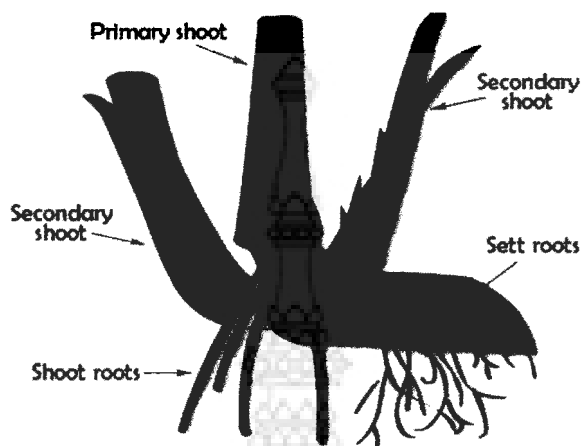
- รากถาวร หรือ รากของหน่อ (*Shoot root*) เป็นรากที่เกิดจากปุ่มรากของหน่อที่เกิดจากท่อนพันธุ์นั้น รากนี้มีขนาดใหญ่กว่ารากชนิดแรกเมื่อเกิดใหม่ๆ มีลักษณะอวบไม่มีแขนง สีขาว และสีจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเข้มเมื่ออายุมากขึ้น ปุ่มรากที่ปรากฏในบริเวณเกิดรากของแต่ละข้อจะมีจำนวนจำกัด แต่เนื่องจากส่วนโคนของลำต้นที่อยู่ใต้ดินมีปล้องถี่มาก ทำให้มีรากมาก รากจะเจริญออกมาจากปุ่มรากเท่านั้น การเจริญของรากจะเกิดทยอยกันโดยต่อเนื่อง ในขณะที่รากเก่ากำลังเสื่อมสภาพลง รากใหม่ก็จะเกิดมาทำหน้าที่แทน และรากที่เกิดในแต่ละข้อจะมีจำนวนจำกัด แต่การแตกสาขาไม่มีขอบเขตจำกัด โดยเฉพาะในดินที่เหมาะสม รากถาวรสามารถหยั่งในแนวตั้งและแนวนอนได้มากกว่า 100 เซนติเมตร นอกจากรากที่อยู่ใต้ดินแล้วยังมีรากที่เกิดจากข้อเหนือพื้นดินทั้งข้อที่อยู่ใกล้ผิวดิน และสูงขึ้นไป อ้อยบางพันธุ์อาจมีรากยาวที่ข้อซึ่งอยู่ห่างจากพื้นดินมาก รากถาวรของอ้อยที่เติบโตเต็มที่จำแนกออกได้ 3 ชนิด คือ

- รากค้ำยัน (*Buttress root*) เป็นรากที่เกิดจากโคนของหน่ออ้อย
- รากฝอย (*Fibrous root or Superficial root*) เป็นรากที่เจริญอยู่ในชั้นดินลึกประมาณ 25 - 60 เซนติเมตร แผ่กระจายออกรอบๆ ลำต้นยาวประมาณ 2 เมตร หรือมากกว่า รากชนิดนี้มีขนาดเล็กและแตกแขนงมาก

- รากหยั่งลึก (*Deep root*) มีลักษณะคล้ายเส้นเชือกรวมอยู่เป็นกลุ่มๆ ที่หยั่งลึกดังลงไปใต้ดิน อาจลึกถึง 6 เมตร ถ้าดินมีความร่วนซุยดี รากชนิดนี้สามารถดูดน้ำในดินที่ระดับความลึก 2 - 4 เมตร ทำให้อ้อยทนสภาพแห้งแล้งได้

2. ลำต้น (Stem)

ตาอ้อยที่เจริญจากท่อนพันธุ์ที่นำไปปลูก จะเติบโตเป็นหน่ออ้อยอันแรก (Primary shoot) ทางทะลุโผล่ขึ้นมาเหนือพื้นดินเจริญเป็นลำต้นอ้อย ต่อมาตาที่โคนของหน่ออ้อยที่อยู่ในดินก็จะเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นหน่ออ้อยอันที่สอง (Secondary shoot) และตาของหน่ออ้อยอันที่สองก็จะเจริญเป็นหน่ออ้อยอันที่สาม (Tertiary shoot) ตามลำดับ ซึ่งลักษณะเช่นนี้เป็นการแตกแขนงของอ้อยออกไปเรื่อยๆ ทำให้อ้อยเจริญอยู่เป็นกอที่เรียกว่า กกออ้อย



ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบของลำต้นอ้อย

ที่มา : http://www.sugarcane crops.com/growth_morphology/the_root_system, 18/08/52

อ้อยได้ชื่อว่า หญ้ายักษ์ (Giant grass) เพราะมีลำต้นสูงใหญ่ อ้อยที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 12 เดือน อาจมีลำต้นสูงประมาณ 2 - 3 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 - 5.0 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพแวดล้อม และการดูแลรักษาของชาวไร่

ลำต้นอ้อย (Cane or Stalk) มีลักษณะเป็นลำตั้งตรงและมีกาบใบหุ้ม ความสูงประมาณ 2.5 - 6 เมตร ไม่แตกกิ่งก้านสาขา ลำต้นประกอบด้วยข้อ (Node) และปล้อง (Internodes) จำนวนมาก ความยาวของปล้องจากรอยกาบใบ (Leaf scar or Sheath scar) อันหนึ่งถึงรอยกาบใบอีกอันหนึ่ง หรือเป็นความยาวของข้อและปล้องรวมกันเรียกว่า จอยต์ (Joint) ซึ่งอาจเรียกกง่าย ๆ ว่า "ปล้อง" อ้อยที่ตัดเมื่ออายุ 12 เดือน จะมีปล้อง 20 - 30 ปล้อง

ลำต้นอ้อยจะประกอบด้วยปล้องหลายๆ อัน ในระยะห่างปล้องอ้อยจะมีปล้องเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณเดือนละ 3 ปล้อง ความยาวของปล้องขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม และปริมาณน้ำ ปล้องที่เกิดในช่วงที่มีน้ำพอเหมาะจะยาวกว่าปล้องที่เกิดในช่วงที่มีน้ำมากหรือน้อยเกินไป โดยทั่วไปปล้องแต่ละอันมีความยาวประมาณ 5 - 25 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 - 6 เซนติเมตร โดยปล้องที่อยู่ตอนโคนต้นและตอนปลายของลำต้นมีขนาดสั้นมาก ลักษณะดังกล่าวปรากฏในอ้อยที่ไม่มีดอก ส่วนอ้อยที่มีดอกปล้องที่รองรับช่อดอกจะมีความยาวที่สุด แล้วลดลงตามลำดับ จนกระทั่งถึงส่วนที่ปล้องมีความยาวไล่เลี่ยกัน

รูปร่างของปล้อง (Internode patterns) มีรูปร่างแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ ซึ่งสามารถแบ่งรูปร่างออกได้ 6 ลักษณะ คือ ทรงกระบอก (Cylindrical) มัดข้าวต้ม (Tume-scent) กลางคอด (Bobbin-shaped) โคนโป่ง (Conoidal) โคนเล็ก (Obconoidal) และ โคนโค้ง (Concave-convex) ส่วนการจัดเรียงของปล้องนั้น มี 2 แบบคือ แบบเส้นตรง และแบบ ซิกแซก

สีของลำต้น (Stalk color) สีของลำต้นแตกต่างกันตามพันธุ์และสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปมีสีแตกต่างกัน ตั้งแต่สีเขียวอ่อนจนถึงสีม่วงแก่เกือบดำ สีต่างๆ เหล่านี้เกิดจากรงควัตถุ (Pigments) ที่เป็นพื้นฐาน 2 ชนิด คือ สีเขียวเกิดจากคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ซึ่งอยู่ในเนื้อเยื่อของลำต้น ในส่วนที่เรียกว่า เอพิเดอร์มิส (Epidermis) และส่วนที่อยู่ถัดเข้าไป และสีแดงเกิดจากแอนโทไซยานิน ปริมาณของรงควัตถุทั้ง 2 ชนิดนี้มีมากน้อยแตกต่างกันไป พวกที่มีแอนโทไซยานินอยู่มากลำต้นก็จะออกสีแดง ส่วนพวกที่มีคลอโรฟิลล์อยู่มากก็จะสีออกเขียวนอกจากนี้ก็อาจมีรงควัตถุอื่นๆ ปนอยู่อีก เช่น รงควัตถุสีเหลือง ได้แก่ แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) และรงควัตถุสีแดงปนเหลืองหรือส้ม ได้แก่ คาโรทีนอยด์ (Carotinoid) เป็นต้น

ข้อและปล้องประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ตา (*Bud or Eye*) เกิดที่ข้อในบริเวณเกิดราก (*Root band*) ปกติแต่ละข้อมีหนึ่งตาเกิดสลับกันคนละข้างของลำต้น ในบางกรณีบางข้ออาจไม่มีตาหรือมีมากกว่าหนึ่งตาก็ได้ ขนาด รูปร่างและลักษณะของตาขึ้นอยู่กับพันธุ์

2. บริเวณเกิดราก (*Root band*) คือ บริเวณที่อยู่ระหว่างรอยกาบและวงเจริญ เป็นที่เกิดของปุ่มราก ความกว้างของบริเวณนี้ไม่ค่อยสม่ำเสมอ ด้านที่มีตามักจะกว้างกว่าด้านที่อยู่ตรงข้าม สี ความกว้างและปริมาณไข (*wax*) ที่เกาะตลอดจนระดับของบริเวณนี้เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนของปล้องแตกต่างกันตามพันธุ์

3. ปุ่มราก (*Root primordia* หรือ *Root initials*) เป็นจุดเล็กๆ ในบริเวณเกิดราก รากจะเจริญออกมาจากปุ่มเหล่านี้ ปุ่มรากที่อยู่ตอนบนมีขนาดเล็กกว่าตอนล่าง สี จำนวนแถวขนาด และการจัดเรียงของปุ่มรากเป็นลักษณะประจำพันธุ์

4. วงเจริญหรือวงแหวน (*Growth ring*) คือ ส่วนที่มีลักษณะคล้ายวงแหวนเรียบที่อยู่เหนือบริเวณเกิดราก เป็นส่วนที่มีไขเกาะน้อยมาก มีสีแตกต่างกันตามพันธุ์ การที่เรียกว่าวงเจริญ เนื่องจากส่วนนี้จะเจริญเติบโตอย่างเห็นได้ชัดในอ้อยที่ล้ม ส่วนของวงเจริญด้านล่างจะยืดตัวมากกว่า ทำให้ลำต้นตั้งขึ้น วงเจริญอยู่ตรงกับตาอาจโค้งขึ้นเหนือตา หรือผ่านไปทางด้านหลังตาก็ได้ ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์เช่นกัน

5. รอยกาบ (*Leaf scar or Sheath scar*) เป็นรอยที่เกิดขึ้นหลังจากกาบใบหลุด การหลุดยากหรือง่ายของกาบใบเป็นลักษณะประจำพันธุ์ นอกจากนี้ลักษณะบางอย่าง เช่น ความลาดเท และความยื่นตรงได้ตาก็เป็นลักษณะประจำพันธุ์

6. วงไข (Wax ring) คือ ส่วนของปล้องที่มีไขเกาะมากกว่าส่วนอื่นๆ มีลักษณะเป็นวงแหวนอยู่ใต้รอยกาบ ส่วนนี้อาจจะคอดหรือเสมอกับลำต้นซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์

7. รอยแตกตื้น หรือ รอยแตกลายงา (Corky cracks) คือ รอยแตกเล็กๆ ที่ผิวหรือเปลือกของลำต้นตามความยาวของปล้อง ลักษณะและปริมาณของรอยแตกขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม

8. รอยแตกลึก (Growth crack or Rind crack) เป็นรอยแตกขนาดใหญ่ เกิดตามความยาวของลำต้นลึกเข้าไปในเนื้ออ้อย รอยแตกส่วนมากมักจะยาวตลอดปล้องปล้องละ 1 รอย และรอยดังกล่าวมักเกิดขึ้นในบางปล้องเท่านั้น การเกิดรอยแตกลึกขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม

9. รอยตกละเอียด (Corky patch) เป็นรอยแตกตื้นๆ ที่ผิวคล้ายตกละเอียด จำนวนและลักษณะที่เกิด ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม

10. ร่องตา (Bud furrow or Bud groove) เป็นร่องที่เกิดขึ้นที่ปล้องซึ่งอยู่ตรงและเหนือตาขึ้นไปบางพันธุ์อาจไม่มี สำหรับพันธุ์ที่มีร่องนี้อาจยาว สั้นตื้น หรือลึกซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์

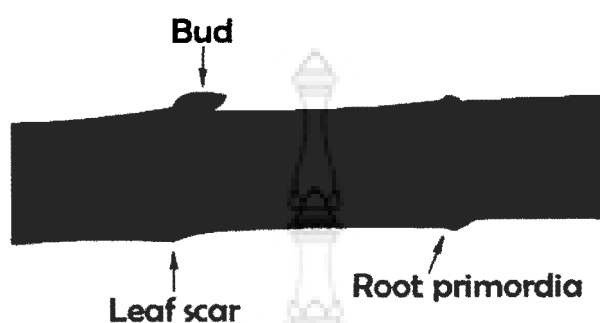


ภาพที่ 2.4 ลักษณะลำต้นอ้อย

ที่มา : http://www.sugarcane crops.com/growth_morphology/stalk, 18/08/52

เมื่อตัดลำต้นออกตามขวางจะปรากฏส่วนที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด 3 ส่วน คือ ส่วนนอกสุด ซึ่งมีความแข็งมากเรียกว่า เปลือก (Hard rind) ถัดเข้าไปซึ่งนิ่มกว่า เรียกว่า เนื้ออ้อย (Flesh) ประกอบด้วยเซลล์ที่ทำหน้าที่เก็บน้ำตาล (Parenchyma or Storage cells) และเส้นใย (Fiber) ซึ่งส่วนหลังนี้เห็นได้ชัดเมื่อฝนรอยตัด จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ ปรากฏว่าส่วนที่เป็นเปลือกประกอบด้วยเซลล์มีวหนา ซึ่งมีลิกนิน (Lignin) เป็นส่วนประกอบที่

สำคัญ เปลือกทำหน้าที่ให้ลำต้นแข็งแรงและป้องกันส่วนที่อยู่ภายในลำต้น ส่วนที่เป็นเส้นใยคือ ท่อน้ำ ท่ออาหาร ในลำต้นหนึ่งๆ มีท่อดังกล่าวอยู่ประมาณ 1,200 ท่อ ความหนาแน่นของเส้นใย มีมากที่บริเวณใกล้เปลือกและมีน้อยลงเมื่อใกล้จุดกึ่งกลางของลำต้น ที่จุดกึ่งจุดกึ่งกลางมักจะมี ไม้ (Pith) รวมเป็นกลุ่มหรืออาจกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ ในส่วนที่เป็น ปล้อง ท่อน้ำ ท่ออาหารจะขนานกันไป แต่ที่ข้อจะแยกตัวออกบางส่วนไปสู่ปล้องที่อยู่ถัดขึ้นไป บางส่วนแยกสู่กาบใบ ปุ่มราก หรือตา เป็นต้น



ภาพที่ 2.5 ตาอ้อย

ที่มา : http://www.sugarcane crops.com/growth_morphology/propagation, 18/08/52

ส่วนที่นิ่มซึ่งอยู่รอบๆ เส้นใย คือ เซลล์ซึ่งทำหน้าที่เก็บน้ำตาลนั่นเอง เมื่ออ้อยถูก บีบด้วยลูกทึบเซลล์เหล่านี้จะแตกปล่อยน้ำตาลที่อยู่ภายในออกมา ความแข็งหรือความนิ่มของ เนื้ออ้อยก็ขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของเส้นใย ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ และสภาพแวดล้อม พวก อ้อยเคี้ยวลำใหญ่ นุ่ม เช่น อ้อยสิงคโปร์และมอริเชียสมีเส้นใยน้อยกว่าร้อยละ 10 ส่วนพวกลำเล็ก และแข็ง เช่น พันธุ์ซีโอ 281 (Co 281) อาจถึงร้อยละ 17 เป็นต้น

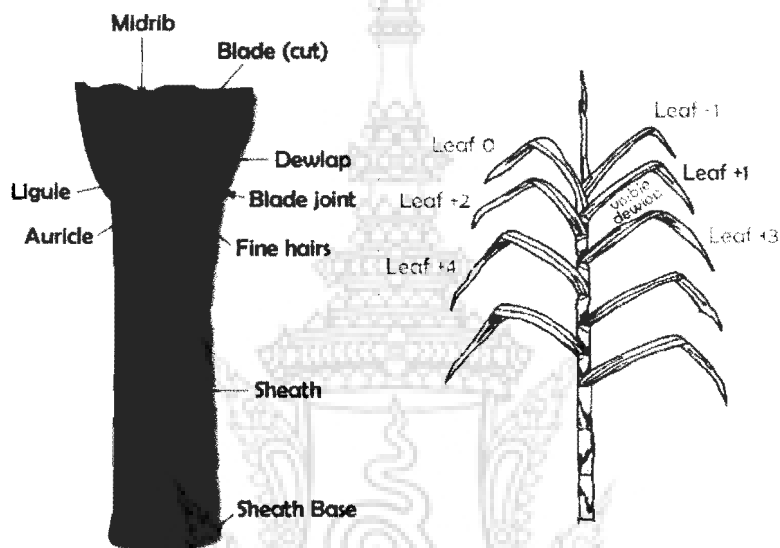
3. ใบ (Leaf)

ใบอ้อยมีลักษณะคล้ายใบข้าว แต่มีขนาดใหญ่และยาวมากกว่า ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ กาบใบ (Leaf sheath) และแผ่นใบ (Leaf blade)

กาบใบ คือ ส่วนที่ติดและโอบรอบลำต้นทางด้านที่มีตา การโอบรอบลำต้นของกาบใบ จะสลับข้างกัน เช่น ใบหนึ่งขวาทับซ้าย ใบถัดขึ้นไปซ้ายจะทับขวา ฐานกาบใบกว้างที่สุดแล้ว เรียวลงสู่ปลาย แผ่นใบได้แก่ส่วนที่อยู่ต่อกาบใบขึ้นไป แผ่นกางออกไปจากลำอ้อยสลับกันทั้งสองข้าง ทั้งสองส่วนแยกจากกันตรงรอยต่อ (Blade joint) ด้านในของรอยต่อนี้จะมีส่วนยื่นเป็น เยื่อบางๆ รูปร่างคล้ายกระจับเรียกว่า ลิ้นใบ (Ligule) ที่ส่วนปลายของกาบใบจะมีความกว้าง มากกว่าฐานของแผ่นใบจึงทำให้มีส่วนเกินซึ่งมักจะยื่นขึ้นไปข้างบน เรียกว่า หูใบ (Auricle) ซึ่ง อาจจะมีทั้งสองข้าง ข้างเดียวหรือไม่มีเลยก็ได้ ในกรณีที่มีข้างเดียวมักจะอยู่ด้านในเสมอ ลักษณะและรูปร่างของลิ้นใบและหูใบแตกต่างกันตามพันธุ์ กาบใบส่วนมากมักมีสีแตกต่างจาก

ตัวใบ เช่น สีเขียวอ่อน หรือเขียวอมม่วง เป็นต้น ที่หลังกาบใบอาจมีขนและมีไขเกาะ เหล่านี้ล้วนเป็นลักษณะประจำพันธุ์ทั้งสิ้น

ใบอ้อยแรกๆ ที่เจริญจากตาเป็นใบเกล็ด (Scale leaf) เมื่ออ้อยเจริญเติบโตขึ้น ใบอ้อยก็จะมีขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีขนาดสูงสุด หลังจากนั้นใบอ้อยจะค่อยๆ มีขนาดเล็กลงเมื่ออ้อยใกล้ออกดอก จำนวนใบก็เช่นเดียวกัน พบว่าอ้อยในระยะที่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีใบประมาณ 10 ใบ เมื่อมีใบอ้อยเจริญขึ้นมาใบที่แก่ที่สุดจะแห้งและตายไป ใบที่แห้งอาจร่วงหลุดไปจากลำต้นหรือยังคงอยู่ติดกับลำต้นก็ได้ ส่วนล่างสุดของกาบใบติดกับปล้องตรงข้อ และหุ้มรอยลำต้นไว้โดยส่วนขอบของกาบใบจะเหลื่อมซ้อนทับกัน ผิวด้านนอกของกาบใบมีขนเล็กๆ ปกคลุมอยู่ ซึ่งลักษณะของกลุ่มขน และการร่วงของกาบใบนี้เป็นลักษณะประจำพันธุ์อ้อยแต่ละชนิด



ภาพที่ 2.6 ลักษณะของใบอ้อย

ที่มา : http://www.sugarcane crops.com/growth_morphology/the_leaf, 18/08/52

ดังนั้นในการจำแนกพันธุ์อ้อยนอกจากใช้กลุ่มขนที่กาบใบแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงขนาด รูปร่าง และสีของใบ แกนกลางใบ คอใบ ลิ้นใบ และหูใบ อีกด้วยตัดจากกาบใบขึ้นไปเป็นแผ่นใบ ขอบใบมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยคม และมีแกนใบ (Midrib) หรือแกนกลางใบแข็ง ซึ่งอยู่ตรงกลางของใบอ้อย ทำให้แผ่นใบตั้งอยู่ได้ ความยาวของแผ่นใบแตกต่างกันตามพันธุ์ บางพันธุ์อาจยาวมากกว่า 2 เมตร แผ่นใบมีฐานแคบแล้วกว้างออก จนถึงกว้างที่สุดแล้วเรียวยาวสู่ปลายใบซึ่งแหลม ที่ฐานของแผ่นใบด้านหลังจะพบพื้นที่ลักษณะคล้ายสามเหลี่ยมแข็งและหนาสองรูปพบกันที่ฐานของกาบใบเรียกว่า คอใบ (Collar or Joint triangle) หรือ ดิวแล็ป (Dewlap) ขอบของคอใบมีลักษณะเป็นคลื่นยืดหยุ่นได้ ซึ่งช่วยลดการฉีกขาดของใบเมื่อถูกลม รูปร่างลักษณะและสีของคอใบแตกต่างกันตามพันธุ์

การเจริญเติบโตของใบทั้งหมดเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณและคุณภาพของผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยว การวัดความเจริญเติบโตของใบนิยมวัดโดยวิธีเปรียบเทียบพื้นที่ใบกับพื้นดิน ซึ่งใบเหล่านั้นปกคลุมอยู่ หรือเป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใบต่อหน่วยของพื้นดิน ซึ่งนิยมเรียกกันว่า ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index, LAI)

ในระยะแรกของการเจริญเติบโต อ้อยจะมีใบขนาดเล็กและมีจำนวนน้อย ประกอบกับการปลูกระยะห่าง ทำให้ดัชนีพื้นที่ใบมีค่าน้อยกว่า 1 เมื่อมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ใบมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีจำนวนมากขึ้น แต่พื้นดินมีขนาดคงที่ ทำให้ดัชนีพื้นที่ใบมีค่าเพิ่มขึ้นโดยลำดับ เมื่อดัชนีพื้นที่ใบมีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่า ถ้าเอาใบอ้อยทั้งหมดใน ขณะนั้นมาเรียงต่อกันก็จะเท่ากับพื้นดินซึ่งใบเหล่านั้นคลุมอยู่พอดี เมื่อปล่อยให้มีการเจริญเติบโตต่อไป พื้นที่ใบอ้อยก็จะเพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้ดัชนีพื้นที่ใบมีค่ามากกว่า 1 และค่านี้จะเพิ่มต่อไปจนกระทั่งสูงสุดเมื่ออายุประมาณ 6 - 8 เดือน หลังจากนั้นก็จะค่อยๆ ลดลงจนกว่าจะถึงเวลาเก็บเกี่ยว ในขณะอายุ 6 - 8 เดือนนั้น ดัชนีพื้นที่ใบจะมีค่าประมาณ 3.0 - 7.8 ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม จำนวนใบสดแต่ละลำแตกต่างกันไปตามพันธุ์และอายุเมื่อเติบโตเต็มที่คือประมาณ 8 เดือนจะมีใบที่คลี่เต็มที่ 8 - 12 ใบ จำนวนใบจะเหลือน้อยลงในสภาพแห้งแล้งหรือหนาวเย็น เมื่อเกิดใบใหม่ที่ยอดใบแก่ที่อยู่ส่วนโคนต้นก็จะเสื่อมโทรมลงและตายไปในที่สุด สาเหตุสำคัญที่ทำให้ใบข้างล่างตายไป คือ การถูกบังแสงแดด

4. ช่อดอก (Inflorescence)

เมื่ออ้อยแก่เต็มที่และอยู่ในช่วงออกดอก อ้อยจะแทงช่อดอกออกจากกาบของใบธง (Flag leaf) ที่อยู่ตรงส่วนบนสุดของลำต้น ช่อดอกมีลักษณะคล้ายหัวลูกศรจึงมีชื่อเรียกเฉพาะว่า แอโรว์ (Arrow) หรือ ทาสเวล (Tassel) มีลักษณะเป็นพู่ เป็นช่อดอกแบบพานิคิล (Panicle) รูปร่าง ขนาด และสีของช่อดอกจะแตกต่างกันไปตามลักษณะประจำพันธุ์ เวลาดอกบานจะเห็นเป็นลักษณะคล้ายเส้นไหมสีขาวทั้งช่อ

การออกดอกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุ์ อายุ และสภาพแวดล้อม สภาพแวดล้อมที่สำคัญ ได้แก่ ช่วงแสง (Photoperiod) หรือความยาวของวัน อุณหภูมิและความชื้น ปัจจัยเหล่านี้จะต้องมีอย่างเหมาะสมเป็นเวลานานพอจึงจะทำให้อ้อยออกดอก

การออกดอกเริ่มต้นด้วยการเปลี่ยนสภาพของตายอด (Vegetative bud) ซึ่งตามปกติจะเจริญเป็นใบ ช่อและปล้องไปเป็นตาดอก (Floral bud) การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นเป็นเวลานานหลายสัปดาห์ก่อนที่ช่อดอกจะปรากฏ ลักษณะที่เห็นชัดภายหลังการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว คือ แผ่นใบจะเริ่มหดสั้นลงโดยลำดับจนถึงใบสุดท้ายซึ่งสั้นที่สุดเรียกว่า ใบธง (flag leaf) ในขณะที่แผ่นใบเริ่มหดสั้นลงนั้น กาบใบก็จะยึดด้วยยาวเพิ่มขึ้นโดยลำดับ จนกระทั่งยาวที่สุด คือ กาบของใบธง การยึดตัวของปล้องเป็นไปทำนองเดียวกันกับกาบใบ

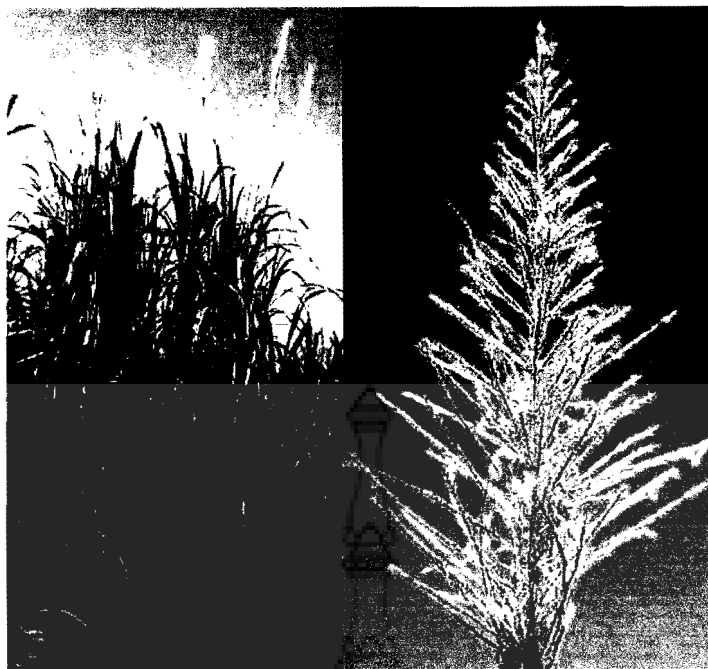
ทางพฤกษศาสตร์ ช่อดอกอ้อยเป็นช่อดอกแบบ โอเพนบรานชด์ แพนิกิล (Open-branched Panicle) มีความยาวไม่รวมก้านช่อดอกประมาณ 30 - 60 เซนติเมตร และมีก้านแขนงแตกออกโดยรอบ ช่อดอกประกอบด้วยแกนกลาง (Main axis or Rachis) ก้านแขนงแรก (Lateral axis or Primary branch) และก้านแขนงชั้นที่สอง (Secondary branch) หรือบางทีอาจมีก้านแขนงชั้นที่สาม (Tertiary branch) อีกที แล้วจึงจะถึงตัวดอก (Spikelet) ก้านแขนงที่ติดกับตัวดอกมีลักษณะเป็นท่อนสั้นเชื่อมติดต่อกัน เมื่อดอกโรยข้อต่อเหล่านี้จะหลุดจากกัน

ดอกอ้อยมีขนาดเล็กมาก เกิดเป็นคู่ๆ ในแต่ละคู่นี้ดอกหนึ่งจะมีก้าน (Pedicelled or Stalked-spikelet) ส่วนอีกดอกหนึ่งไม่มีก้าน (Sessil-spikelet) ที่รอบฐานของแต่ละดอกมีขนยาวสีขาวคล้ายไหมจำนวนมากเรียกว่า บริสเทิล (Bristle) หรือ คัลลัสแฮร์ (Callus hair) ก่อนดอกบานขนเหล่านี้จะแนบอยู่กับตัวดอก เมื่อดอกบานก็จะกางออกโดยรอบเป็นรัศมีทำให้ดูคล้ายทำด้วยไหมทั้งช่อแต่ละดอกมีกลีบดอก 3 กลีบ เรียงจากข้างนอกเข้าไปเรียกว่า กาบนอก (Outer glume) กาบใน (Inner glume) และสเตอราลัยล์เลมมา (Sterile lemma) หรือกาบที่สาม (Third glume) ตามลำดับ

ดอกอ้อยเป็นดอกที่สมบูรณ์ คือ มีทั้งส่วนที่เป็นเพศผู้และเพศเมียอยู่ในดอกเดียวกัน มีลักษณะต่างๆ ของดอกเหมือนกันทุกประการ ส่วนของเพศผู้ประกอบด้วยอับเกสร (Anther) ซึ่งมีลักษณะยาวรี 3 อับ แต่ละอับมีก้านอับเกสร (Filament) เวลาดอกบานก้านนี้จะยึดตัวส่งอับเกสรออกมาภายนอก และต่อมาอับเกสรก็จะแตกออกปล่อยละอองเกสร (Pollen grain) ออกมาผสมตัวเองหรือลอยไปตามลม ส่วนของเพศเมียประกอบด้วยรังไข่ (Ovary) 1 รัง และสติกมา (Stigma) ซึ่งปลายแยกออกเป็น 2 แฉก ลักษณะคล้ายขนนกเรียกว่า ฟีทเทอร์รีสติกมา (Feathery stigmas) หลังจากได้รับการผสมรังไข่ก็จะเจริญเป็นเมล็ดต่อไป

ดอกย่อยที่กลีบดอกทั้งสองหุ้มอยู่นั้นประกอบด้วย 2 ดอกย่อยคือ ดอกย่อยอันล่างเป็นหุ้มมีเพียงสเตอราลัยล์เลมมา หรือกาบที่สามเท่านั้น และมีขนาดเล็กกว่ากลีบดอกที่หุ้มอยู่ ส่วนดอกย่อยอันบนเป็นดอกที่สมบูรณ์เพศที่ไม่เป็นหุ้ม ซึ่งอ้อยพวก *S. spontaneum* จะมีสเตอราลัยล์เลมมาด้วย แต่อ้อยพวก *S. officinarum* จะมีเพียง Fertile palea เท่านั้น ภายในดอกย่อยอันบนประกอบด้วย Lodicules 2 อัน (บังคับให้ดอกบาน) เกสรตัวผู้ 3 อัน และเกสรตัวเมีย 1 อัน ซึ่งยอดเกสรตัวเมียแยกออกเป็น 2 แฉก มีสีม่วง ลักษณะเป็นขนนก (Purplish feathery stigma)

ดอกอ้อยจะเริ่มบานตอนเช้าตั้งแต่เวลา 06.00 - 10.00 น. โดยจะเริ่มจากปลายช่อดอกและปลายของก้านแขนงรองหรือก้านแขนงย่อยลงสู่โคน ช่อดอกทั้งช่อจะบานหมดในเวลาประมาณ 7 - 10 วัน



ภาพที่ 2.7 ช่อดอกของอ้อย

ที่มา : <http://www.backyardnature.net/chiapas/sugarcaf.jpg>, 18/08/52

5. เมล็ด (Seed)

เมล็ดอ้อยเป็นผล (Fruit) เรียกว่า คาริออปซิส (Caryopsis) คล้ายเมล็ดข้าว แต่มีขนาดเล็กและละเอียดกว่ามาก มีขนาดความยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร ตามปกติเมล็ดอ้อยมักจะติดแน่นอยู่กับ ส่วนของดอก จึงมีชื่อเรียกโดยเฉพาะว่า ฟัชซ์ (Fuzz) หรือ ฟลัฟฟ์ (Fluff) เมล็ดเหล่านี้ถ้าเพาะในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมก็จะงอกเป็นอ้อยต้นใหม่ได้ ผลที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วประมาณ 3 อาทิตย์ จะแก่และร่วงปลิวไปตามลม โดยอาศัย Silky hairs ช่วยพยุงตัว

2.1.4 การแบ่งชนิดของอ้อย

1. *Saccharum officinarum* เป็นอ้อยที่เกิดแถบหมู่เกาะนิวกีนิ ลักษณะที่สำคัญของอ้อยชนิด คือ ลำต้นใหญ่ ใบกว้าง ปริมาณน้ำตาลสูง ปริมาณเส้นใยต่ำ แดกกอน้อย เปลือกและเนื้อนิ่มและมีสีสวย ไม่ค่อยทนทานต่อโรค แมลง และสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โครโมโซม $2n = 80$ อ้อยชนิดนี้ที่ปลูกในประเทศไทย เรียกว่าอ้อยเตี้ย หรือ อ้อยเคี้ยว เช่น อ้อยสิงคโปร์ อ้อยมอริเชียส (Mauritius) และอ้อยบาติลา (Batavia) ซึ่งชาวต่างชาติที่อยู่ในอาณานิคมก่อนเรียกอ้อยเหล่านี้ว่า Noble canes ต่อมา Brandes (1956) เรียกว่า Native Garden Sugarcane เพราะชาวเกาะนิวกีนิปลูกไว้ในสวนเพื่อใช้รับประทานสด อ้อยชนิดนี้มีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมน้ำตาลทรายของโลกในสมัยเริ่มแรกเป็นอย่างมาก อ้อยที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบัน ก็สืบเชื้อสายมาจากอ้อยชนิดนี้ ดังนั้น เมื่อกล่าวถึงประวัติและถิ่นฐานดั้งเดิมของอ้อยจึงหมายถึงอ้อยชนิดนี้เสมอ

2. *Saccharum spontaneum* ชื่อทั่วไปว่า Tropical wild canes เป็นอ้อยป่าที่ขึ้นอยู่ทั่วไปแถบเส้นศูนย์สูตร มีลักษณะสำคัญ คือ ลำต้นขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ *Saccharum officinarum* ปริมาณน้ำตาลต่ำ ปริมาณเส้นใยสูง ใบเรียวยาวเล็ก ขอบใบคม ดอกมีขนาดเล็ก เป็นปุยสีขาว ช่อดอกยาวประมาณ 10 - 12 เซนติเมตร และที่โคนช่อดอกจะมีขนอย่างเด่นชัด มีโครโมโซมมากมาย เช่น 40 48 52 54 56 และ 60 เป็นต้น

อ้อยชนิดนี้ในประเทศไทย มีชื่อเรียกว่า เล้าหรือพง ปรับตัวเข้ากับสภาพแห้งแล้งและอากาศหนาวได้ดี ด้านทานโรค จึงมีความสำคัญมากในแง่เชื้อพันธุกรรม ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์อ้อยใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผสมข้ามกับชนิดอื่นๆ

อ้อยผ่าแถบร้อน เป็นอ้อยป่าซึ่งขึ้นอยู่ทั่วไปในแถบร้อนและชุ่มชื้น มีอยู่หลายร้อยชนิดแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิด แต่มีลักษณะที่สำคัญคล้ายคลึงกัน ขึ้นอยู่เป็นกอมีลำต้นใต้ดิน ลำต้นผอมและแข็งใส่งลวงมีหวานน้อย ในประเทศไทยเรียกว่าแซมพง หรืออ้อยป่า (Wild cane)

3. *Saccharum robustum* Jiswiet. (Brassel) ชื่อทั่วไปว่า The wild Canes of new Guinea เป็นอ้อยป่าถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะนิวกินี รูปร่างลักษณะภายนอกคล้ายกับ *officinarum* แต่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ และปริมาณเส้นใยสูง ลำต้นแข็งแรง ขนาดใหญ่ ความสูงอาจถึง 10 เมตร ลำต้นโป่งออกที่ข้อ Growth ring หนุนเห็นได้ชัดเจน โครโมโซม $2n = 60$ หรือ 80 ไม่ทนทานต่อโรค ชาวเกาะปลูกไว้เพื่อทำรั้วหรือที่ปักอาศัย

อ้อยป่านิวกินี เป็นอ้อยป่าแถบเกาะนิวกินี เปลือกแข็ง ใฝ่ฟ้าม มีลักษณะลำต้นใหญ่แข็งแรง อาจสูงถึง 10 เมตร มีความหวานต่ำ ชาวเกาะใช้ปลูกทำรั้ว อ้อยชนิดนี้พบว่ามีในประเทศไทย นักวิชาการเชื่อกันว่าเป็นต้นตระกูลของอ้อยปลูกดั้งเดิม อ้อยได้ถูกนำไปจากเกาะนิวกินี โดยการติดต่อค้าขายและการล่าเมืองขึ้นของมนุษย์สมัยก่อนประวัติศาสตร์ บรานติซได้สันนิษฐานการแพร่กระจายของอ้อยจากเกาะนิวกินีไว้เป็นสามทางตามลำดับเวลา คือ

- ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้สู่หมู่เกาะโซโลมอน นิวกินี และนิวกาเลโดเนีย เกิดขึ้นนานนับจำนวนหมื่นๆ ปีก่อนคริสต์ศักราช

- ไปทางทิศตะวันตก สู่หมู่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย แหลมมลายู ประเทศฟิลิปปินส์ อินโดจีนซึ่งรวมถึงประเทศไทย ตลอดถึงชายฝั่งแถบอ่าวเบงกอล ประเทศอินเดีย การกระจายตัวด้านนี้เริ่มเมื่อประมาณ 6,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช กว่าที่อ้อยจะกระจายจากเกาะนิวกินีไปถึงอินเดียนั้น ต้องใช้เวลาถึง 3,000 ปี การกระจายตัวทางทิศตะวันตกนี้มีความสำคัญมาก เพราะได้ก่อให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำตาล จนมีความเจริญอย่างที่เห็นอยู่ในปัจจุบัน

- ไปทางทิศตะวันออก สู่เกาะต่างๆ คือ ฟิจิ ดองกา ซามัว คุก มาร์แชลล์ ฮาวาย โซไซเอตี และอีสเทอร์ รวมทั้งเกาะอื่นๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิกด้วย

4. *Saccharum sinense* Hassk. ชื่อทั่วไปว่า Chinese canes ถิ่นกำเนิดแถบเอเชียตะวันออกเฉียง เมืองไทยเรียกว่า อ้อยจีน ลักษณะสำคัญคือ ลำต้นขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน

2 เซนติเมตร ปล้องขาว สีเขียวหรือเขียวออกแดง ใบยาวแคบ แข็งแรง ทนทานต่อโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสได้ดี ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม ดินแลวได้ดี ปริมาณน้ำตาลต่ำ ปริมาณเส้นใยสูง โครโมโซม $2n = 116, 117$ หรือ 118 อ้อยชนิดนี้ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล ปลูกทั่วไปทางตอนเหนือของอินเดีย จีน ทางตอนใต้ของญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ และฮาวาย พันธุ์ที่ปลูกเช่น Uba

5. *Saccharum barberi* Jeswiet. ชื่อทั่วไปว่า The northern indian canes ถิ่นกำเนิดแถบตอนเหนือของอินเดีย นักวิชาการเชื่อกันว่าเป็นอ้อยที่เกิดจากการผสมตามธรรมชาติระหว่าง *Saccharum officinarum* และ *Saccharum spontaneum* เมืองไทยเรียกว่า อ้อยอินเดีย ลักษณะคล้ายกับอ้อยจีน แต่ลำต้นและใบเล็กกว่า ข้อโป่ง มีความหวานสูง เปลือกและเนื้อนุ่ม อ้อย ที่ฐานกาบใบมีขนโดยรอบ ด้านทานโรคได้ดี โครโมโซม $2n = 82 - 124$ เช่น พันธุ์ Mungo โครโมโซม $2n = 82$ Nargari โครโมโซม $2n = 89 - 91$ และ Chunnue โครโมโซม $2n = 91$ เป็นต้น

6. *Saccharum edule* Hassk. ถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะนิวกินี อ้อยชนิดนี้สันนิษฐานว่าเกิดการผสมข้ามชนิดระหว่าง *Miscanthus floridus* กับ *Saccharum robustum* ข้อดอกที่เป็นหมันจะมีลักษณะคล้ายกับ Cauliflower ใช้เป็นอาหารมนุษย์ได้ โครโมโซม $2n = 80$

7. *Saccharum hybrids* มีดอกสมบูรณ์เพศ (Fertile flower) สามารถผสมข้ามกับตระกูลอื่นๆ เช่น *Eriathas Imperata* *Miscanthidium* *Miscanthus* *Narenga* *Sclerosachya* และ *Sorghum* และผสมข้ามระหว่างชนิดต่างๆ เช่น *officinarum*s ผสมข้ามชนิดกับ *spontaneus* หรือ *robustum* เป็นต้น อ้อยที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันส่วนมากเป็นลูกผสมระหว่างชนิดต่าง ๆ เช่น Q 83 และ F 140 เป็นต้น

2.1.5 แหล่งปลูกอ้อยในประเทศไทย

การปลูกอ้อยมีอยู่ทุกภาคยกเว้นภาคใต้ เพราะสภาพอากาศภาคใต้มีฝนตกชุกและมีอากาศร้อนตลอดปี จึงไม่เหมาะแก่การปลูกอ้อย เนื่องจากสภาพดังกล่าวทำให้อ้อยไม่หวาน

สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทรายกระทรวงอุตสาหกรรม ได้แบ่งเขตการปลูกอ้อยออกเป็น 4 ภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเนื้อที่ปลูกอ้อยในปี พ.ศ. 2521 - 2522 รวม 3.13 ล้านไร่ และได้ผลผลิตอ้อยทั้งสิ้น 20.2 ล้านตัน เฉลี่ยผลผลิตอ้อยไร่ละ 6.46 ตัน สาเหตุที่ผลผลิตตกต่ำเนื่องจากเกิดภาวะแห้งแล้งมาก ประกอบกับมีโรคและแมลงระบาดด้วยจังหวัดที่ผลิตอ้อยในแต่ละภาคเรียงตามปริมาณการผลิตมากไปหาน้อย มีดังนี้

- ภาคกลาง ได้แก่ กาญจนบุรี สุพรรณบุรี ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ นครปฐม เพชรบุรี อุทัยธานี ชัยนาท ลพบุรี อ่างทอง สิงห์บุรี เพชรบูรณ์ และสระบุรี ผลิตอ้อยได้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 66.16 ของทั้งประเทศ

- ภาคตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา และจันทบุรี ผลผลิตอ้อยได้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 17.58 ของทั้งประเทศ

- ภาคเหนือ ได้แก่ อุดรดิตถ์ กำแพงเพชร นครสวรรค์ ลำปาง สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร และเชียงใหม่ ผลผลิตอ้อยได้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 9.39 ของทั้งประเทศ

- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ อุดรธานี ขอนแก่น บุรีรัมย์ นครพนม กภาพสินธุ์ ชัยภูมิ สกลนคร มหาสารคาม เลย และหนองคาย ผลผลิตอ้อยได้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 6.87 ของทั้งประเทศ

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อย มีปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ความชื้น เมื่อความชื้นในอากาศหรือความชื้นสัมพัทธ์สูง จะมีผลให้อ้อยใช้น้ำในดินน้อยลงและช่วยให้กิจกรรมการสังเคราะห์แสงดำเนินไปได้ด้วยดี เนื่องจากปากใบยังคงเปิดตามปกติ

2. ความเร็วลม มีอิทธิพลต่อการถ่ายเททางอากาศภายในแปลงอ้อย อ้อยจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้นเมื่อมีลมอ่อนๆ พัดผ่าน ส่วนลมที่พัดแรงจะทำให้อ้อยคายน้ำมากขึ้นและสูญเสียน้ำในลำต้นเร็ว หากดินมีน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการของอ้อยจะมีผลให้ใบอ้อยเหี่ยวได้ และลมที่แรงมากๆ จะทำให้ใบอ้อยฉีกขาดเสียหายได้

3. ฝน อ้อยต้องการน้ำตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ไม่น้อยกว่า 1,000 มิลลิลิตร ปริมาณน้ำที่ได้อาจมาจากแหล่งน้ำชลประทานและน้ำฝน อย่างไรก็ตามพื้นที่ปลูกอ้อยของเกษตรกรส่วนใหญ่มักอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ความต้องการน้ำของอ้อยจะมากหรือน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโต อ้อยที่ปลูกใหม่ต้องการน้ำเพื่อการรอกน้อยมาก แต่เมื่ออ้อยเจริญเติบโตมากขึ้นจะต้องการน้ำมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นในเขตปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนจึงจำเป็นต้องจัดการปลูกอ้อยให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำฝน

4. แสง อ้อยเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดมาก ในสภาพที่มีปริมาณแสงแดดและความยาวของช่วงแสงมากจะทำให้อ้อยเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตและคุณภาพสูง สภาพแวดล้อมในประเทศไทยโดยทั่วไปมีแสงแดดเพียงพอกับความต้องการของอ้อย แต่จะแตกต่างกันบ้างในเรื่องปริมาณเมฆและจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดด

5. อุณหภูมิ การเจริญเติบโตของอ้อยเริ่มตั้งแต่งอกจนถึงอายุประมาณ 7 เดือน ต้องการอุณหภูมิสูง 30 - 35 องศาเซลเซียส แต่เมื่อถึงช่วงที่อ้อยแก่หรือมีอายุมากกว่า 7 เดือน อ้อยต้องการอุณหภูมิต่ำ 18 - 24 องศาเซลเซียส เพื่อการสะสมน้ำตาลและควรมีเวลานานอย่างน้อย 4 - 6 สัปดาห์ ซึ่งจะช่วยให้อ้อยหวานยิ่งขึ้น อุณหภูมิกลางวันและกลางคืนนับว่ามีความสำคัญมากโดยเฉพาะในระยะที่เริ่มสุก ในระยะนี้ถ้าอุณหภูมิกกลางวันสูงเกินไปจะทำให้การสร้างน้ำตาลน้อยลง เนื่องจากปากใบเปิดไม่เต็มที่และเป็นอุปสรรคในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบไปยังลำต้น การที่อุณหภูมิกกลางคืนต่ำจะช่วยทำให้การเคลื่อนย้าย

น้ำตาลจากใบสุ่ม่าตันได้ดีขึ้นและทำให้การหายใจเกิดขึ้นน้อยด้วย โดยการหายใจเป็นกระบวนการใช้น้ำตาลสร้างขึ้นในตอนกลางวัน

6. ฤดูปลูก การปลูกอ้อยตามแหล่งปลูกต่างๆ ในประเทศไทยนั้นมีฤดูปลูกที่เหมาะสมแตกต่างกันไปตามสภาพดินและภูมิอากาศ ปลูกอ้อยในเขตอาศัยน้ำฝนอาจแบ่งออกเป็น 2 ฤดูปลูก คือ ฤดูปลูกอ้อยต้นฝนกับฤดูปลูกอ้อยปลายฝน ซึ่งทั้งสองฤดูปลูกมีช่วงเวลาข้อดีและข้อเสียต่างกัน ดังนี้

- ฤดูปลูกอ้อยต้นฝน อยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคม - กรกฎาคม การปลูกอ้อยได้เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับ การตกของฝน หากปีใดมีฝนตกเร็วก็สามารถปลูกอ้อยได้เร็ว แต่ถ้าปีใดฝนตกช้าการปลูกอ้อยก็ต้องเลื่อนออกไป การปลูกอ้อยต้นฝนมักจะสุกแก่ยังไม่เต็มที่เมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยว เนื่องจากอ้อยมีช่วงเวลาในการเจริญเติบโตน้อยกว่า 12 เดือน ทำให้อ้อยมีความหวานต่ำ ดังนั้นจึงควรเลือกพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมสำหรับปลูกในฤดูฝน โดยควรเป็นพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น และสามารถให้ความหวานได้เร็ว

- ฤดูปลูกอ้อยปลายฝนหรืออ้อยข้ามแล้ง มักปลูกระหว่างเดือนพฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ การปลูกอ้อยปลายฝนนอกจากจะให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีแล้ว ยังประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืช ปัจจุบันการปลูกปลายฝนกำลังได้รับความนิยมมากขึ้นทั่วทุกภาคในพื้นที่ปลูกที่ขาดน้ำชลประทาน การปลูกข้ามแล้งจะให้ผลดีกว่าปลูกต้นฝน ทั้งนี้เพราะการปลูกข้ามแล้งเป็นการใช้น้ำฝนอย่างมีประสิทธิภาพ และที่สำคัญคือการเจริญเติบโตของอ้อยเป็นไปอย่างเหมาะสมกับการตกของฝนและเวลาเก็บเกี่ยวอ้อย อ้อยปลูกข้ามแล้งจะเจริญเติบโตอย่างช้าๆ ในฤดูแล้ง แต่เมื่อได้รับน้ำฝนก็จะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยทันที ภายหลังจากหมดฝนอ้อยก็เติบโตเต็มที่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ในเดือนมกราคมหรือเดือนกุมภาพันธ์

2.2 การแยกเส้นใย (Fiber separation)

2.2.1 การแยกเส้นใยด้วยวิธีทางเชิงกล

การแยกด้วยวิธีนี้จะใช้การบด ทบ หรือ ชูด เพื่อกระจายให้เส้นใยแยกออกจากกัน เส้นใยที่ได้จะมียังมีลิกนินหลงเหลืออยู่ มีผลทำให้เส้นใยเปลี่ยนเป็นสีเหลือง การแยกด้วยวิธีทางเชิงกลสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. การแยกเส้นใยด้วยมือโดยใช้อุปกรณ์ช่วยชูดแยก เป็นวิธีการแยกเส้นใยที่เปลืองเวลามาก แต่เส้นใยที่ได้จากการชูดด้วยมือมีคุณภาพดี การแยกเส้นใยโดยใช้อุปกรณ์ช่วยเพื่อชูดแยกเส้นใยมีดังต่อไปนี้

- ใช้กระเบื้องแตกเพื่อชูดแยกเส้นใย : เลือกกระเบื้องแตกชั้นที่มีผิวเรียบเสมอกัน การชูดแยกเส้นใยจะวางชิ้นส่วนของพืชที่ต้องการแยกบนแผ่นไม้ผิวเรียบ แล้วจับกระเบื้องด้านที่มีผิวเรียบชูดผิวและเนื้อของทั้งสองด้านออกให้เหลือแต่เส้นใย นำเส้นใยไปล้างน้ำให้สะอาดแล้วตากแดดให้แห้ง

- ใช้มีดบางเพื่อช่วยขูดแยกเส้นใย : ควรใช้มีดบางทำจากเหล็กปลอดสนิมหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร ไม่มีคมมีด้ามจับแข็งแรง การขูดแยกเส้นใยมีขั้นตอนการขูดแยกคล้ายกับการใช้กระเบื้องแตกเพื่อขูดแยกเส้นใย แต่ทำได้ง่ายกว่าเพราะอุปกรณ์ที่ใช้มีด้ามจับถนัดมือกว่า

- ใช้ไม้ผ่าซีกเพื่อช่วยขูดแยกเส้นใย : ใช้ไม้ไผ่ท่อนยาวประมาณ 60 - 90 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 - 5 เซนติเมตร ผ่าซีกยาวประมาณกึ่งกลางท่อนใช้เชือกหรือหวายรัดไม่ให้ไม้ไผ่แยกออกจากกัน การขูดแยกเส้นใยธรรมชาติทำโดยการสอดครั้งละประมาณกึ่งกลางใบแล้วจึงดึงให้ผิวและเนื้อหลุดออก ทำซ้ำ 2 - 3 ครั้ง จะได้เส้นใยที่สะอาดและเป็นการขูดแยกเส้นใยได้เร็วกว่าการใช้กระเบื้องแตกและมีดบาง

2. การแยกเส้นใยด้วยการขูดแยกเส้นใยด้วยเครื่อง เป็นวิธีการแยกเส้นใยได้เร็วกว่าการขูดแยกด้วยมือหรือการแช่หมัก แต่ก็ยังมีข้อจำกัดบางอย่าง เช่น การขาดของเส้นใยเส้นใยไม่สะอาด และต้องใช้พีชที่มีใบค่อนข้างใหญ่และใบหนาเท่านั้นก็สามารถใช้เครื่องขูดแยกเส้นใยได้ เช่น ปานศรนารายณ์

2.2.2 การแยกเส้นใยโดยการแช่หมัก

การแช่หมักเพื่อแยกเส้นใย เป็นการแช่หมักด้วยแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียจะทำลายเนื้อเยื่อให้เน่าเปื่อย แล้วจึงแยกเส้นใยออกจากผิวเนื้อและใบ แบคทีเรียจะทำปฏิกิริยาสลายเนื้อเยื่อที่ยึดเส้นใยอยู่กับผิวและเนื้อใบออกจากกัน เส้นใยที่ได้ยังคงสมบูรณ์ซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส

เพื่อให้การแช่หมักได้อย่างสม่ำเสมอเนื้อเยื่อสลายตัวได้ดี ชั้นส่วนของพีชที่เตรียมไว้ควรมัดพอหลวมให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร ในแต่ละมัดนำไปวางเรียงในบ่อหมักหรือลำน้ำที่มีความลึกไม่ต่ำกว่า 90 เซนติเมตร ใช้เวลาประมาณ 5 - 12 วัน ต้องระมัดระวังให้ชั้นส่วนของพีชจมได้ในตลอดระยะเวลาการหมัก ใช้วัตถุหนักพอควรวางทับไว้ข้างบนเพื่อให้ใบอยู่ใต้ผิวน้ำตลอดเวลาที่แช่หมัก ถ้าแช่หมักในทางน้ำไหลได้จะช่วยให้สีของเส้นใยสวยขึ้นและไม่มียากกลิ่นเหม็น จะรู้ว่าเส้นใยที่แช่หมักไว้แยกเส้นใยออกได้หรือไม่ ต้องคอยตรวจดูอย่างใกล้ชิด และบ่อยๆ หลังจากการแช่หมักไปแล้วระยะหนึ่ง เมื่อใบที่แช่หมักพร้อมที่จะแยกเส้นใยได้นำใบไปล้างน้ำโดยจับโคนใบที่มัดไว้ แล้วส่ายน้ำให้สะอาดไปมาแรงๆ จนกว่าเนื้อเยื่อใบหลุดออกทั้งหมด จะเหลือแต่เส้นใย แล้วนำเส้นใยไปล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้งจึงนำไปผึ่งแดดให้แห้ง

2.2.3 การแยกเส้นใยด้วยวิธีการทางเคมี (Chemical pulping)

วิธีการนี้จะให้เส้นใยที่มีปริมาณลิกนินเจือปนอยู่น้อย แต่ปริมาณเส้นใยที่ได้จากกระบวนการนี้มีปริมาณน้อย กระบวนการทางเคมีแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะตามสารเคมีที่ใช้ได้แก่

1. กระบวนการโซดา (Soda process) การแยกเส้นใยด้วยวิธีนี้มีกระบวนการคล้ายกับการแยกเส้นใยโดยการแช่หมัก แต่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นด่างมาช่วยย่อยสลายเนื้อเยื่อแทนแบคทีเรีย โดยการทำให้พืชที่ต้องการแยกเส้นใยเกิดการพองตัว และโซเดียมไฮดรอกไซด์ย่อยสลายเนื้อเยื่อส่วนที่หลุดออกมาก โดยจะเหลือส่วนที่เป็นเส้นใยที่ต้องการ ขั้นตอนนี้ดีกว่าการแช่หมักเพราะไม่ส่งกลิ่นเหม็นและใช้เวลาน้อยกว่า แต่ถ้าใช้ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินไปอาจทำให้เส้นใยเปื่อยและขาดง่าย

2. กระบวนการซัลเฟต (Sulphate process) หรือกระบวนการคราฟท์ (Kraft process) สารเคมีที่ใช้ คือโซดาไฟ และโซเดียมซัลไฟด์ โดยใช้โซเดียมซัลเฟตเติมทดแทนสารที่ใช้ไปในระหว่างกระบวนการผลิตเยื่อซัลเฟตชนิดไม่ฟอกสี

3. กระบวนการซัลไฟต์ (Sulphite process) กระบวนการนี้เหมาะสำหรับทำจากเยื่อไม้เนื้อแข็งและไม้จำพวกหญ้า สารเคมีที่ใช้คือ สารละลายซัลไฟต์ของแคลเซียม แมกนีเซียม หรือแอมโมเนีย

2.2.4 การแยกเส้นใยด้วยวิธีการกึ่งสารเคมี (Semi- Chemical pulping)

วิธีนี้ใช้ทั้งวิธีการทางเคมีร่วมกับวิธีการทางเชิงกล (Chemo - mechanical) แต่ใช้ปริมาณสารเคมีมากกว่า และใช้พลังงานในการบดน้อยลง เส้นใยที่ได้จากวิธีการนี้มักจะมีลิกนินปนอยู่ไม่มากเท่า วิธีการนี้ให้ปริมาณเส้นใยสูงกว่าเยื่อที่ได้จากวิธีการทางเคมี แต่ความแข็งแรงจะน้อยกว่าเส้นใยที่ได้จากวิธีการทางเคมี แต่สูงกว่าเยื่อที่ได้วิธีการทางเชิงกล

2.3 ผ้าไม่ทอ (Non-woven Fabric)

ผ้าไม่ทอ คือ ผ้าที่ได้จากการนำเส้นใยหรือเส้นด้ายมาทำเป็นผืนผ้าด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การอัด การปักด้วยเข็ม และการใช้สารช่วยยึดเส้นใย การผลิตผ้าไม่ทอนิยมใช้เส้นใยสังเคราะห์ เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน ผ้าไม่ทอจะถูกนำมาไปใช้งานหลายด้าน ได้แก่ เส้นใยบรรจุที่นอน ผ้ากันโรฝุ่น ผ้าปิดแผล ผ้าอ้อมสำเร็จรูป ผ้าคลุมดิน ชับในรองเท้า วัสดุฉนวน วัสดุดูดซับสี เป็นต้น

2.3.1 ขั้นตอนในการผลิตผ้าไม่ทอ

1. การเลือกใช้เส้นใยและการเตรียมเส้นใย (Fiber Selection and Preparation)

เส้นใยที่ใช้ในการผลิตผ้าไม่ทอส่วนใหญ่เป็นเส้นใยประดิษฐ์ เช่น พอลิเอสเตอร์ พอลิโพรพิลีน การเลือกใช้เส้นใยแต่ละชนิด ต้องพิจารณาจากความต้องการของเนื้อผ้าว่ามีลักษณะการใช้งานอย่างไร และชนิดของเส้นใยยังส่งผลกระทบต่อการผลิตด้วย ในส่วนของการเตรียมเส้นใย ต้องนำเส้นใยมาทำการปรับสภาพ โดยการทิ้งให้เส้นใยดูดความชื้นในอากาศนาน 1 - 3 ชั่วโมง เพื่อเส้นใยเกิดการคินตัว ง่ายต่อการสาวใย จากนั้นจึงนำเส้นใยเข้าเครื่อง Opening Bale เพื่อตีเส้นใยที่เกาะตัวกันเป็นก้อนๆ ให้แตกกระจายตัวออกจากกัน การผสมเส้นใยต่างชนิดกัน เพื่อปรับปรุงสมบัติของผ้าไม่ทอที่ได้สามารถทำได้ในขั้นตอนนี้

2. การขึ้นรูปแผ่นเส้นใย (Web Formation)

2.1 Dry process คือ การใช้เครื่องสางใยสางใยให้เรียงตัวเป็นระเบียบ และขึ้นรูปแผ่นเส้นใยที่เกาะตัวกันอย่างหลวม เรียกระบวนการนี้ว่า Carding Process การจัดเรียงตัวเส้นใยของแผ่นเส้นใยสามารถจัดเรียงตัวใน 3 ลักษณะคือ

- *Parallel direction* การเรียงตัวของเส้นใยเป็นไปตามความยาวของแผ่นเส้นใย บางครั้งเรียกว่า Machine direction การเรียงตัวลักษณะนี้ผ้าจะแข็งแรงตามความยาวมากกว่าตามขวาง โดยปกติแผ่นเส้นใยที่ออกจากเครื่องสางใยจะมีความหนาไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จำเป็นต้องมีการทบชั้นของแต่ละแผ่นให้หนาขึ้นตามต้องการ การทำให้หนาขึ้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. การทบชั้นแบบไม่ต่อเนื่อง : ใช้เครื่องสางใย 1 เครื่อง สางแผ่นใยที่ออกจากตัวป้อน (Feed Conveyor) แล้วม้วนทบก้นบนชุดลูกกลิ้งที่เรียกว่า Laying runner จนได้ความหนาตามต้องการ แล้วหยุดเครื่องจากนั้นตัดแผ่นเส้นใยแล้วม้วนใส่ลูกกลิ้งอีกครั้ง

2. การทบชั้นแบบต่อเนื่อง : ใช้เครื่องสางใย 1 เครื่อง ตั้งแถวเรียงกัน และมีสายพานลำเลียงแผ่นเส้นใยอยู่ด้านล่างเครื่อง แผ่นเส้นใยจะถูกทบชั้นบน Condensing conveyor แล้วม้วนเก็บเข้าลูกกลิ้ง วิธีนี้มีข้อดี คือ ได้แผ่นเส้นใยที่มีความยาวต่อเนื่อง

- *Cross direction* เป็นการเรียงตัวเส้นใยตามแนวขวางของแผ่นเส้นใย ลักษณะผ้าที่ได้จะมีความแข็งแรงตามขวางมากกว่าตามยาวของผ้า ประโยชน์ใช้สอยของผ้าลักษณะนี้จะเป็นจำพวกใช้แล้วทิ้ง ซึ่งไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก

วิธีการเรียงเส้นใยตามขวาง โดยใช้เครื่องสางใย 1 หรือ 2 เครื่อง หันหน้าเข้าหากัน โดยมีสายพานลำเลียงแผ่นเส้นใยจากแต่ละเครื่อง จากนั้นผ่านอุปกรณ์โรยแผ่นเส้นใย เรียกว่า Swinging Cross-Lay devices โรยแผ่นเส้นใยไป-กลับลงบนสายพาน แล้วม้วนใส่ลูกกลิ้ง ส่วนความหนาของแผ่นเส้นใยขึ้นอยู่กับ ความเร็วในการโรยตัว (ทั้งชุด) และความเร็วของสายพาน

- *Random direction* การเรียงตัวของเส้นใยบนแผ่นเส้นใยเป็นแบบกระจายทุกทิศทาง ความแข็งแรงของผ้าค่อนข้างสม่ำเสมอ หลักการของ Random direction คือ การใช้กระแสมเป่าเส้นใยให้ลอยไปสะสมบนสายพานแบบตะแกรง ซึ่งสายพานจะเคลื่อนที่พาแผ่นเส้นใยวนเข้าลูกกลิ้งต่อไป ความหนาของแผ่นเส้นใยขึ้นอยู่กับ ความเร็วของเส้นใยที่ถูกกระแสมดูดและความเร็วของสายพาน

โดยทั่วไปแผ่นเส้นใยที่ได้จากการเรียงตัวแบบ Random direction จะมีความแข็งแรงทางด้านยาวมากกว่าด้านขวางเล็กน้อย เนื่องจากทางของสายพานจะพาแผ่นใยไปตามแนวยาวของผ้า ฉะนั้นเมื่อปลายเส้นใยปลิวลงมาปะทะสายพาน ปลายเส้นใยมีโอกาสถูกสายพานนำไปในทิศทางตามยาวมากกว่าตามขวาง

2.2 Wet Process คือ การทำแผ่นเส้นใยโดยการใช้น้ำ เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากการทำกระดาษสา มีหลักการ คือ ให้เส้นใยลอยตัวอย่างอิสระในถังน้ำขนาดใหญ่ จากนั้นปล่อยน้ำที่มีเส้นใยผ่านลงไปสู่สายพานที่เป็นแบบตะแกรง ส่วนที่เป็นเส้นใยจะค้างอยู่บนตะแกรง น้ำจะไหลลงไปด้านล่าง สายพานจะลำเลียงเส้นใยผ่านไปยังขั้นตอนการยืดติดและอบแห้งต่อไป ทิศทางการเรียงตัวของเส้นใยขึ้นอยู่กับ ความเร็วของน้ำและความเร็วของสายพานโดย ถ้าสายพานเร็วกว่าน้ำ เส้นใยจะเรียงตัวตามแนวยาว แต่ถ้าสายพานช้ากว่าน้ำ เส้นใยจะเรียงตัวตามขวางการผลิตด้วยวิธีนี้ต้องใช้น้ำในปริมาณมาก เนื่องจากเส้นใยต้องลอยอิสระเพื่อให้เกิดการกระจายตัวสม่ำเสมอ เมื่อถูกปล่อยสู่สายพาน ถ้าน้ำน้อยเส้นใยจะเกิดการรวมตัวเป็นกระจุก ทำให้ได้แผ่นเส้นใยที่ไม่สม่ำเสมอ

2.3 Spunbonded คือ การผลิตผ้าไม่ทอโดยหลอมพอลิเมอร์แล้วฉีดให้เป็นเส้นใยยาว (Filament) ผ่านหัวฉีดเส้นใย (Spinneret) แล้วโรยตัวเป็นแผ่น แล้วผ่านลมเย็นทำให้เส้นใยแข็งตัว นำแผ่นเส้นใยที่ได้ผ่าน Draw Roll ลูกกลิ้งดึงยืดเส้นใย เพื่อให้โมเลกุลภายในเส้นใยเรียงตัวขนานกันกับแกนเส้นใย ทำให้เส้นใยยึดติดกันได้ด้วยความร้อน

2.4 Melt-blown คือ การฉีดเส้นใยผ่านหัวฉีดไปยังอากาศร้อนที่มีความเร็วสูง ทำให้เส้นใยเกิดการขาด เป็นเส้นใยสั้น ๆ ซึ่งจะถูกเก็บลงบนสายพานที่เคลื่อนที่ การยืดติดเกิดจากการสานไปมาของเส้นใย และการใช้ความร้อน เนื่องจากเส้นใยไม่ได้ผ่านการดึงยืดก่อน ผ้าที่ได้จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าชนิดอื่น เส้นใยที่ใช้เทคนิคการผลิตนี้มาก คือ เส้นใยโอเลฟินและพอลิเอสเตอร์ (Olefin and Polyester fibers)

3. การสร้างแรงยึดเกาะเส้นใย (Web Bonding)

แผ่นเส้นใยที่ได้จากการผลิตด้วยวิธีแบบแห้งและแบบเปียกจะยึดกันอย่างหลวม ๆ และมีความแข็งแรงต่ำ จำเป็นต้องทำให้ยึดติดกันแน่นเพื่อผลิตภัณฑ์ผ้าไม่ทอที่มีสมบัติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานวิธีการทำให้เส้นใยยึดเกาะกันสามารถแบ่งได้หลายวิธีดังนี้

3.1 การทำให้เส้นใยติดกันทางเชิงกล (Mechanical Bonding) เป็นการใช้กระบวนการเชิงกลที่ทำให้เส้นใยถูกกดอัดและประสานตัวกันแน่น แบ่งได้คือ

- การใช้ระบบเข็มตี (Needle Punching) เป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตผ้าไม่ทอทางการค้าที่เก่าแก่ที่สุด เป็นการผลิตผ้าโดยการเข็มที่มีลักษณะเฉพาะปักลงไปบนแผ่นเส้นใย ทำให้เส้นใยในแผ่นเกิดการขัดสานกันอย่างไม่เป็นระเบียบ แผ่นเส้นใยมีความคงรูปและแข็งแรงเพิ่มขึ้น ไม่ทิ้งตัว ไม่ยืดตัว ผ้าที่ได้มีลักษณะคล้ายผ้าอัดสักหลาด เหมาะที่จะใช้ทำผ้าห่ม พรหมปูพื้น แผ่นฉนวนในอุตสาหกรรม ผ้าหลังคารถดันใน พรหมในรถยนต์ ฉนวนกันเสียงในรถ และแผงกรองอากาศเป็นต้น

- การใช้กระบวนการปัก (Stitch Bonding) เป็นการผลิตผ้าไม่ทอโดยใช้เทคนิค Knit-Sew ด้วยการเย็บเส้นใยหรือเส้นด้าย หรือการเย็บแผ่นเส้นใยกับพื้นล่างให้ติดกัน

เป็นผืน เส้นใยจะเกาะยึดกันไว้ด้วยตะเข็บ โดยใช้หลักของการสร้างห่วงถักในโครงสร้างของแผ่นเส้นใย ห่วงที่ปักลงไปจะทำให้เกิดการยึดเกาะเส้นใยให้อยู่ตัว ผ้าที่ทำด้วยวิธีนี้มีโครงสร้างและชื่อต่างกันไป ผ้าจะทนต่อการฉีกขาดได้ดี มีลักษณะพองแต่น้ำหนักเบา ผ้าชนิดนี้จะมีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดีที่ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ คือ ผ้าห่ม และ ผ้าปูเครื่องเรือน เป็นต้น

- การใช้ระบบน้ำ (Hydro Entanglement) เป็นการใช้น้ำแรงดันสูงฉีดผ่านโครงสร้างที่สานไปมาของเส้นใยแทนการใช้เข็ม ทำให้เกิดโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายผ้าทอ ผ้าที่ได้จะมีความยืดหยุ่นและมีความนุ่ม ความแข็งแรงของผ้าขึ้นอยู่กับทิศทางการฉีดน้ำและแรงดันน้ำ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เช่น ชุดคนไข้ ชุดเขียวของแพทย์ เป็นต้น

3.2 การทำให้เส้นใยติดกันด้วยสารเคมี (Chemical Bonding) สารเคมีที่ใช้เคลือบเส้นใยสังเคราะห์ นิยมใช้กันคือ อะคริลิก (Acrylic) ที่เรียกว่า “ลาเท็กซ์” วิธีการเคลือบกาวบนแผ่นเส้นใยคล้ายกับการลงแป้งด้ายยืนในการทอผ้า มีดังต่อไปนี้

- Saturation bonding : นำแผ่นเส้นใยจุ่มลงไปในอ่างกาว แล้วรีดกาวส่วนเกินออกด้วยลูกกลิ้ง เพื่อให้กาวติดไปในปริมาณที่เหมาะสม (โดยทั่วไปอยู่ระหว่างร้อยละ 15 - 50 ของน้ำหนักแผ่นเส้นใย

- Print bonding : การเคลือบกาวโดยใช้ลูกกลิ้งพิมพ์ ซึ่งสามารถแกะลายให้ติดกาวเฉพาะแห่งได้ ทำให้แผ่นเส้นใยมีความนุ่ม ความอ่อนตัว และการทิ้งตัวที่ดี

- Spray bonding : ลักษณะคล้ายแบบ Print Bonding แต่น้ำกาวจะถูกฉีดฝอยกระจายทั่วผ้า และฝอยน้ำกาวจะซึมผ่านลงไปในตัวได้ จึงสามารถใช้กับผ้าไม่ทอที่มีความหนาแน่นมากได้ กาวจะติดด้านหน้าและด้านหลังผ้า ส่วนตรงกลางจะไม่โดนกาว ทำให้มีความแข็งแรงพอสมควร

- Foam bonding : การเคลือบโดยใช้กาวที่อยู่ในรูปของโฟม เนื้อโฟมจะมีความเข้มข้นสูงและมีน้ำน้อย โฟมจะเคลือบบนแผ่นเส้นใย วิธีนี้มีข้อดี คือ มีการใช้พลังงานความร้อนเวลาน้อยในการอบผ้าน้อยกว่า เนื่องจากในกาวมีน้ำผสมอยู่ในปริมาณน้อย

- Wet laid : วิธีการผสมกาวหรือสารช่วยยึดในเส้นใยหรือในน้ำ แล้วตีน้ำให้กระจาย เส้นใยจะแขวนลอยอยู่บนผิวน้ำ หลังจากนั้นก็ค่อยๆ ปลดสายตดกตะกอนลงบนที่รองรับ เมื่อทำให้เส้นใยเป็นแผ่น แล้วเส้นใยจะเชื่อมติดกัน

- Solvent-bonding : การทำให้เส้นใยเกาะติดกันด้วยการใช้ตัวทำละลาย โดยนำแผ่นเส้นใยไปเคลือบด้วยตัวทำละลาย จากนั้นนำผ้าที่ได้ไปให้ความร้อน เพื่อให้ตัวทำละลายทำปฏิกิริยาให้เส้นใยยึดติดกัน และระเหยไปหมดเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ผ้าที่ได้จะอ่อนนุ่ม เพราะไม่มีกาวหรือสารเคมีอื่นๆปนอยู่

3.3 การทำให้เส้นใยติดกันโดยใช้ความร้อน (Thermal Bonding) วิธีการทำให้ยึดติดโดยใช้ความร้อน ใช้กับพอลิเมอร์พวกเทอร์โมพลาสติกที่สามารถอ่อนตัวได้เมื่อถูกความร้อน

การให้ความร้อนจะทำให้แผ่นเส้นใยเกิดการหลอมรวมตัวกัน และยึดติดกันเป็นผืนผ้าเมื่อเย็นลง ส่วนมากใช้เส้นใยที่มีจุดหลอมละลายต่ำ ผ้าที่ได้จะมีความแข็งแรงดี แต่ไม่ทนต่อแรงดึง เพราะไม่สามารถประสานเส้นใยให้ติดกันได้ดี ผู้นำไปทำผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่าง ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา และภายนอกจะมีความมันวาว เช่น ผ้าอ้อมสำหรับเด็ก เป็นต้น การยึดติดด้วยความร้อน มีวิธีการยึดติดหลายวิธี คือ

- การใช้เครื่องรีดและแรงกดสูง ลูกกลิ้งเป็นตัวช่วยให้เส้นใยยึดประสานกันออกมาเป็นแผ่น

- การใช้ลมผ่านเข้าไปในการทำปฏิกิริยาความร้อน แผ่นเส้นใยจะประกอบด้วยเส้นใยที่หลอมละลายยึดติดกัน สิ่งที่ต้องระวังคือการไหลของลมร้อนมายังลูกกลิ้ง

- การใช้ลูกกลิ้งที่ขึ้นลายโดยใช้แรงกดไปอีกและตามด้วยความร้อน : การใช้ลูกกลิ้งความร้อนอัดแผ่นเส้นใย ทำให้จุดที่เส้นใยไขว้ทับยึดติดกัน เมื่อเป็นแผ่นผ้าไม่ทอแล้วไม่ต้องนำไปอบแห้ง เนื่องจากไม่มีน้ำหรือสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องในการยึดติด

วิธีการให้ความร้อนมีหลายแบบด้วยกัน คือ

- Calender area bonding เป็นการใช้ลูกกลิ้งคู่แบบผิวเรียบ โดยให้ความร้อนผ่านลูกกลิ้งตลอดเวลา เมื่อแผ่นเส้นใยผ่านลูกกลิ้งก็จะได้รับการถ่ายเทความร้อน พร้อมกับถูกแรงกดของลูกกลิ้งทำให้จุดที่เส้นใยไขว้อยู่หลอมละลายติดกัน

- Calender pattern bonding ลักษณะจะคล้ายกับแบบแรก แต่ลูกกลิ้งผิวไม่เรียบจะเหมือนกับลูกกลิ้งที่ใช้พิมพ์ผ้า ที่ผิวของลูกกลิ้งจะมีรอยนูนเฉพาะแห่ง แบบ pattern bonding จะยึดติดเฉพาะแห่งตามลายของลูกกลิ้ง ทำให้ผ้ามีความนุ่ม และทั้งตัวดี

- Infrared bonding เป็นการให้ความร้อนจากแสงอินฟราเรด ลักษณะจะเป็นหลอดไฟที่ให้ความร้อนสูง ความร้อนนี้สามารถทะลุทะลวงเข้าไปในแผ่นเส้นใยได้ดีกว่า 2 แบบแรกจะให้ความร้อนที่เฉพาะผิวหน้า ดังนั้นจึงเหมาะกับผ้าหนา

- Ultrasonic bonding เป็นการใช้คลื่นเสียงซึ่งความถี่สูงมากประมาณ 20,000 ครั้งต่อวินาที จากนั้นแปลงคลื่นเสียงให้สั้นสะท้อนกลไกเพื่อตอกย้ำลงบนผิวแผ่นเส้นใย ด้วยความถี่มากทำให้เกิดความร้อนไปละลายเส้นใย

- Power bonding ใน 4 วิธีแรก จะเป็นการให้ความร้อนโดยตรงกับแผ่นเส้นใย แต่แบบนี้จะใช้ผงพอลิเมอร์โรยลงบนแผ่นเส้นใยก่อน แล้วจึงนำไปผ่านความร้อน

4. การปรับแต่งสมบัติของผ้า (Finishing Treatment)

1. การอบแห้ง เพื่ออบให้ผ้าไม่ทอที่ผ่านสารเคมีแห้งสนิทก่อนนำไปเก็บ
2. การม้วนเก็บ มีการดกแต่งริมโดยการจัดให้เรียบสม่ำเสมอและให้ได้หน้ากว้างตามที่กำหนดไว้

2.4 สารช่วยยึด

ผ้าไม่ทอจะต้องใช้สารช่วยยึดเป็นตัวช่วยให้ผ้าไม่ทอมีสมบัติคล้ายกับผ้าอื่นๆ ทั่วไป ดังนั้นสารช่วยยึดจึงเป็นสิ่งสำคัญในการผลิตผ้าไม่ทอ ความบกพร่องของผ้าไม่ทออาจเกิดขึ้นจากสารช่วยยึด โดยปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น ผ้ามีความแข็งกระด้างมากเกินไป ผ้าดูดซึมน้ำไม่เพียงพอ ผ้ามีความคงทนต่อการรีดยึก ผ้ามีความคงทนต่อการซักล้างต่ำ ดังนั้นจึงได้เพิ่มสมบัติของสารช่วยยึดให้เหมาะกับการใช้งานโดยเพิ่มการเกาะติดของเส้นใย ความคงทนต่อการซัก เพิ่มความยืดหยุ่น

2.4.1 ประเภทของสารช่วยยึด

1. บิวทาไดอินโคพอลิเมอร์ (Butadiene Copolymer)

พวกกลุ่มยางสังเคราะห์ สไตรีนบิวทาไดอิน ซึ่งมีความสามารถในการเป็นสารช่วยยิदनั้นสามารถแปรเปลี่ยนได้ตามต้องการ โดยการปรับเปลี่ยนสัดส่วนระหว่าง สไตรีนกับบิวทาไดอิน สมบัติของหมู่บิวทาไดอินจะให้ในเรื่องของความยืดหยุ่น ในขณะที่สไตรีนและอะครีโลไนริล (ส่วนผสมอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้) จะให้สมบัติในเรื่องของความคงทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ความต้านทานต่อน้ำมันและตัวทำละลาย แต่มีข้อเสีย คือถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายและทำให้เกิดการเปลี่ยนสี เนื่องจากในสารช่วยยึดชนิดนี้ยังมีพันธะคู่อยู่ในโครงสร้าง

2. อะคริลิก ไบเดอร์ (Acrylic Binders)

สารช่วยยึดที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายและมีมากมายหลายชนิด โดยสมบัติของสารช่วยยึดประเภทนี้แต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับพอลิเมอร์ที่นำมาผสม โดยโคพอลิเมอร์ที่นิยมนำมาผสม ได้แก่ สไตรีน อะครีโลไนริล ไวนิลคลอไรด์ และไวนิลอะซิเตด โดยขึ้นอยู่กับสมบัติของสารช่วยยึดที่ต้องการ เช่น การผสมสไตรีนช่วยเพิ่มสมบัติทางด้านความแข็งแรง การผสมอะครีโลไนริลจะเพิ่มสมบัติทางด้านความคงทนต่อตัวทำละลาย การผสมไวนิลคลอไรด์จะเพิ่มสมบัติทางด้าน การชะลอการติดไฟ และการผสมไวนิลอะซิเตดมักช่วยในเรื่องของการลดราคาต้นทุนในการผลิต

3. ไวนิลโคพอลิเมอร์ (Vinyl Copolymer)

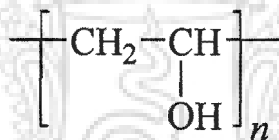
สารช่วยยึดในกลุ่มนี้แบ่งออกได้ 2 กลุ่ม คือ ไวนิลคลอไรด์และไวนิลอะซิเตด แต่ไวนิลคลอไรด์มีข้อเสียในเรื่องของความแข็งกระด้าง เพื่อปรับปรุงสมบัติให้เหมาะสมกับการใช้งาน ต้องมีการเติมโคพอลิเมอร์เข้าไปทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer) เพื่อช่วยในประสิทธิภาพในเรื่องของความอ่อนตัว เช่น พวกอะคริเลตมอนอเมอร์ (Acrylate monomers) ส่วนไวนิลอะซิเตดเป็นสารช่วยยึดที่ไม่มีปัญหาในเรื่องของความกระด้างและมีราคาถูก

2.4.2 หลักการทำงานของสารช่วย

สารช่วยยัดที่ใช้กับทางสิ่งทอจะเป็นพอลิเมอร์จำพวกสามารถเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายได้ด้วยตนเอง หรือเรียกว่า Self crosslinking หลักการการเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายของสารช่วยยัดในกลุ่มนี้เกิดขึ้นได้ด้วย 2 ขั้นตอน คือ เมื่อเคลือบสารยัดติดลงบนผิวสิ่งทอ จะทำการระเหยเอาหน้าหรือตัวทำละลายออกด้วยการอบที่อุณหภูมิต่ำ เหลือแต่สารช่วยยัดและฟิกเมนต์ที่แปรสภาพเป็นฟิล์มบางๆ เคลือบอยู่บนผิวของเส้นใย และเมื่อนำไปทำการผึ่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูง ฟิล์มของสารช่วยยัดก็จะเกิดปฏิกิริยาเชื่อมขวางกันเอง ได้เป็นฟิล์มโครงสร้งร่างแหเกาะติดกับผิววัสดุได้อย่างเหนียวแน่น

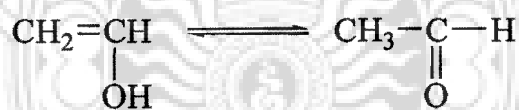
2.5 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol)

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทโพลีโอเลฟิน มีลักษณะเป็นผงสีขาวจนถึงครีม ผลิตจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในภาวะกรดหรือเบส มีหลายเกรดตามความหนืดซึ่งขึ้นอยู่กับคีกรีของพอลิเมอร์ไรเซชัน และเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ซิส ละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลลดลง แต่ความแข็งแรง การตั้งยัด ความทนต่อการฉีกขาด และอ่อนตัวดีขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้น สลายตัวในน้ำและเกิดเป็นสารที่มีพันธะคู่ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปทำให้เกิดสี ใช้ประโยชน์ในการแต่งเส้นใยและเส้นด้าย เป็นสารทำให้ขึ้น และสารช่วยถอดแบบของพลาสติกหล่อ เป็นกาวยที่ใช้ในเครื่องสำอาง เซรามิก หนังสัตรี ผ้า และกระดาษ

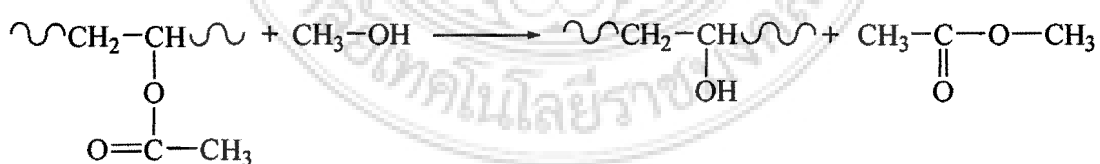


ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

ไวนิลแอลกอฮอล์เป็นสารที่ไม่เสถียรในภาวะปกติ ไวนิลแอลกอฮอล์มักจะอยู่ในรูปของอะซิโตนอลดีไฮด์ ดังนั้นการเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์จึงต้องเตรียมผ่านพอลิไวนิลอะซิเตด



การเตรียมนิยมเตรียมจากพอลิไวนิลอะซิเตด โดยปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ซิสในภาวะที่เป็นกรดหรือด่าง ดังนี้



วิธีที่สะดวกในการเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากพอลิไวนิลอะซิเตด คือ ใช้กระบวนการสารละลาย หรือ แบบแขวนลอย โดยเฉพาะแบบสารละลาย เนื่องจากใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย จะได้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์แยกออกมาเลย

2.5.1 สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่เตรียมได้ในอุตสาหกรรม มักจะมีหมู่อะซิติดลปะปนอยู่ประมาณ 1.5 - 2 โมลเปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่น 1.293 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition Temperature : T_g) 80 องศาเซลเซียส พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีสมบัติคล้ายแป้ง คือ เกิดสีน้ำเงินกับไอโอดีนละลายในน้ำเย็นและต่างอ่อนที่ต่างกับพอลิไวนิลอะซิเตด คือ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีความเป็นผลึกมาก ทั้งที่เป็นอะแทกติกเหมือนกัน เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลเล็กกว่าหมู่อะซิเตด น้ำหนักโมเลกุลที่ใช้ในอุตสาหกรรม มีอยู่ 4 ช่วง คือ 250,000 – 300,000 170,000 – 220,000 120,000 – 150,000 และ 250,000 – 350,000 ตามลำดับ

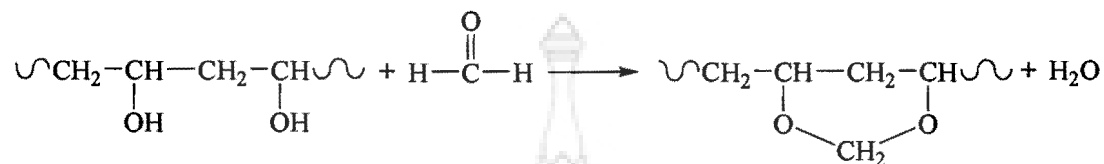
สมบัติทางกายภาพของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ขึ้นอยู่กับระดับการเกิดแอลกอฮอล์ซิส คือ ถ้าถูกไฮโดรไลซ์สมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้น ทนทานต่อการฉีกขาดได้ดีกว่าพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ถูกไฮโดรไลซ์เพียงบางส่วน เนื่องจากมีความเป็นผลึกมากกว่าและพันธะไฮโดรเจนมากกว่า นอกจากนี้สมบัติทางกายภาพยังได้รับอิทธิพลจากความชื้นของสิ่งแวดล้อม เพราะน้ำจะทำตัวเป็นพลาสติกไซเซอริให้กับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เช่น ถ้ามีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ ความทนต่อแรงดึงจะลดลง แต่จะไปเพิ่มความสามารถในการยืดตัวออกมากขึ้น น้ำหนักโมเลกุลก็มีผลต่อสมบัติทางกายภาพด้วย เช่น ถ้าน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะทนต่อแรงดึงต่ำ ทนต่อแรงฉีกขาดต่ำกว่าพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

สมบัติทางการละลายน้ำพบว่า การละลายจะเพิ่มขึ้นถ้าหมู่อะซิติดลในพอลิไวนิลอะซิเตดถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้น และจะสูงสุดเมื่อมีดีกรีของการเปลี่ยนเป็นหมู่ไฮดรอกซิล 88 เปอร์เซ็นต์ ถ้าถึงจุดนี้การละลายสมบูรณ์และละลายในน้ำเย็นปกติได้ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์สามารถทนทานตัวทำละลายอินทรีย์ได้หลายชนิด โดยความคงทนจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิล ถ้าสูงมากไปจะไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์

พันธะไฮโดรเจนในพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีผลทำให้อุณหภูมิหลอมผลึก (Crystalline melting temperature : T_m) สูงถึง 230 องศาเซลเซียส ถ้ามีหมู่ไฮดรอกซิลถึง 88 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อถึงจุด T_m แล้วพอลิไวนิลแอลกอฮอล์จะไม่หลอมตัวเหมือนพลาสติกทั่วไป แต่จะสลายตัวได้น้ำกับสารที่เป็นพันธะคู่แบบคอนจูเกตทำให้เกิดสีขึ้น กรรมวิธีการผลิตเพื่อขึ้นรูปของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์จึงนิยมทำในสารละลายมากกว่าการหลอม

การนำพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไปใช้ประโยชน์แยกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การใช้เป็นสารข้น (Thickening agent) สำหรับกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอิมัลชัน และแบบ

แขวนลอยใช้ทำแผ่นฟิล์มบรรจุของที่ละลายน้ำ เช่น สีย้อมผ้า ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อโรค พลาสติกหล่อ ทำกาวย ฯลฯ เนื่องจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ละลายน้ำได้และทนทานต่อแรงดึงสูง และการใช้ในอุตสาหกรรมเส้นใยผ้า เนื่องจากเมื่อนำพอลิเมอร์ชนิดนี้ผ่านปฏิกิริยาเคมีแล้ว จะทำให้สมบัติเปลี่ยนจากละลายน้ำเป็นไม่ละลายน้ำ โดยนำพอลิเมอร์ไปปั่นเปียก (Wet spun) ในน้ำอุ่นแล้วผ่านเข้าไปในสารละลายโซเดียมซัลเฟตเข้มข้น ซึ่งมีกรดซัลฟิวริกผสมกับ ฟอรัมาลดีไฮด์ เส้นใยที่ได้ออกมาจะไม่ละลายน้ำ เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลบางส่วนถูกทำ ปฏิกิริยาเปลี่ยนไป โดยเกิด Interchain acetalization ดังปฏิกิริยา



ปฏิกิริยานี้ต้องควบคุมให้ดี มิฉะนั้นสมบัติเส้นใยจะไม่ได้ตามต้องการ เส้นใยพอลิ-ไวนิลแอลกอฮอล์นี้ดูดซึมน้ำได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าเส้นใยอื่นๆ จึงนำมาใช้ทำเสื้อผ้าแทน ฝ้ายได้มีความทนทาน ซักง่าย แห้งเร็ว คงสีได้ดี

2.5.2 สมบัติที่สำคัญ

1. สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีชีวภาพ (Biodegradable) และตัดไฟได้คล้ายกระดาษ
2. พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในรูปฟิล์มจะมีความใสและเหนียว มีค่าความคงทนต่อแรงดึงขาด (Tensile Strength) สูงและทนต่อการขีดข่วน (Abrasion Resistance)
3. มีความคงทนต่อความร้อนและแสงดี นอกจากนี้ยังคงทนต่อไขมันน้ำมันและสารอินทรีย์ดีมาก
4. มีความคงทนต่อกรดแก่ ต่างแก่ น้ำ และความชื้นสัมพัทธ์สูงๆ ไม่ดีนัก
5. เป็นตัวเชื่อม (Adhesive) ที่ดี สามารถปิดกั้นการซึมผ่านของพวกไขมันและน้ำมันดี รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของแก๊สต่างๆ เช่น O₂ H₂ He และ N₂
6. พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ทุกประเภทละลายน้ำได้

2.5.3 การนำไปใช้งาน

1. Standard Film PVA ใช้เป็นสารป้องกันการเกาะติดของ พอลิเอสเตอร์เรซิน กับ Mold Releasing Agent
2. CWS Film PVA ใช้สำหรับการห่อผลิตภัณฑ์ต่างๆ ใช้เป็นสารเคลือบเพื่อเป็นผนังป้องกันไขมัน น้ำมันและแก๊ส และถูกใส่เสื้อผู้ป่วยตามโรงพยาบาล
3. ใช้เป็นกาวหรือตัวเคลือบกระดาษ (Paper Coating) สำหรับการพิมพ์ การบรรจุอาหาร หรือบรรจุสารเคมี
4. ใช้เป็นสารเคลือบโลหะ (ชั่วคราว) เพื่อป้องกันโลหะ และเคลือบพลาสติกเซรามิก

5. ใช้เป็นสารช่วยยึดสำหรับสารเคลือบหลอดภาพโทรทัศน์ (Phosphorescent Pigments)
6. ใช้เป็นโพลารไรด์ซึ่งออปติก (Polarizing optic)

2.6 อนุภาคซิลเวอร์ (Ag⁺)

อนุภาคซิลเวอร์นาโนที่ผลิตได้จากการใช้นาโนเทคโนโลยี จะมีขนาดอนุภาคประมาณ 25 นาโนเมตร หรือประมาณ 1 ใน 1,000 ของขนาดเซลล์ของแบคทีเรีย เมื่ออนุภาคซิลเวอร์นาโนสัมผัสกับผนังเซลล์จะสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียหรือเชื้อราได้ จากนั้นอนุภาคซิลเวอร์นาโนซึ่งมีสมบัติเป็น กรดอ่อนจะเกิดอันตรรกิริยากับโมเลกุลที่เป็น เบสอ่อนภายในเซลล์ ซึ่งก็คือส่วนที่เรียกว่าหมู่ซัลไฟดริล (Sulphydryl group) ของเอนไซม์โปรตีนเอส (Proteinase) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับเมตาบอลิซึมของเซลล์ หมู่ซัลไฟดริล (-SH) ที่มีอะตอมของซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบจะจับตัวกับอนุภาคของซิลเวอร์ทำให้กระบวนการทำงานของเอนไซม์หยุดการทำงานจนกระทั่งเซลล์ของแบคทีเรียหยุดการเจริญเติบโตและเสื่อมสภาพไปในที่สุด มีการค้นพบว่าอนุภาคซิลเวอร์สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ถึง 650 ชนิด เช่น *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *E.Coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Aspergillus niger* และ *Bacillus subtilis* รวมทั้ง *Streptococcus* และ *Lacto Bacillus* ที่คุ้นเคยกันในนมเปรี้ยว รวมทั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus* และ *E.coli* ที่มักพบในอาหารที่เน่าเสีย

เป็นเวลาหลายสิบปีมาแล้ว ที่มีการนำสารประกอบของซิลเวอร์มาใช้ ในทางการแพทย์ เช่น ซิลเวอร์ไนเตรด (Silver nitrate) ใช้หยดนัยน์ตาของเด็กแรกเกิดเพื่อป้องกันการติดเชื้อซิลเวอร์ซัลฟาไดอะซีน (Silver sulfadiazine) ใช้ในการรักษาแผลไฟไหม้และฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

2.6.1 อนุภาคซิลเวอร์นาโน (Silver Nanoparticles)

อนุภาคซิลเวอร์นาโนขนาด 5 - 40 นาโนเมตร ความเข้มข้น 1,000 - 100,000 ส่วนในล้านส่วน (0.1 - 10 ร้อยละโดยน้ำหนัก) อนุภาคซิลเวอร์นาโนมีความเสถียรสูง สามารถเก็บไว้ได้นานมากกว่า 6 เดือนโดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ คอลลอยด์ความเข้มข้นสูงนี้จะมีสีน้ำตาลเข้ม เมื่อทำให้เจือจางจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนเนื่องมาจากปรากฏการณ์ Surface Plasmon Resonance ของอนุภาคซิลเวอร์นาโนนี้สามารถนำไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเพิ่มสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียหรือกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้ทันที โดยใช้เป็นส่วนผสม ใช้เป็นสารเติมแต่ง หรือใช้เคลือบผิวผลิตภัณฑ์

อนุภาคซิลเวอร์นาโนจะเป็นแหล่งผลิตไอออนของเงิน (Silver Ion) ซึ่งทำหน้าที่กำจัดเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ อุดสาหกรรมที่เหมาะสมได้แก่ อุดสาหกรรมที่ต้องการเพิ่มสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและหรือกำจัดเชื้อแบคทีเรียให้กับผลิตภัณฑ์เช่น สิ่งทอ เครื่องสำอาง พลาสติก การแพทย์ อาหาร บรรจุภัณฑ์ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ สเปรย์กำจัดกลิ่น ภาชนะปลอดเชื้อ สำลีปลอดเชื้อ ผ้าพันแผลปลอดเชื้อ

2.6.2 อนุภาคนาโนซิลเวอร์คลอไรด์ (Silver Chloride Nanoparticles)

อนุภาคนาโนซิลเวอร์คลอไรด์ขนาดอนุภาค 60 – 100 นาโนเมตร ความเข้มข้น 1,000 - 10,000 ส่วนในล้านส่วน (0.1 - 1.0 ร้อยละโดยน้ำหนัก) อนุภาคนาโนซิลเวอร์คลอไรด์มีความเสถียรสูง สามารถเก็บไว้ได้นานมากกว่า 6 เดือนโดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ คอลลอยด์มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวขุ่น ซึ่งเป็นสีของผลึกซิลเวอร์คลอไรด์ อนุภาคนาโนซิลเวอร์คลอไรด์ทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย และกำจัดเชื้อแบคทีเรียเช่นเดียว กับอนุภาคซิลเวอร์นาโน โดยการปลดปล่อยไอออนของเงินออกมา เมื่อได้รับความชื้นเนื่องจากอนุภาคนาโนซิลเวอร์คลอไรด์มีสีขาว จึงเหมาะที่จะประยุกต์ใช้กับสิ่งทอสีขาวหรือสิ่งทอสีอ่อนที่ไม่ต้องการให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี หลังจากการเคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิลเวอร์คลอไรด์ เหมาะสมกับอุตสาหกรรมที่ต้องการเพิ่มสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและหรือกำจัดเชื้อแบคทีเรียให้กับผลิตภัณฑ์ เช่น สิ่งทอ เครื่องสำอาง พลาสติก การแพทย์ บรรจุกัมภ์ อาหาร ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เช่น สิ่งทอปลอดเชื้อและปลอดกลิ่น สำลีปลอดเชื้อ และ ผ้าพันแผลปลอดเชื้อ เป็นต้น

2.6.3 หมึกนำไฟฟ้าจากอนุภาคซิลเวอร์นาโน (Silver Nanoparticles Conductive Ink)

คอลลอยด์น้ำความเข้มข้นสูงมากของอนุภาคซิลเวอร์นาโนขนาด 1 - 5 นาโนเมตร ความเข้มข้นมากกว่า 400,000 ส่วนในล้านส่วน (40 ร้อยละโดยน้ำหนัก) สามารถนำมาเขียนหรือพิมพ์ให้เป็นลายบนพื้นผิวต่างๆ เช่น กระดาษ กระຈก และพลาสติก โดยการเขียนเป็นลายเส้นเหมือนปากกา (Writing) การสร้างลายโดยการประทับ (Stamp Printing) การพิมพ์โดยใช้อิงค์เจ็ท (Ink Jet Printing) หรือ การพิมพ์สกรีน (Screen Printing) เมื่อน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายละลายแห้งจนหมดที่อุณหภูมิห้อง หมึกแห้งอยู่บนพื้นผิวของวัสดุรองรับ อนุภาคซิลเวอร์นาโนจะเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบและเชื่อมกันบางส่วน ทำให้หมึกสามารถนำไฟฟ้าได้ หากให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิต่ำหรือดูเบาๆ บนเส้นหมึกที่แห้งแล้ว อนุภาคซิลเวอร์นาโนจะเชื่อมกันสมบูรณ์ขึ้นและมีค่าการนำไฟฟ้าใกล้เคียงกับค่าการนำไฟฟ้าของเงิน (ซึ่งเป็นโลหะที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด) ลายเส้นหมึกบนพื้นผิววัสดุรองรับจะสามารถนำไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี เหมาะสมคือ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เช่น Low-Curing-Temperature ปากกาบรรจุหมึกนำไฟฟ้า และ กาวนำไฟฟ้า เป็นต้น

2.6.4 อนุภาคซิลเวอร์นาโนชนิดของแข็ง (Solid Silver Nanoparticles)

อนุภาคซิลเวอร์นาโนขนาด 5 - 10, 5 - 40 และ 50 - 200 นาโนเมตร ที่ทำให้แห้งเป็นของแข็งแล้ว อนุภาคซิลเวอร์นาโนชนิดของแข็งมีลักษณะเป็นผงละเอียด สามารถนำไปทำเป็นคอลลอยด์โดยละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสม นำไปผสมกับพอลิเมอร์หรือเรซิน นำไปทำเป็น Silver Clay โดยการนำไปผสมกับตัวเชื่อมประสานอินทรีย์ (Organic Binder) เพื่อใช้ขึ้นเป็นเครื่องประดับ หรือขึ้นรูปเป็นโลหะด้วยกระบวนการ Powder Metallurgy จุดหลอมเหลว

และ Sintering Temperature ของอนุภาคซิลเวอร์นาโนชนิดของแข็งจะต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของโลหะเงินมากอุตสาหกรรมที่เหมาะสม เช่น เครื่องประดับ โลหะโพลีเมอร์ ตัวเร่งปฏิกิริยา

2.6.5 กลไกการทำงานของสารยับยั้งแบคทีเรียในการฆ่าเชื้อโรค

- อนุภาคซิลเวอร์เข้าทำลายเชื้อแบคทีเรียโดยการยับยั้งกระบวนการเผาผลาญอาหาร
- อนุภาคซิลเวอร์จะสร้าง Active Oxygen ซึ่งทำลายเนื้อเยื่อของเชื้อโรค
- อนุภาคซิลเวอร์เข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนในตัวของเชื้อโรค ยับยั้งการแตกตัวของเชื้อ

2.7 ทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Reviewed Literature)

พ.ศ. 2547 วิทยา บันสุวรรณ และ กนกอร วันสนุก ได้ทำการวัดขนาดเส้นใยของประกอบทางเคมีและผลิตเยื่อเคมีของกากอ้อยจำนวน 36 ภาวะ โดยการทดลองแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 ในอัตราส่วน 10 เท่าของกากอ้อยเป็นเวลาข้ามคืน จากนั้นนำบิบให้สารละลายออกและเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ใหม่ปริมาณร้อยละ 5 - 10 ที่อัตราส่วนสารละลาย 4 เท่าของกากอ้อยเดิมพร้อมด้วยอัดก๊าซ 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แล้วต้มที่อุณหภูมิสูงสุด 0 - 180 นาที สรุปผลที่ได้ว่า ภาวะการต้มกากอ้อยที่เพิ่มโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ที่อัตราส่วนสารละลาย 4 เท่าของกากอ้อยเดิม ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 90 นาที

พ.ศ. 2547 วิวัฒน์ อรรถพารักษ์ ได้ทำการวัดขนาดเส้นใยของประกอบทางเคมีและผลิตเยื่อเคมีของยูคาลิปตัสจำนวน 12 ภาวะโดยการทดลองนำชิ้นไม้มาทำการต้มก่อนที่จุดเดือดด้วยกรดอะซิติก 70 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ รวม 3 ระดับมีอัตราส่วนของเหลวต่อวัตถุดิบ 3 5 7 และ 10 เท่ารวม 4 ระดับเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการต้มครั้งสุดท้ายที่จุดเดือดด้วยกรดอะซิติกและอัตราส่วนเช่นเดียวกัน สรุปผล คือ การต้มด้วยกรดอะซิติก 7 เท่าโดยมีการเติมกรดซัลฟูริก 0.3 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลา 4 ชั่วโมง

พ.ศ. 2547 วิวัฒน์ อรรถพารักษ์ และ บุญฤทธิ์ ชูประยูร ได้ศึกษาการผลิตเยื่อเคมีจากการอ้อยโดยการแช่ด้วยต่างและต้มด้วยการเติมต่างกับออกซิเจน โดยการวัดขนาดเส้นใยของประกอบทางเคมีและผลิตเยื่อเคมีของกากอ้อยจำนวน 36 ภาวะ โดยการทดลองแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 ในอัตราส่วน 10 เท่าของกากอ้อยเป็นเวลาข้ามคืน จากนั้นนำมาบิบให้สารละลายออกและเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ใหม่ปริมาณร้อยละ 5 - 10 ที่อัตราส่วนสารละลาย 4 เท่าของกากอ้อยเดิม พร้อมด้วยอัดก๊าซออกซิเจน 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แล้วต้มที่อุณหภูมิสูงสุด 105 - 140 องศาเซลเซียส ต้มที่อุณหภูมิสูงสุด 0 - 180 นาที สรุปผลได้ว่า ภาวะการต้มกากอ้อยที่เพิ่มโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ที่อัตราส่วนสารละลาย 4 เท่าของกากอ้อยเดิมที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 90 นาทีดีที่สุดให้ส่วนที่เป็นเยื่อส่วนที่ไม่เป็นเยื่อร้อยละ 40 ของน้ำหนักอบแห้งวัตถุดิบ และตัวเลขคัปปา 24.72 ที่

ความเป็นอิสระเยื่อ 300 มิลลิลิตรตามมาตรฐานแคนาดา มีดัชนีความต้านแรงดึง 34.16 N.m/g, ความต้านแรงดันทะลุ 2.13 kPa.m²/g ความต้านการฉีกขาด 9.00 mN.m²/g ความขาวสว่าง 30.83 ความทึบแสงร้อยละ 90.48 ตามลำดับ ซึ่งสามารถใช้ผลิตกระดาษพิมพ์และเขียน รวมทั้งกระดาษเหนียวในส่วนของถุงชั้นเดียวได้

พ.ศ. 2547 บุชรา สร้อยระย้าและคณะ ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระดาษจากใบอ้อย เพื่องานหัตถกรรมและบรรจุภัณฑ์ โดยศึกษากรรมวิธีการผลิตเยื่อกระดาษ พบว่าภาวะการต้มเยื่อใบอ้อยที่เหมาะสมคือ ต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบอ้อย อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง และฟอกขาวเยื่อที่ได้ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเยื่อแห้ง ร่วมกับสารโซเดียมซัลไฟด์ 2 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.05 เปอร์เซ็นต์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง วัดความขาวสว่างได้ 54.11 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษจากการผสมเยื่อใบอ้อยต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70 : 30 แล้วเคลือบด้วยสารละลายผงบุกโดยใช้แปรงเคลือบ พบว่ามีสมบัติทางเชิงกลที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้ดีสำหรับงานหัตถกรรมและงานประดิษฐ์ต่างๆ เช่น บรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

พ.ศ. 2550 สมชาย มณีวรรณ ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของกระดาษสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย โดยทำการศึกษาความสามารถในการดูดซึมน้ำ ค่าความต้านทานแรงดึง น้ำหนักมาตรฐาน ค่าความหนาและค่าความหนาแน่นของกระดาษสา โดยใช้กระดาษจาก 3 แหล่ง คือ บ้านนาเหลียง บ้านสะเนียน และบ้านแยง จังหวัดพิษณุโลก จากการศึกษาพบว่า ค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำสูงสุดเท่ากับ 3.500 กรัม ค่าความต้านทานแรงดึงขณะแห้งสูงสุดมีค่าเท่ากับ 16.811 กิโลนิวตันต่อเมตร ขณะเปียกสูงสุด 1.089 กิโลนิวตันต่อเมตร น้ำหนักมาตรฐาน ความหนาและความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 127.590 กรัมต่อตารางเมตร 0.372 มิลลิเมตร และ 383.821 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ



บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 สารเคมี

1. NaOH (Sodium Hydroxide) เกรดการค้า บริษัท บุญทวีเคมีภัณฑ์ จำกัด
2. H₂O₂ (Hydrogen peroxide) เกรดการค้า, Tang Ti hua Heng Co.Ltd.
3. CH₃COOH (Acetic acid) เกรดการค้า, บริษัท บุญทวีเคมีภัณฑ์ จำกัด
4. PVA JP-18Y (Polyvinyl Alcohol) บริษัท ดีทแฮล์ม เทรดิง จำกัด
5. Silver++G 100 Pdr, บริษัทดีทแฮล์ม เทรดิง จำกัด

3.2 อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง, Superba-series, Precisa 205 A
2. ตู้อบ ULE 600, MEMMERT บริษัท เบคไทย จำกัด
3. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ, SDL International Limited รุ่น P1000
4. เครื่องทดสอบความสามารถในการซึมผ่านอากาศ, SDL International Limited รุ่น M021S
5. เครื่องวัดความหนา (Teclock Thickness Gauge) รุ่น SMD – 565 (บริษัท Teclock Corporation)
6. Padder Laboratory Machines, Tsuji Dyeing Machine Co., Ltd.
7. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM) Hitachi รุ่น S-510

3.3 วิธีทดลอง

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำไปอ้อยที่มีอายุประมาณ 10 - 12 เดือน จากจังหวัดกาญจนบุรี ดัดย่อยให้มีขนาดพอเหมาะ นำไปล้างให้สะอาดด้วยน้ำสบู่เข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำมาทุบบริเวณก้านใบให้แตก แล้วนำไปอบจนแห้งสนิท

3.3.2 การหาภาวะที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย

1. การหาเวลาที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย

นำไปอ้อยที่ผ่านการเตรียมมาทำการแยกเส้นใยด้วยวิธีทางเคมี (กระบวนการโซดา) กำหนดความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 10 กรัมต่อลิตร และ ปริมาณน้ำต่อวัสดุ 1 : 20 (กรัม : ลิตร) ตัวแปรที่ศึกษาคือ เวลาที่ใช้ในการแยก ตั้งแต่ 15, 30, 45, 60, 75, 90,

1 : 20 (กรัม : ลิตร) ตัวแปรที่ศึกษาคือ เวลาที่ใช้ในการแยก ตั้งแต่ 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 นาที โดยต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำเส้นใยที่แยกได้มาล้างทำความสะอาดและอบแห้ง แล้วมาทำการประเมินผลการแยกเส้นใยด้วยการสังเกตลักษณะของเส้นใยที่ได้ด้วยสายตา

2. การหาปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย

ทำการแยกเส้นใยที่กำหนดปริมาณน้ำต่อวัสดุ 1 : 20 ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ตั้งแต่ 0 - 20 กรัมต่อลิตร ทำการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง โดยในการทดลองส่วนนี้แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

- วิธีที่ 1 : ต้มแยกเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
- วิธีที่ 2 : แช่ใบอ้อยในน้ำธรรมดา นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปต้มแยกเส้นใย
- วิธีที่ 3 : แช่ใบอ้อยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1% w/v นาน 24

ชั่วโมง ก่อนนำไปต้มแยกเส้นใย

นำเส้นใยที่แยกได้มาล้างให้สะอาดและอบแห้งจนมีน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาปริมาณที่เหลือจากการแยก โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณเส้นใยที่เหลือ (\%)} = \left(\frac{\text{น้ำหนักเส้นใยที่เหลือจากการแยก}}{\text{น้ำหนักเส้นใยก่อนการแยก}} \right) \times 100$$

3.3.3 การขึ้นรูปแผ่นเส้นใย

นำเส้นใยที่ได้จากการแยกในภาวะเหมาะสม มาทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นเส้นใยด้วยวิธีแบบเปียก (Wet formation) โดยการนำเส้นใยมากระจายตัวในน้ำ แล้วดักเส้นใยด้วยตะแกรงแล้วนำไปตากจนแห้ง จากนั้นทำการยึดแผ่นเส้นใยด้วยวิธีทางเคมี (Chemical bonding) โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นสารช่วยยึด ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 ร้อยละโดยน้ำหนัก เติลือบสารช่วยยึดลงบนแผ่นเส้นใยด้วยวิธีการพิมพ์ นำไปอบจนแห้งและอบผึ่งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

3.4 การทดสอบสมบัติของแผ่นเส้นใย

3.4.1 การหาความหนาของแผ่นเส้นใย

ทำการปรับสภาวะแผ่นเส้นใยมาก่อนทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการวัดความหนาโดยใช้เครื่องวัดความหนา (Teclock Thickness Gauge) เพื่อหาความหนาโดยเฉลี่ยของแผ่นเส้นใย

3.4.2 การทดสอบความต้านทานต่อแรงดันทะลุ

ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3786-01 (Standard Test Method for Hydraulic Bursting Strength of Textile Fabrics – Diaphragm Bursting Strength Tester Method) โดยตัดแผ่นเส้นใยให้มีขนาด 5 x 5 นิ้ว ทำการปรับสภาวะชื้นตัวอย่างก่อนทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทำการทดสอบโดยยึดแผ่นเส้นใยกับเครื่องทดสอบ แล้วกดสวิตช์เพื่อให้เครื่องทดสอบดันแผ่นเส้นใย จนแผ่นเส้นใยเริ่มฉีกขาดให้หยุดเครื่องทดสอบ แล้วทำการบันทึกค่าที่ได้

3.4.3 ความสามารถในการซึมผ่านอากาศ

ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ISO EN 9237 พื้นที่ในการทดสอบ 500 ตารางมิลลิเมตร และแรงดัน 100 ปาสคาล โดยมีการนำแผ่นเส้นใยมาทำการปรับสภาวะก่อนทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง

3.4.4 การตกแต่งด้วยสารยับยั้งแบคทีเรีย

ทำการตกแต่งด้วยสาร Silver++G 100 ความเข้มข้น 3 ร้อยละโดยปริมาตร บนชิ้นตัวอย่าง วิธีการตกแต่งแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การฉีดพ่นและการบีบอัด เพื่อดูผลของความแตกต่างของวิธีการตกแต่ง สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

3.4.5 สัณฐานวิทยาของแผ่นเส้นใยที่ผ่านการตกแต่ง

นำแผ่นเส้นใยที่ผ่านการตกแต่งไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) เพื่อดูลักษณะการยึดเกาะและการกระจายตัวของอนุภาคเงินบนพื้นผิวของชิ้นตัวอย่าง

3.4.6 การทดสอบความสามารถในการป้องกันเชื้อแบคทีเรีย

ทำการทดสอบชิ้นตัวอย่างเชิงคุณภาพตามมาตรฐาน AATCC Test Method 147-1998 (Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials : Parallel Streak Method) และทดสอบชิ้นตัวอย่างเชิงปริมาณตามมาตรฐาน AATCC Test Method 100 - 1999 (Assessment of Antibacterial Finishes on Textile Materials)

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย

ผลการแยกเส้นใยจากใบอ้อยที่เวลาต่างๆ กันมีลักษณะดังภาพที่ 4.1 - 4.8



ภาพที่ 4.1 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 15 นาที



ภาพที่ 4.2 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 30 นาที



ภาพที่ 4.3 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 45 นาที



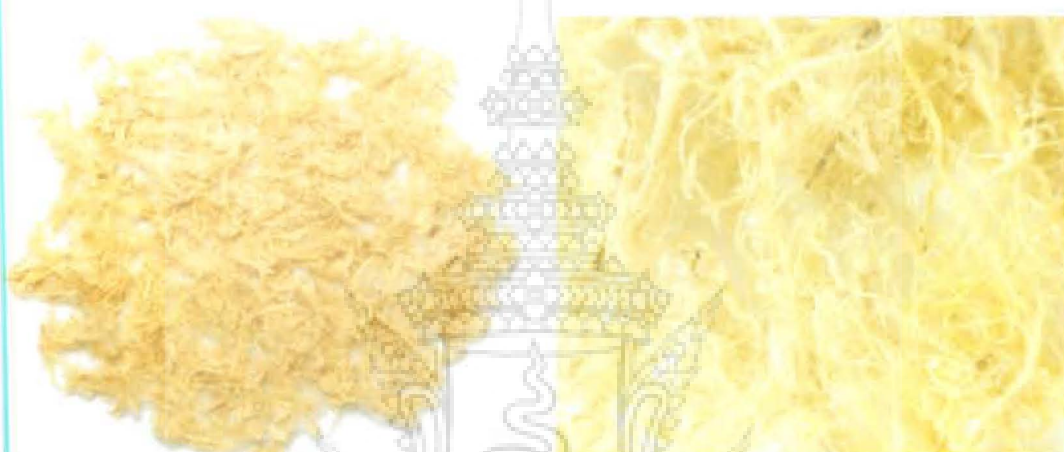
ภาพที่ 4.4 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 60 นาที



ภาพที่ 4.5 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 75 นาที



ภาพที่ 4.6 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 90 นาที



ภาพที่ 4.7 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 105 นาที



ภาพที่ 4.8 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกที่เวลา 120 นาที

เมื่อพิจารณาลักษณะของเส้นใยที่ผ่านการแยกที่เวลาต่างๆ กันพบว่า ประสิทธิภาพในการแยกเส้นใยเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการแยกเส้นใย เส้นใยในบริเวณใบสามารถแยกออกได้ ตั้งแต่ช่วง 30 - 45 นาที ส่วนก้านใบที่มีลักษณะที่แข็งกว่า ต้องใช้เวลาที่นานกว่าจึงสามารถแยกออกมาเป็นเส้นใยเดี่ยวได้ เวลาที่เหมาะสมสำหรับการแยกเส้นใยในส่วนนี้ คือ ช่วง 60 - 120 นาที แต่การใช้เวลาแยกเส้นใยที่นานเกินไป มีผลทำให้ได้เส้นใยจากการแยกในปริมาณน้อยลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกช่วงเวลา 60 นาที เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

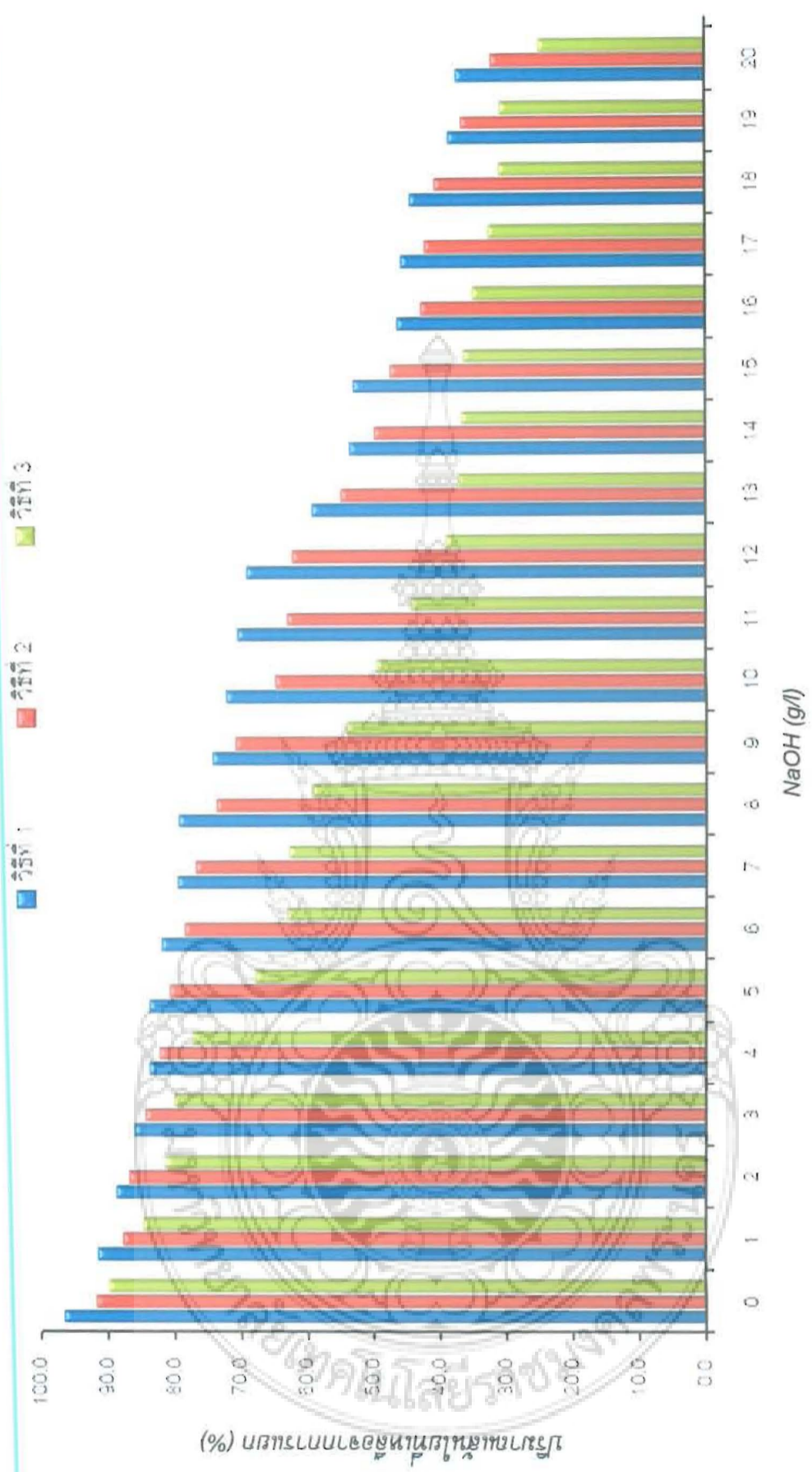


4.2 ผลการหาปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการแยกเส้นใย

ตารางที่ 4.1 ปริมาณเส้นใยใบอ้อยที่ได้จากการแยกด้วยวิธีต่างๆ

ตัวอย่างที่	NaOH (g/l)	เปอร์เซ็นต์เส้นใยที่เหลือจากการแยก		
		วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
1	0	96.58	91.72	89.82
2	1	91.50	87.65	84.79
3	2	88.83	86.85	81.31
4	3	86.13	84.35	80.15
5	4	83.88	82.37	77.42
6	5	83.78	80.86	68.00
7	6	82.05	78.62	63.24
8	7	79.71	76.97	62.97
9	8	79.49	73.83	59.48
10	9	74.34	71.01	54.30
11	10	72.25	64.89	49.67
12	11	70.49	63.02	44.36
13	12	69.22	62.28	39.10
14	13	59.34	54.95	37.28
15	14	53.68	49.88	36.73
16	15	53.03	47.58	36.39
17	16	46.45	42.86	35.17
18	17	45.81	42.35	32.65
19	18	44.59	40.85	31.04
20	19	38.75	36.69	30.94
21	20	37.44	32.21	25.12

* หมายเหตุ : วิธีที่ 1 ต้มแยกเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
 วิธีที่ 2 แช่ใบอ้อยในน้ำธรรมดา นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปต้มแยกเส้นใย
 วิธีที่ 3 แช่ใบอ้อยใน NaOH 1% w/v นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปต้มแยกเส้นใย



ภาพที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์เส้นใยไปน้อยที่เหลือจากการแยกเส้นใย

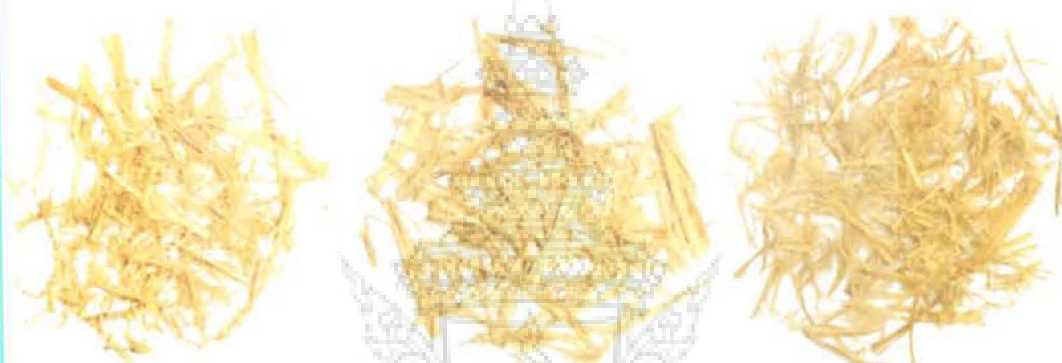


วิธีที่ 1

วิธีที่ 2

วิธีที่ 3

ภาพที่ 4.10 เส้นใยจากใบกล้วยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 2 กรัมต่อลิตร



วิธีที่ 1

วิธีที่ 2

วิธีที่ 3

ภาพที่ 4.11 เส้นใยจากใบกล้วยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 4 กรัมต่อลิตร



วิธีที่ 1

วิธีที่ 2

วิธีที่ 3

ภาพที่ 4.12 เส้นใยจากใบกล้วยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 6 กรัมต่อลิตร



วิธีที่ 1

วิธีที่ 2

วิธีที่ 3

ภาพที่ 4.13 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 8 กรัมต่อลิตร



วิธีที่ 1

วิธีที่ 2

วิธีที่ 3

ภาพที่ 4.14 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 10 กรัมต่อลิตร



วิธีที่ 1

วิธีที่ 2

วิธีที่ 3

ภาพที่ 4.15 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 12 กรัมต่อลิตร



วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 วิธีที่ 3
ภาพที่ 4.16 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 14 กรัมต่อลิตร



วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 วิธีที่ 3
ภาพที่ 4.17 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 16 กรัมต่อลิตร



วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 วิธีที่ 3
ภาพที่ 4.18 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 18 กรัมต่อลิตร



ภาพที่ 4.19 เส้นใยจากใบอ้อยที่ผ่านการแยกด้วย NaOH 20 กรัมต่อลิตร

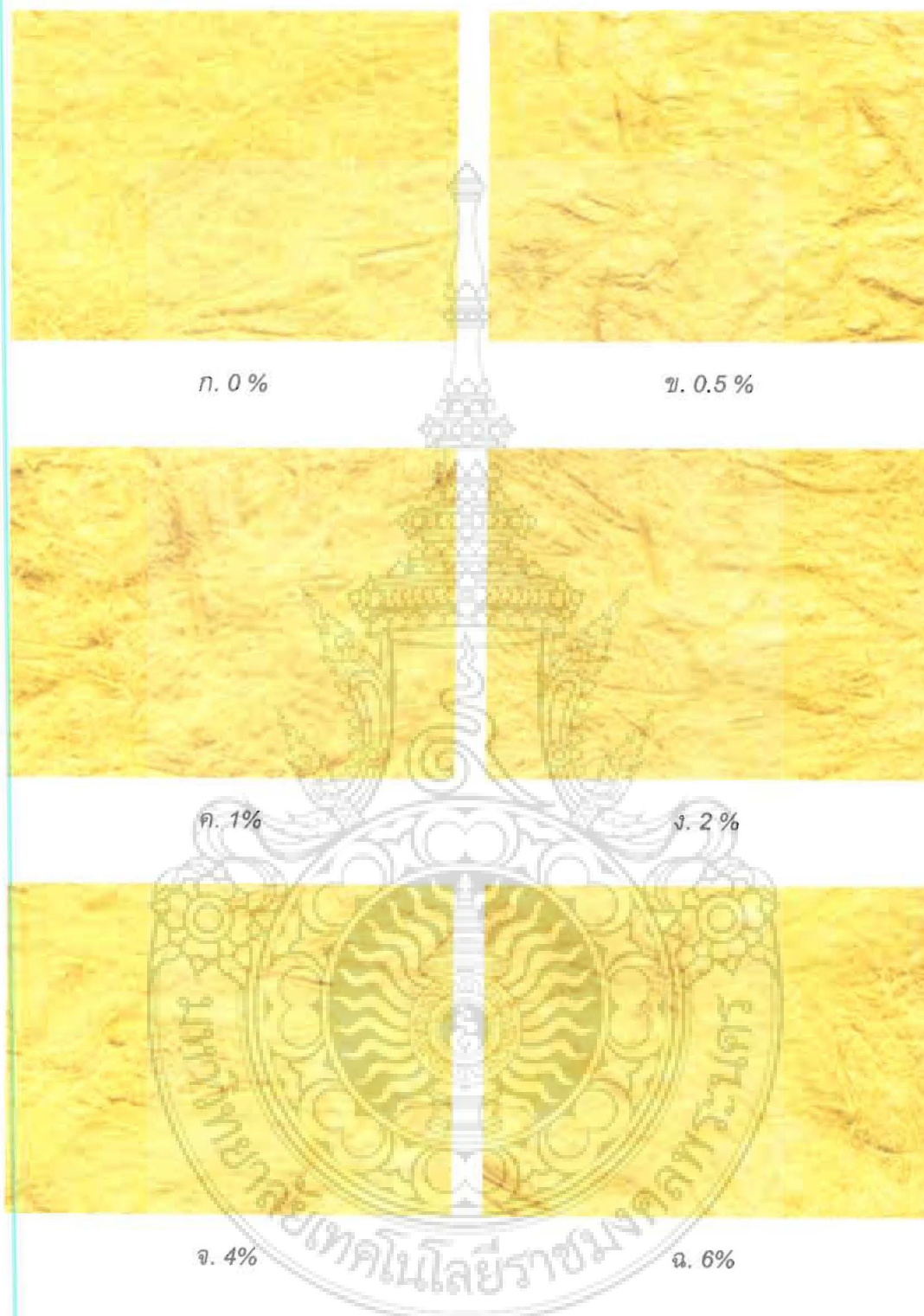
จากการทดลองพบว่า การเพิ่มปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการแยกเส้นใยสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกเส้นใยได้ดีขึ้น เนื่องจากใบอ้อยนอกจากมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักแล้วยังประกอบไปด้วย ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และสารแทรกอื่นๆ (Extractive) เช่น กรดไขมัน (Fatty acids) ไข (Waxes) ซึ่งสามารถที่กำจัดออกได้ด้วยสารละลายของด่างที่มีความเข้มข้นสูง การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณของที่สูงเกินไป ทำให้ได้เส้นใยที่เหลือจากการแยกออกมาในปริมาณน้อย เนื่องจากสามารถกำจัดองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่เซลลูโลสได้ดี โดยเฉพาะพวกสารแทรกอื่นๆ ทำให้เส้นใยที่ได้มีการกระจายตัวที่ดีขึ้น แต่ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากสารเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นสารช่วยยึดให้กับเส้นใยเมื่อนำไปขึ้นรูปและเสริมความแข็งแรงให้กับแผ่นเส้นใยได้

เมื่อเปรียบเทียบผลของวิธีการแยกเส้นใยทั้ง 3 วิธี คือ วิธีที่ 1 ต้มแยกเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ วิธีที่ 2 แช่ใบอ้อยในน้ำธรรมดานาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปต้มแยกเส้นใย และวิธีที่ 3 แช่ใบอ้อยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1% w/v นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปต้มแยกเส้นใย พบว่าการแช่ใบอ้อยก่อนที่จะนำต้มแยกเส้นใยช่วยทำให้ใบอ้อยอ่อนตัวและดูดซับน้ำและสารเคมีได้ดีขึ้นในขั้นตอนการแยกเส้นใย ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการแยกเส้นใยได้ดีกว่าเมื่อใช้ปริมาณสารเคมีเท่ากันในการแยกเส้นใย โดยวิธีที่ 3 ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะช่วยย่อยสลายสารลิกนินในระหว่างการแช่ การใช้วิธีนี้ทำให้สามารถช่วยลดเวลาในการต้มแยกเส้นใยได้

เมื่อพิจารณาผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการต้มแยกเส้นใยด้วยวิธีที่ 1 คือ 10 กรัมต่อลิตร เพราะสามารถแยกเส้นใยได้ดี ทั้งส่วนที่เป็นใบและก้านใบ ในกรณีที่ใช้วิธีการที่ 2 และ 3 สามารถลดปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เหลือ 8 - 9 กรัมต่อลิตร ก็สามารถให้ประสิทธิภาพในการแยกเส้นใยที่ใกล้เคียงกัน

4.3 ลักษณะของแผ่นเส้นใยที่ได้จากการขึ้นรูป

ลักษณะของแผ่นเส้นใยที่ได้จากการขึ้นรูปและยึดติดกันด้วยสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นต่างๆ มีลักษณะดังภาพที่ 4.20





ช. 8 %

ช. 10 %

ภาพที่ 4.20 ลักษณะของแผ่นเส้นใยที่ผ่านการยึดติดกันด้วยสารละลาย
พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากลักษณะของแผ่นเส้นใยที่ได้จากการทดลองพบว่า การใช้สารละลายพอลิไวนิล-แอลกอฮอล์ช่วยให้แผ่นเส้นใยที่ได้มีการยึดเกาะกันได้ดีขึ้น ฝุ่นผงและเศษเส้นใยสั้นที่เกิดจากการแตกหักของเส้นใยมีปริมาณลดลง การใช้ความเข้มข้นของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้แผ่นเส้นใยมีการยึดเกาะกันมากขึ้นและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่แผ่นเส้นใยที่ได้จะมีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้สารช่วยยึดที่เพิ่มขึ้น



4.4 สมบัติทางกายภาพของแผ่นเส้นใย

4.4.1 ความหนาของแผ่นเส้นใย

ค่าความหนาของแผ่นเส้นใยโดยเฉลี่ย ที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นต่างๆ กันแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความหนาของแผ่นเส้นใย

ชั้นตัวอย่างที่	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ความหนาโดยเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
1	0	0.730
2	0.5	0.415
3	1	0.472
4	2	0.520
5	4	0.531
6	6	0.578
7	8	0.580
8	10	0.617

จากผลการทดสอบ พบว่าปริมาณของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ใช้เป็นสารช่วยยึดมีผลต่อความหนาของแผ่นเส้นใย โดยความหนาของแผ่นเส้นใยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามการเพิ่มปริมาณของสารช่วยยึด เนื่องจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไปฟอร์มตัวเป็นฟิล์มเคลือบอยู่บริเวณบนผิวของเส้นใยทำให้ผิวหน้าของแผ่นเส้นใยมีความหนาเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นใบอ้อยที่ไม่ได้เคลือบพอลิไวนิลแอลกอฮอล์พบว่า แผ่นเส้นใยที่ผ่านการตกแต่งมีหนาดำกว่า เนื่องจากแผ่นใบอ้อยที่ไม่ได้เคลือบพอลิไวนิลแอลกอฮอล์นั้น มีแรงยึดเกาะกันในเส้นใยต่ำ เมื่อเส้นใยได้รับความชื้นจากอากาศจึงเกิดการพองฟูได้มากกว่า ในขณะที่เส้นใยที่ผ่านเคลือบพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ จะมีฟิล์มของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์คลุมอยู่ที่บนผิวหน้าของเส้นใย ซึ่งช่วยยึดเกาะเส้นใยไว้ทำให้การพองตัวของเส้นใยต่ำกว่าเมื่อได้รับความชื้นส่งผลให้ความหนาของแผ่นเส้นใยที่ได้มีค่าต่ำกว่า

4.4.2 ค่าความต้านทานแรงดันทะลุ

ค่าความต้านทานแรงดันทะลุของแผ่นเส้นใย ที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความต้านทานแรงดันทะลุของแผ่นเส้นใย

ชั้นตัวอย่างที่	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ความต้านทานแรงดันทะลุค่าเฉลี่ย (กิโลนิวตันต่อตารางเมตร)
1	0	13
2	0.5	20
3	1	25
4	2	53
5	4	87
6	6	103
7	8	136
8	10	168

จากผลการทดสอบ พบว่าแผ่นเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบด้วยสารพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีค่าความแข็งแรงต่ำ เส้นใยเกิดการแตกหักและเกิดเป็นฝุ่นได้ง่าย แต่เมื่อนำแผ่นเส้นใยมาทำการตกแต่งด้วยสารพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในปริมาณที่ต่างๆ กัน พบว่าการเพิ่มปริมาณของสารช่วยยึดส่งผลทำให้ความต้านทานต่อแรงดันทะลุของแผ่นเส้นใยเพิ่มขึ้น และการแตกหักของเส้นใยมีปริมาณลดลง เนื่องจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไปฟอร์มตัวเป็นฟิล์มเคลือบอยู่บริเวณบนผิวของเส้นใยทำให้เส้นใยเกิดการยึดเกาะกันได้ดี ส่งผลให้แผ่นเส้นใยมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน คือ ร้อยละ 2 - 4 โดยน้ำหนัก

4.4.3 ความสามารถในการซึมผ่านอากาศ

ค่าความสามารถในการซึมผ่านอากาศของแผ่นเส้นใย ที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.4

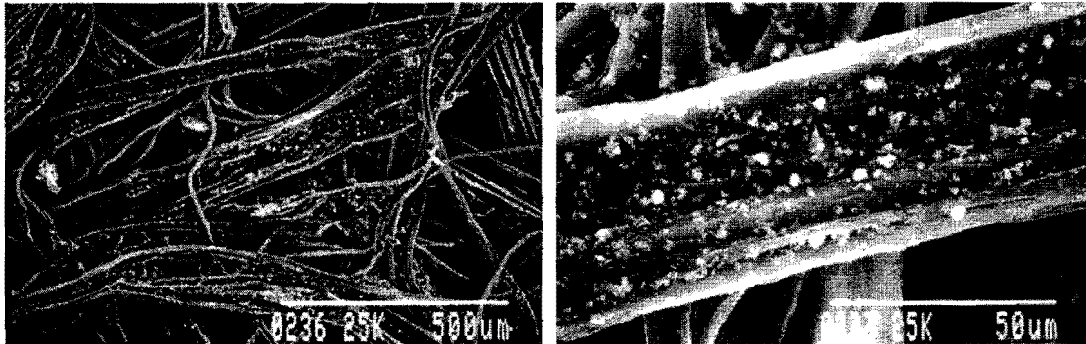
ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการซึมผ่านอากาศของแผ่นเส้นใย

ชั้นตัวอย่างที่	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ยความสามารถในการซึมผ่าน อากาศ (มิลลิเมตรต่อวินาที)
1	0	> 167
2	0.5	> 167
3	1	> 167
4	2	> 167
5	4	> 167
6	6	137
7	8	120
8	10	105

จากผลการทดสอบพบว่า ความสามารถในการซึมผ่านอากาศของแผ่นเส้นใยที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในทุกๆ ความเข้มข้นที่ทำการทดลองมีค่าการซึมผ่านอากาศอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ทุกชั้นตัวอย่างมีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานการทดสอบกำหนดไว้ (โดยมาตรฐาน ISO EN 9237 ได้กำหนดไว้ว่าวัสดุสิ่งทอที่มีอัตราการไหลผ่านของอากาศสูงกว่า 50 มิลลิเมตรต่อวินาทีขึ้นไป จัดว่ามีความสามารถในการซึมผ่านอากาศได้ดี)

4.5 สัณฐานวิทยาของแผ่นเส้นใยที่ผ่านการตกแต่ง

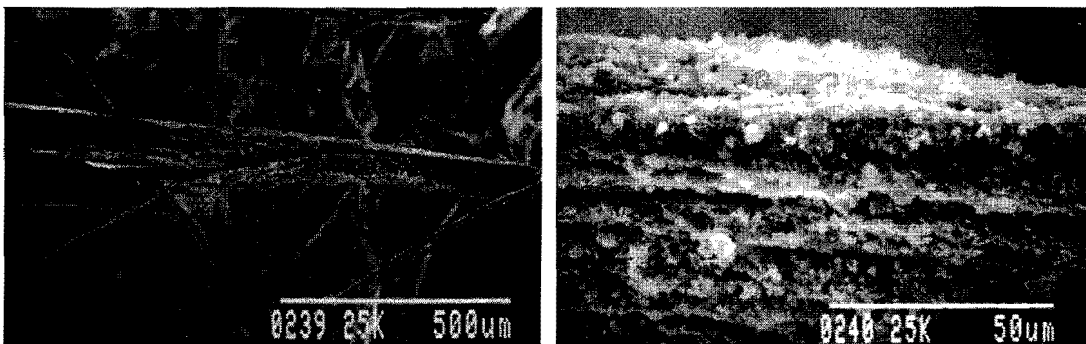
ผิวของเส้นใยที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารป้องกันแบคทีเรีย แสดงดังภาพที่ 4.21 - 4.22



กำลังขยาย 100 เท่า

กำลังขยาย 1,000 เท่า

ภาพที่ 4.21 ลักษณะผิวของเส้นใยที่ผ่านการตกแต่งด้วยวิธีบีบอัด



กำลังขยาย 100 เท่า



กำลังขยาย 1,000 เท่า

ภาพที่ 4.22 ลักษณะผิวของเส้นใยที่ผ่านการตกแต่งด้วยวิธีฉีดพ่น

จากผลการทดลองพบว่า การตกแต่งด้วยวิธีการบีบอัดมีการกระจายตัวของอนุภาคเงินดีและมีความสม่ำเสมอกว่าวิธีการแบบฉีดพ่น มีสารตกแต่งยึดเกาะบนผิวเส้นใยในปริมาณน้อย ส่วนการตกแต่งด้วยวิธีการฉีดพ่นมีปริมาณของอนุภาคเงินเกาะอยู่หนาแน่นกว่า แต่มีความสม่ำเสมอต่ำกว่าและอยู่เพียงด้านเดียว เนื่องจากการฉีดพ่นอนุภาคเงินลงบนผิวหน้าของวัสดุโดยตรง ทำให้มีปริมาณของอนุภาคเงินเป็นจำนวนมาก

4.6 ผลการทดสอบการป้องกันแบคทีเรีย

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการป้องกันแบคทีเรียในเชิงคุณภาพ

วิธีการตกแต่ง	ผลการทดสอบ	ลักษณะ
การฉีดพ่น	สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ พื้นที่ในการยับยั้งเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร	
การบีบอัด	สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ พื้นที่ในการยับยั้งเท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร	

จากผลการทดสอบการตกแต่งป้องกันแบคทีเรียด้วยอนุภาคเงินในเชิงคุณภาพ พบว่า ชิ้นงานตัวอย่างสามารถป้องกัน ยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ โดยวิธีการฉีดพ่นให้ผลการตกแต่งที่มีดีกว่าวิธีแบบบีบอัด

ตารางที่ 4.6 ผลของการทดสอบการป้องกันแบคทีเรียในเชิงปริมาณ

วิธีการตกแต่ง	ที่ช่วงเวลาเริ่มต้น (CFU / ชิ้นตัวอย่าง)	เวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง (CFU / ชิ้นตัวอย่าง)	การลดลงของเชื้อ แบคทีเรีย (%)
การฉีดพ่น	1.74×10^5	< 100	> 99.94
การบีบอัด	1.74×10^5	< 100	> 99.94

หมายเหตุ : CFU = Colony forming unit per sample

จากผลของการตกแต่งด้านแบคทีเรียด้วยอนุภาคเงินในด้านปริมาณ พบว่าการตกแต่งด้วยวิธีแบบฉีดพ่นและวิธีแบบบีบอัด ได้ผลการทดสอบอัตรามากกว่า ร้อยละ 99.94 แสดงว่า สามารถป้องกัน ยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเพื่อหากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตผ้าไม่ทอจากไบอ้อย พบว่า ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกเส้นใย คือ การต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 60 นาที โดยแช่ไบอ้อยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก (% w/v) นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปต้มแยกเส้นใย โดยมีปริมาณเส้นใยที่เหลือจากการแยกประมาณร้อยละ 49.67 มีเมื่อนำเส้นใยที่ได้จากการแยกไปขึ้นรูปเป็นแผ่นเส้นใยด้วยวิธี Wet laid และยึดติดแผ่นเส้นใยด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก (% w/v) อบผนึกที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 นาที ผ้าไม่ทอที่ได้จากการขึ้นรูปมีความหนาประมาณ 0.52 มิลลิเมตร ค่าความต้านทานแรงดึงตันทะลุ 53 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และมีความสามารถในการยอมให้อากาศไหลผ่านอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

สำหรับกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการตกแต่งป้องกันแบคทีเรีย คือ กระบวนการบิบบัด เนื่องจากสารตกแต่งมีการกระจายตัวดีและความสม่ำเสมอกว่าการใช้วิธีการแบบฉีดพ่น และให้ผลของการตกแต่งอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ผ้าไม่ทอที่ได้มีความสามารถในการป้องกันและยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดี โดยผ้าไม่ทอที่ผลิตได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแผ่นกรองอากาศ ทดแทนการใช้แผ่นกรองอากาศที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ได้



เอกสารอ้างอิง

1. เกษม สุขสถาน. อ้อย. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 26 – 42. 2515.
2. ผศ. บุษรา สร้อยระย้า. ศึกษาการพัฒนากระดาษจากใบอ้อยเพื่องานหัตถกรรมและบรรจุภัณฑ์. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์โชติเวช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 2547.
3. ปิยพล นาคเบญจพร, ไตรรงค์ ไกรสุรพงศ์, เพ็ญจิต ศรีนพคุณ และ ทรงศักดิ์ วัฒนชัย. 2546. การต้มเยื่อจากเปลือกปอสาด้วยกระบวนการฟอร์มาเซล.
4. วิทยา บัณสุวรรณ และ กนกอร วันสนุก. 2547. การวัดขนาดเส้นใย องค์ประกอบทางเคมี และผลิตเยื่อเคมีของกากอ้อย.
5. วิวัฒน์ อรรณพานุรักษ์. 2547. การวัดขนาดเส้นใย องค์ประกอบทางเคมีและผลิตเยื่อเคมีของยูคาลิปตัส.
6. สมชาย มณีวรรณ. การศึกษาสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย. หน่วยวิจัยพลังงานทางด้านความร้อนและส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2550.
7. Thermoplastic Poly (Vinyl Alcohol) (PVOH). Available Source : [http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=266#_Poly\(vinyl_alcohol\)](http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=266#_Poly(vinyl_alcohol)), November 19, 2007.
8. บริษัท ปตท. เคมีคอล จำกัด (มหาชน). 2548. โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ หรือ พีวีโอเอ็ช Poly (vinyl alcohol), PVOH. Norman and Henley. Gold Printing on Oilcloth and Imitation, แหล่งที่มา <http://www1.pttchem.com>, 11 พฤศจิกายน 2550.
9. จเร สดากร. 2527. การสำรวจรวบรวมพืชสกุลอ้อยในประเทศไทย. น. 64-66. ในการสัมมนาเรื่องแหล่งพันธุกรรมทางพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 2, 11-12 ตุลาคม 2527. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และคณะอนุกรรมการและประสานงานแหล่งพันธุกรรมทางพืช สภาวิจัยแห่งชาติ, บางเขน, กรุงเทพมหานคร.
10. อุดม พูลเกษ. 2527. อ้อย, น. 52-64 ในพฤษศาสตร์. พืชเศรษฐกิจ เล่ม 1. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
11. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. วิทยาศาสตร์สิ่งทอ > ผ้า (Fabrics). ที่มา <http://www2.mtec.or.th/th/research/textile/fabrics.html>, 18 ส.ค.52
12. สารานุกรมสำหรับเยาวชน เล่มที่ 5. อ้อย.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก



Granule (J series)

J-POVAL J series



Standard Type List of Quality Specifications

Classification	Product	Viscosity 4%, 20°C (mPa·s)	Degree of hydrolysis (mol%)	Remarks
Fully Hydrolyzed Type	JC-25	62-72	99.0 or higher	
	JC-33	110-150	99.0 or higher	
	JF-04	4.0-5.0	98.0-99.0	
	JF-05	4.5-6.5	98.0-99.0	
	JF-10	10-12	98.0-99.0	
	JF-17	28-32	98.0-99.0	
	JF-17L	28-32	98.0-99.0	Good low-temperature viscosity stability
	JF-20	35-45	98.0-99.0	
Medium Hydrolyzed Type	JM-05	4.5-6.5	93.0-95.0	
	JM-10	9.5-12.5	94.2-95.2	
	JM-17	25.5-29.5	95.5-97.5	
	JM-17L	25.5-29.5	95.0-97.0	Good low-temperature viscosity stability
	JM-17L(DL)	25.5-29.5	95.0-96.0	
	JM-23	53-61	96.0-98.0	
	JM-26	65-75	95.5-97.5	
	JM-33	85.0-115	93.5-95.5	
	JT-05	4.5-6.5	93.5-94.5	
	JT-13	14.5-18.5	92.5-94.5	
	JT-15	17.0-21.0	91.5-95.5	
Partially Hydrolyzed Type	JP-04	3.5-4.5	86.0-90.0	
	JP-05	4-6	87.0-89.0	
	JP-10	8-9	86.0-90.0	
	JP-15	15-19	86.0-90.0	
	JP-18	23-27	87.0-89.0	
	JP-20	30-34	87.0-89.0	
	JP-24	40-50	87.0-89.0	
	JP-27	48-56	87.0-89.0	
	JP-33	70-80	86.5-89.5	
	JP18E	23-27	86.0-90.0	High emulsification capability
	JP-20E	30-34	86.0-90.0	
	JP-24E	40-50	86.0-90.0	
	JL-05E	4-6	80.0-84.0	High emulsification capability
	JL-18E	22-26	83.0-86.0	High adhesion to hydrophobic resins
	JL-22E	31-39	78.0-81.0	Has a cloud point
	JL-25E	44-52	78.5-80.5	
	JR-05	5-7	70.0-74.0	

Granule (J series)

J-POVAL J series



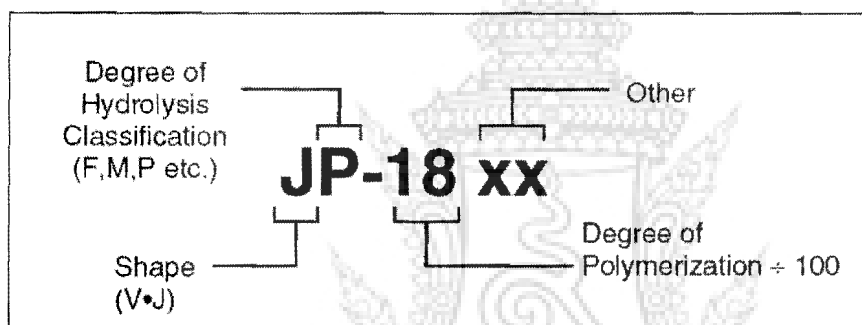
Fine Powder Type List of Quality Specifications

Classification	Product	Viscosity 4%, 20°C (mPa·s)	Degree of hydrolysis (mol%)	Remarks
Fully Hydrolyzed Type	JF-17S	28-32	99.5-98.0	#100 pass product
Medium Hydrolyzed Type	JM-17LS	25.5-29.5	94.0-98.0	#100 pass product
Partially Hydrolyzed Type	JP-05S	4-6	86.0-90.0	#100 pass product
	JP-15S	15-19	86.0-90.0	
	JP-18S	23-27	86.0-90.0	
	JP-20S	27-33	86.0-90.0	
	JP-24S	40-50	86.0-90.0	

•pH value in 4% solution: 5-7 (at 20°C).

•The quality specification of J POVAL is based on JIS K 6726 (Test Method to Polyvinyl Alcohol).

Product Name Explanation



Granule (J series)

LEOVAL



Standard Type List of Applications

Classification	Product	Textiles			Paper Processing		Adhesives		Dispersant		Film Formation		Caking Agents		Construction		Other				
		Span	Filament	Hard finish of textiles	Clear coating	Pigment coating	Paper adhesive	Remoistenable adhesive	Plywood adhesive	Vinyl acetate emulsion polymerization	Vinyl chloride suspension polymerization	Film	Sponge, grindstone	Ferrie, ceramics	Agricultural chemicals, seeding, planting soil granulation	Cement mortar	Gypsum board	Photosensitive membrane	Acetal resin	Costrutics	Soil stabilization
Fully Hydrolyzed Type	JC-25			○			○														
	JC-33										○										
	JF-04				○	○			○				○								
	JF-05				○	○			○				○								○
	JF-10				○	○			○				○								
	JF-17	○		○	○	○		○	○				○	○	○					○	○
	JF-17L								○												
JF-20							○		○												
Medium Hydrolyzed Type	JM-05						○		○	○											
	JM-10						○		○	○											
	JM-17	○		○			○		○	○											
	JM-17L						○		○	○											
	JM-17L(DL)						○		○	○											
	JM-23						○		○	○											
	JM-26						○		○	○											
	JM-33						○		○	○											
	JT-05						○		○	○			○								
JT-13	○					○		○	○												
JT-15						○		○	○												
Partially Hydrolyzed Type	JP-04				○		○	○	○	○			○								○
	JP-05	○	○		○		○	○	○	○			○	○	○		○				○
	JP-10								○	○			○								
	JP-15								○	○						○					
	JP-18	○	○	○	○		○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○			
	JP-20						○	○	○	○						○					
	JP-24						○	○	○	○								○			
	JP-27						○		○	○											
	JP-33						○		○	○											
	JP-18E	○							○	○											
	JP-20E								○	○											
	JP-24E								○	○											
	JL-05E		○						○	○			○								
	JL-18E		○						○	○											
	JL-22E								○	○											
JL-25E								○	○												
JR-05								○	○			○									

*S signifies that the information applies to the fine powdered type.

MSDS : Polyvinyl Alcohol

Page 1 of 5
 First issue: Jan.16, 2002
 Revised: July 3,2007
 MSDS No.:PVA,07-03E



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Product Name:  Polyvinyl Alcohol

Manufacturer

Company Name: JAPAN VAM & POVAL CO., LTD.
 Address: 11-1, Chikko Shinmachi 3-cho,
 Nishi-ku, Sakai, Osaka, 592-8331, JAPAN
 Telephone No. +81-72-245-1133
 FAX No. +81-72-245-8144
 e-mail sds@j-vp.co.jp

EMERGENCY TELEPHONE

JAPAN VAM & POVAL CO., LTD. (Sales & Marketing Dept.)
 Telephone No. +81-72-245-1133 (FAX. +81-72-245-8144)
 8:55am - 5:30pm (Japan Time)

2. HAZARDS IDENTIFICATION.

[GHS classification] It doesn't correspond to a standard for GHS classification.

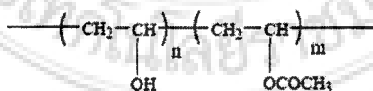
May be harmful if inhaled and ingested.
 May cause eye and skin irritation.
 Dust explosion may be caused.

NFPA : HR= health-0, flame-2, react-0

3. COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

Chemical Description: Polyvinyl Alcohol

Formula:



Composition / Information on ingredients:

Polyvinyl Alcohol	over 94% purity
CAS Registry No.:	9002-89-5 (Fully Hydrolyzed) 25213-24-5 (Partially Hydrolyzed)
TSCA (USA):	On Inventory
EINECS (EU):	209-183-3 (Fully Hydrolyzed) 209-183-3. 203-545-4(Partially Hydrolyzed)
DSL (CANADA)	On Inventory
AICS (AUSTRALIA)	On Inventory
ECL (SOUTH KORIA)	KE-29060
IECSC (CHINA)	On Inventory

4. FIRST AID MEASURES

Inhalation:	No special measures are necessary. Remove to fresh air.
Eye Contact:	Immediately rinse eyes thoroughly, including under eyelids, with running water for at least 15 minutes.
Skin Contact:	Remove contaminated clothes and shoes, rinse skin with plenty of water.
Ingestion:	Emit by drinking water of room temperature. If poisoning occurs, contact a doctor or poisons information center.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

Flammable Properties

Flashpoint and Method:	above 70°C
Flammable Limits:	Not applicable
Auto Ignition Temperature:	440°C
Combustibility:	Low
Special Fire and Explosion Hazard	Dust form explosive mixture with air. (120m] / (35mg / m ³) }

Extinguishing media: Water, Powder extinguisher, CO₂, Chemical foam

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Land Spill:	Sweep up and collect for disposal, remove with a shovel or any suitable equipment. Collect in a convenient manner to avoid dusty conditions.
Water Spill:	When solution is abundant, it collects. It discharges, after carrying out activated sludge processing, when it mixes in waste water.

7. HANDLING AND STORAGE

- Handling:** Avoid contact with eyes, skin and clothing. Handle material with suitable protection.
- Storage:** Keep dry (Avoid moisture and high temperature)
Store away from sunlight in well ventilated dry place at room temperature.
-

8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

Engineering Measure: Installation of partial exhaust equipment is desirable.

Personal Protective Equipment:

- Respiratory protection:** Respirator or Dust mask
Eye/Face protection: Safety Glasses (Goggles)
Skin Protection: Safety gloves and Protective clothing.
-

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

- Appearance:** Powder or Granular
Color: White or Creamy
Odor: Mild
Boiling Point : Not applicable
Melting Point : Over 200°C
Decomposition Point : Over 200~250°C
Vapor Pressure: Not applicable
Vapor Density: Not applicable
pH 5~7 (at 4wt% water solution)
Solubility in Water: Soluble in hot water, slightly soluble in cold water.
Temperatures of 90~95°C are generally required for complete solution.
Specific Gravity : 1.19~1.31
-

10. STABILITY AND REACTIVITY

Chemical Stability:	Stable
Conditions to Avoid:	Avoid moisture and high temperature
Hazardous Decomposition Products:	Hazardous gases produced are carbon monoxide from partial combustion

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Polyvinyl Alcohol is safe and non-toxic material when properly handled. Feeding studies on laboratory animals have indicated a very low order of oral toxicity. Since all Polyvinyl Alcohol are made as technical quality, however, they are not recommended for inclusion in any food or other preparation which might be taken internally. Polyvinyl Alcohol is primarily not a skin irritant and does not produce skin contact sensitization.

Acute Toxicity Oral LD50	(rat) >2,000mg/kg
Dermal LD50	(rat) >2,000mg/kg
(IRI PROJECT No. 552896,552901 1992)	

Chronic Exposure: Not available

NTP : Not listed

IARC : Not classifiable as to Carcinogenicity to Humans (Group 3)

OSHA : Not listed

ACGIH : Not listed

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Ecotoxicity:

Fish Toxicity:

LC50>1,000mg/L over 48hours of exposure, fully hydrolyzed Polyvinyl Alcohol (Investigated in killifishes)

Inhibition of activity of waste water/bacteria in acclimated domestic slug microorganisms:

In such situations, Polyvinyl Alcohol present does not inhibit the metabolism of existing activated slug microorganisms. Activated slug microorganisms can be acclimated to Polyvinyl Alcohol under conditions attainable in conventional waste water treatment systems.

Environmental fate:

Chemical Oxygen Demand: 60~100 (mg/kg) × 10⁴ (JIS K-0102)

Biological Elimination: Polyvinyl Alcohol has a negligible biochemical oxygen demand.

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Comply with all national and local regulations.
Do not dump this material into sewers, on the ground or into any body of water.
In accordance with government regulations for the disposal of special waste.
Incinerate in an approved incinerator, according to government regulations.
Dispose of waste disposal contractor to a regulated landfill.

14. TRANSPORT INFORMATION

IATA : Not Restricted
DOT : Not a Hazardous Material for DOT shipping

15. REGULATORY INFORMATION

US Regulations ;
NTP Test. Prog.
EPA : CERCLA PQ=Not listed
 : EPCRA TPQ=Not listed
OSHA : TQ=Not listed

EU Regulations :
SYMBOL : -----
R-phrases : -----
S-phrases : -----
EC Index No. : Not listed

16. OTHER INFORMATION

No specific notes

This information is furnished without warranty, express or implied, except that it is accurate to the best knowledge of JAPAN VAM & POVAL CO., LTD. It relates only to the specific material designated herein, and does not relate to use in combination with any other material or in any process. JAPAN VAM & POVAL CO., LTD. assumes no legal responsibility for use of or reliance upon this information.

Silver ++ 100[1].doc



Silver++ 100 series

Antimicrobial agent for different kind of applications:

Physical properties:

Appearance	: White powder
Moisture content	: < 0.8 %
Average particle size	: 1.6±0.5um
Temperature Stability	: stable up to ≤1300 C
Water Disolubility	: < 0.01 ppm
Density	: 0.4g per cub. cm
Solubility (dispersion)	: 10g/l (D.I. water)
pH value	: 5-6

Antimicrobial Mechanism

Silver++100 series product is inorganic antimicrobial agent maintain certain high activities and release slowly from inorganic carrier, then dissociates to the surface of generatrix material. If touch with bacteria surface, the silver-ion will bring Coulomb gravitation with electronegative organized enzymes into bacteria which can be absorbed by it and react with active group -SH, -NH of the enzyme albumen and curdle the protein so that it can destroy the activity of cellular complex enzyme and kill the bacteria. Then the Silver ion will dissociate from destroyed bacteria and combine with other bacteria to repeat the process.

Application

Silver++100 series product can be applied to the fields of sanitation ceramic, ground and wall tiles, daily ceramics, sheets, extruded or molded parts plastics of PE, PP, ABS, Chemical fiber spinning, paints, paper and coating.

Fields of application

Food related container and packaging materials such as films, foils and food processing equipment such as gloves, brushes, wiping cloths. It also works with food industry working environment apparatus such as kitchen boards, knife handle and even floor covering.

Plastic polymer

Molding/Extruding thermoplastic polymer

0.5-1 % Silver ++P-100

Silver ++ 100[1].doc



Silver++ 100 series

For ceramic industry, it is particular suitable for bathroom ceramic, ground and wall tiles which are used for food industry or medical environment with sanitary requirement.

Ceramic Industry
3-4 % Silver ++ C-100

For Fibre spinning, the Silver++ Y-100 is compatible with the polymer chips for melted together and extruding out by wet or dry spinning process

Fibre Spinning Industry
0.5-1 % Silver ++Y-100

General processing, it can apply on different kind of coating, paint, cosmetics and paper industry:
General process
0.2-1% Silver++G-100

Medicals equipment
1-3% Silver++M-100 liq

Storage

12 months in unopened original container.

The above information submitted in this publication is based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application, these data do not relieve processors of the responsibility of carrying out their own tests and experiments; neither do they imply any legally binding assurance of certain properties or of suitability for a specific purpose. It is the responsibility of those to whom we supply our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed.

Silver-Tech B.V.

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Product Identification

Product Name	Silver ++ G-100
Chemical Name / Chemical Composition	Silver nanocrystals
Chemical Family	Ionized silver particle
Chemical Formula	Being a mixture it does not have specific chemical formula
CAS Reg. No.	Being a blend / mixture of more than one component it does not have any specific CAS No. 7761-8 8-8
Product No.	Not Established
Product and/or Components Entered on EPA's TSCA Inventory	Yes

2. Physical Data

Appearance	Powder form
Odor	Not specific
Solubility in Water	0.01ppm
Flash Point	N/A

3. Reactivity Data

Stability / Shelf Life	Stable / > 6 Months if stored properly
Conditions to Avoid	Not Established
Incompatibility (Materials to Avoid)	None
Hazardous Polymerization	Will Not Occur
Conditions to Avoid	Not Established
Hazardous Decomposition Products	None

4. Personal Protection Information

Ventilation	Use adequate ventilation to control dust below. Recommended exposure levels. Local exhaust and mechanical ventilation system is recommended if handled in a confined area
Respiratory Protection	For concentrations exceeding the recommended exposure level, use NIOSH approved air purifying respirator (dust).
Eye Protection	Use safety glasses with side shields
Skin Protection	No special garments required. Avoid unnecessary skin contamination with material

NOTE: Personal protection information shown in Section D is based upon general information as to normal uses and conditions. Where special or unusual uses or conditions exist, it is suggested that the expert assistance of an industrial hygienist or other qualified professional be sought.

Silver-Tech B.V.

5. Handling and Storage Precautions

Avoid contact with eyes, skin or clothing. Avoid breathing dust. Wash thoroughly after handling. Launder contaminated clothing before reuse. Wear protective equipment and/or garments described in Section D if exposure conditions warrant. Use with adequate ventilation. Store in well-ventilated area. Store in closed container.

6. Health Hazard Data

Recommended Exposure Limits:

Control as Particulate Not Otherwise Classified (PNOC) or Regulated: OSHA ACGIH PEL TLV* Respirable Fraction 5 mg/m³ 3 mg/m³. Total Dust 15 mg/m³ 10 mg/m³. * The value is for inhalable (total) particulate matter containing no Asbestos.

Acute Effects of Overexposure:

Eye: May cause irritation to the eyes.
Skin: May cause redness and itching.
Inhalation: May cause irritation to the mucous membranes of the nose, throat and upper respiratory tract.
Ingestion: May cause gastrointestinal tract irritation, diarrhea and upset.

Subchronic and Chronic Effects of Overexposure:

Repeated inhalation of high dust concentrations may cause delayed lung injury.

Other Health Effects:

No known applicable information.

Health Hazard Categories:

Animal Human Animal Human Known Carcinogen _____ Toxic _____ Suspect Carcinogen _____ Corrosive _____
 Mutagen _____ Irritant _____ Teratogen _____ Target Organ Toxin _____ Allergic Sensitizer _____ Specify - No
 known applicable information. Highly Toxic _____

First Aid and Emergency Procedures:

Eye: Flush eyes with running water. If irritation or adverse symptoms develop, seek medical attention.
Skin: Wash skin with soap and water. If irritation or adverse symptoms develop, seek medical attention.
Inhalation: Remove from exposure. If illness or adverse symptoms develop, seek medical attention.
Ingestion: If illness or adverse symptoms develop, seek medical attention.

7. Fire and Explosion Data

Fire Extinguishing Media: Water, foam, dry chemical or carbon dioxide (CO₂)

Special Fire Fighting Procedures: Evacuate area of all unnecessary personnel. Wear appropriate safety equipment for fire conditions including NIOSH self-contained breathing apparatus (SCBA) and other protective equipment and/or garments described in Section D if exposure conditions warrant.

8. Spill, Leak and Disposal Procedures

Precautions Required if Material is Released or Spilled: Wear protective equipment and/or garments described in Section D if exposure conditions warrant. Contain spill. Keep out of water sources and sewers. Control dust. If concentrations of finely divided powdered material in air are high, eliminate all possible ignition sources. Sweep up and place in impervious bags or containers. Becomes slippery when wet. **Waste Disposal (Insure Conformity with all Applicable Disposal Regulations):** Place in a permitted waste disposal facility.

Silver-Tech B.V.

9. DOT & IATA Transportation

Shipping Name:	Not Restricted by sea / land / air.
Hazard Class:	Not Restricted by sea / land / air.
ID Number:	Not Restricted by sea / land / air.
Packing Group:	Not Restricted by sea / land / air.
Marking:	Not Restricted by sea / land / air.
Label:	Not Restricted by sea / land / air.
Placard:	Not Restricted by sea / land / air.
Hazardous Substance/RQ:	Not Restricted by sea / land / air.
Shipping Description:	Not Restricted by sea / land / air.
Packaging References:	Not Restricted by sea / land / air.

10. RCRA Classification - Unadulterated Product as a Waste

Prior to disposal, consult your environmental contact to determine if TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure, EPA Test Method 1311) is required. Reference 40 CFR Part 261.

11. Protection Required for Work on Contaminated Equipment

Contact immediate supervisor for specific instructions before work is initiated. Wear protective equipment and/or garments described in Section D if exposure conditions warrant.

12. Hazard Classification

This product meets the following hazard definition(s) as defined by the Occupational Safety and Health Hazard Communication Standard (29CFR Section 1910.1200): Combustible Liquid Flammable Aerosol Oxidizer Compressed Gas Explosive Pyrophoric Flammable Gas Health Hazard (Section F) Unstable Flammable Liquid Organic Peroxide Water Reactive Flammable Solid Based on information presently available, this product does not meet any of the hazard definitions of 29 CFR Section 1910.1200.

13. Additional Comments

As of the preparation date, this product did not contain a chemical or chemicals subject to the reporting requirements of Section 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 and 40 CFR Part 372. NFPA 704 Hazard Codes - - - - - Signals Least - 0 Health : 0 Slight - 1 Flammability: 0 Moderate - 2 Reactivity : 0 High - 3 Special Haz.: - Extreme - 4

14. Transport Information

Product is not classified as dangerous for transport.
Additional information: keep away from foodstuffs.

Silver-Tech B.V.

15. Regulations

01 Classification acc. To. EC directives:

Not classified as hazardous substance according to the classification, packing and labeling of dangerous substance regulations (EC council directive 67/548/EEC and 88/379/EEC.Amended).

02 National regulations:

WGK (water pollution class):not known

Classification according to the German water resources Act.

16. Other Information

N.A.:not applicable

n.d.a.:not data available

last revision d.d:

Jun.2007

This product should be stored, handled and used in accordance with good industrial hygiene practices and in conformity with any legal regulations. The information contained herein is based on the present state of our knowledge and is intended to describe our products from a point of view of health safety requirements. It should not therefore be considered as guaranteeing specific properties.

Silver-Tech B.V. believes that the information contained herein (including data and statements) is accurate as of the date hereof. NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE OR ANY OTHER WARRANTY, EXPRESS OR IMPLIED, IS MADE AS CONCERNS THE INFORMATION HEREIN PROVIDED. The information provided herein relates only to the specific product designed and may not be valid where such product is used in combination with any other materials or in any process. Further, since the conditions and methods of use of the product and information referred to herein are beyond the control of Silver-Tech B.V. expressly disclaims any and all liability as to any results obtained or arising from any use of the product or such information. No statement made herein shall be construed as a permission or recommendation for the use of any product in a manner that might infringe existing patents.

Silver-Tech B.V.:

Email: mail@silverplusplus.com Website: www.silverplusplus.com

Asia Pacific regional office: 29-33, Wing Hong St., Cheung Sha Wan., HongKong

Tel: +852-2242-6933 ; Fax: +852-2242-6632

Email: mail@silverplusplus.com Website: www.silverplusplus.com





Test Report

APPLICANT: SAFE CHEM LTD

Memo No: BC- 12010

ADDRESS: BANGCHAK, PRAKANONG, BANGKOK 10260, THAILAND

SAMPLE DESCRIPTION:

SAMPLE SPECIFICATION: D. E. TWO (2) SAMPLES IN YELLOW.

SAMPLE RECEIVED CONDITION: SAMPLE IN CLOSED PLASTIC BAG

TESTS CONDUCTED:

AS REQUESTED BY THE APPLICANT. FOR DETAILS REFER TO ATTACHED PAGE(S)

COMMENT:

TESTED SAMPLE	ANTIBACTERIAL ACTIVITY (AATCC-100)	RESULT
TESTED SAMPLES	AGAINST <i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	ACCEPTABLE & SIGNIFICANT

TO BE CONTINUED

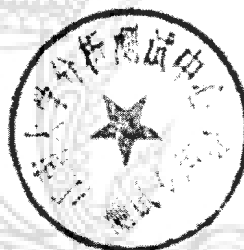
PREPARED AND CHECKED BY:

FOR TESTING & ANALYSIS CENTER, JIANGNAN UNIVERSITY, WUXI

Li Jianghua

LI JIANGHUA

ASSOCIATE PROFESSOR



Page 1 of 2



Memo No: BC- 12010

ANTIBACTERIAL ACTIVITY TEST (QUANTITATIVE)

WITH REFERENCE TO AATCC TEST METHOD 100-1999.

ULTRAVIOLET STERILIZATION OF SAMPLE BEFORE TEST.

INCUBATION TEMPERATURE : 37°C.

CONTACT TIME: 24 HOURS

NEUTRALIZING SOLUTION: 0.85% SODIUM CHLORIDE SOLUTION

AGAR MEDIUM: NUTRIENT AGAR.

INCUBATION CONDITION OF PLATES: 37 ± 2°C for 48 h

TEST CULTURE : *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* (ATCC 6538).

RESULT :

SPECIMEN	Counts At "0 Hr" Contact Time (CFU/ SPECIMEN)	Counts At "24hr" Contact Time (CFU/ SPECIMEN)	Percentage Of Reduction %
D	1.74×10^5	<100	>99.94
E	1.76×10^5	<100	>99.94

This report is for exclusive use of the client and cannot be reproduced without permission from Jiangnan University

*CFU = Colony forming units per sample

NOTE: Percentage of Reduction(%) = (Counts At "0 Hr" Contact Time (CFU/SPECIMEN) - Counts At "24hr" Contact Time (CFU/ SPECIMEN)) / Counts At "0 Hr" Contact Time(CFU/SPECIMEN) × 100

Reference Rating*:

% Reduction	ANTI-BACTERIAL ACTIVITY
0%	NOT ACCEPTABLE
<50%	INSIGNIFICANT
>50%	ACCEPTABLE
>95%	ACCEPTABLE & SIGNIFICANT

*** End of Report ***

Page 2 of 2



Test Report

APPLICANT: SAFE CHEM LTD

Memo No: BC- 12010

ADDRESS: BANGCHAK, PRAKANONG, BANGKOK 10260, THAILAND

SAMPLE DESCRIPTION:

SAMPLE SPECIFICATION: D. E. TWO (2) SAMPLES IN YELLOW.

SAMPLE RECEIVED CONDITION: SAMPLE IN CLOSED PLASTIC BAG.

TESTS CONDUCTED:

AS REQUESTED BY THE APPLICANT. FOR DETAILS REFER TO ATTACHED PAGE(S).

TO BE CONTINUED

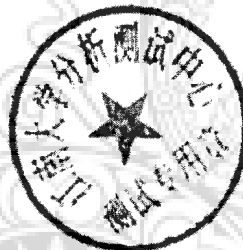
PREPARED AND CHECKED BY:

FOR TESTING & ANALYSIS CENTER, JIANGNAN UNIVERSITY, WUXI

Li Jianghua

LI JIANGHUA

ASSOCIATE PROFESSOR



Page 1 of 2



Memo No: BC- 12010

ANTIBACTERIAL ACTIVITY TEST-PARALLEL STREAK METHOD**(QUALITATIVE)**

WITH REFERENCE TO AATCC TEST METHOD 147-1998.

ULTRAVIOLET STERILIZATION OF SAMPLE BEFORE TEST.

INCUBATION TEMPERATURE : 37°C.

INCUBATION PERIOD : 18 - 24 HOURS.

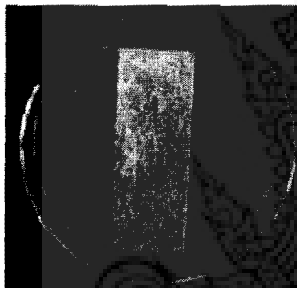
AGAR MEDIUM: NUTRIENT AGAR.

TEST CULTURE : *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* (ATCC 6538).

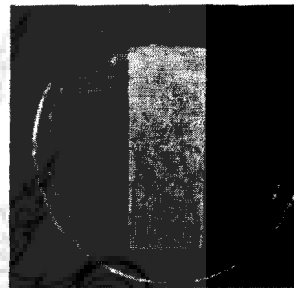
TEST SPECIMEN : 25 × 50mm / RECTANGULAR / FACE SURFACE OF SUBMITTED SAMPLE.

RESULT :

SPECIMEN	RESULT
D	NO GROWTH WAS OBSERVED DIRECTLY UNDERNEATH THE TESTED SPECIMEN WITH 0.5 mm CLEAR ZONE
E	NO GROWTH WAS OBSERVED DIRECTLY UNDERNEATH THE TESTED SPECIMEN WITH 0.3 mm CLEAR ZONE



D

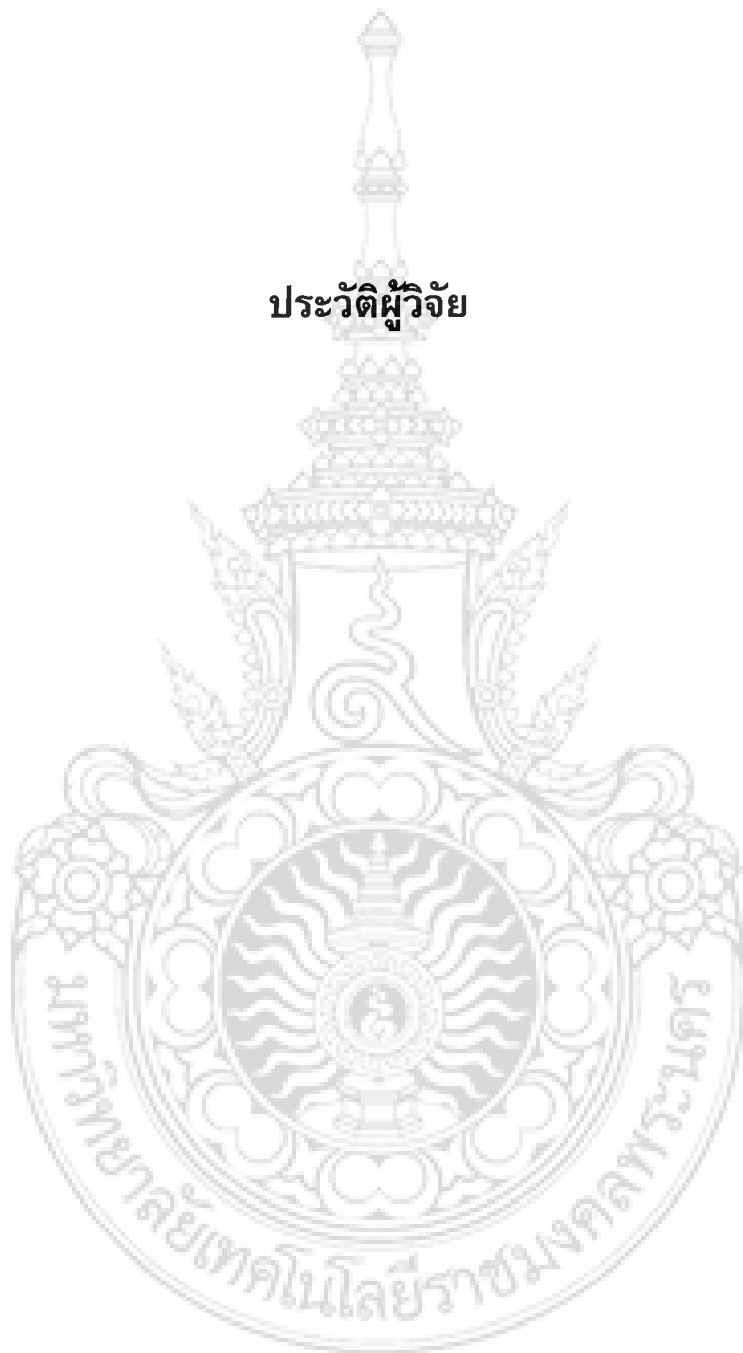


E

*** End of Report ***

Page 2 of 2

ประวัติผู้วิจัย



ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวกาญจนา ลือพงษ์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Kanchana Luepong
2. เลขหมายบัตรประชาชน 5 1017 00050 83 4
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 5
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร
ชื่อสถานที่ทำงาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
517 ถนนนครสวรรค์ แขวงสวนจิตรลดา เขตดุสิต
จังหวัดกรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10300
โทรศัพท์ 0-2629-9152-7 ต่อ 3003 โทรสาร 0-2282-3718, 0-2629-9151
E-mail Address : kanchana.l@rmutp.ac.th
ที่อยู่ปัจจุบัน
49/1 ซอยสุขร่วมกัน เขตดินแดง จังหวัดกรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10400
โทรศัพท์ (บ้าน) 0-2277-4314 โทรศัพท์ (มือถือ) 081-843-0850
5. ประวัติการศึกษา
 - 2538 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ.ชั้นสูง (ปวส.) เคมีสิ่งทอ
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
 - 2542 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ. เคมีสิ่งทอ)
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
 - 2546 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม. เคมี)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. ผลงานวิจัย
 1. การลดความเข้มข้นของสีที่เหลือในน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมโดยวิธีการออกซิเดชันและรีดักชัน
 2. การลอกกาวย้อมด้วยยางมะละกอ
 3. เครื่องย้อมกกอัดโนมัติ (ระบบต่อเนื่อง)
 4. การนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นกลับมาใช้ใหม่
 5. การพัฒนาอุปกรณ์พิมพ์สกรีนต้นแบบเพื่องานอุตสาหกรรมสิ่งทอ
 6. การผลิตผ้าไม่ทอจากไบอ้อย

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวนงนุช ศศิธร
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Nongnut Sasithorn
2. เลขหมายบัตรประชาชน 3 1014 01787 17 1
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย (อาจารย์)
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร
ชื่อสถานที่ทำงาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
517 ถนนนครสวรรค์ แขวงสวนจิตรลดา เขตดุสิต
จังหวัดกรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10300
โทรศัพท์ 0-2629-9152-7 ต่อ 3003, 3010 โทรสาร 0-2282-3718, 0-2629-9151
E-mail Address : nongnut.s@rmutp.ac.th
ที่อยู่ปัจจุบัน
387 ซอยเพชรเกษม 53 ถนนเพชรเกษม แขวงบางแค
เขตบางแค จังหวัดกรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10160
โทรศัพท์ (บ้าน) 0-2455-4976 โทรศัพท์ (มือถือ) 086-633-6122
5. ประวัติการศึกษา
 - 2538 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) เคมีสิ่งทอ
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
 - 2542 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ. เคมีสิ่งทอ)
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
 - 2547 ศิลปศาสตรบัณฑิต (ศศ.บ. สื่อสารมวลชน)
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
 - 2548 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม. ปีโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. ผลงานวิจัย
 1. การลอกกาวยไหมด้วยยางมะละกอ
 2. เครื่องย่อยกากอัดโนมิติ (ระบบต่อเนื่อง)
 3. การนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นกลับมาใช้ใหม่
 4. การพัฒนาอุปกรณ์พิมพ์สกรีนต้นแบบเพื่องานอุตสาหกรรมสิ่งทอ
 5. การผลิตผ้าไม่ทอจากใบอ้อย