

# กระดาษกล้วย

โดย

นางสาวมุกดา เกตมณี

นางสาวเนาวรัตน์ ตรีพงษ์พันธ์

นางสาวดารณี เลี้ยวกิตติกุล

โรงเรียนสามพรานวิทยา จังหวัดนครปฐม

รายงานนี้เป็นส่วนประกอบของโครงการวิทยาศาสตร์

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ในการประกวดโครงการวิทยาศาสตร์

จัดโดยสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ชื่อ โครงการงาน

กระดาษกล้วย

ผู้ทำโครงการงาน

นางสาวมุกดา

เกตมณี

นางสาวเนาวรัตน์

ตรีพงษ์พันธ์

นางสาวดารณี

เลียวกิตติกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

นายสนม

วันเพ็ญ

นายสงวน

เส็งเจริญ

นางสาวอารีรัตน์

เกษญาปกรณ์

โรงเรียนสามพรานวิทยา

อำเภอสามพราน

จังหวัดนครปฐม

## บทคัดย่อ

จากการศึกษาวิธีการทำกระดาษที่ทำด้วยมือจากต้นกล้วย พบว่า การต้มเยื่อเพื่อให้ได้เยื่อที่เหมาะสมที่จะนำไปฟอกเยื่อ ควรใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ใช้ระยะเวลาในการต้มเยื่อ 30 นาที การฟอกเยื่อ ควรใช้สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก ระยะเวลาในการฟอกเยื่อ 10 นาที การย่อยเยื่อทำได้ 2 วิธี คือ การทุบและการตีปั่นเยื่อ วิธีการทุบเยื่อจะให้เยื่อที่มีเส้นใยยาวกว่าการตีปั่นเยื่อ เมื่อนำเยื่อที่ได้มาตัดเยื่อเพื่อทำเป็นแผ่นกระดาษ ทำการปรับปรุงคุณภาพโดยการข้อมสี และผสมน้ำแป้ง ทดสอบคุณภาพของกระดาษที่ได้กับกระดาษสาที่ขายในท้องตลาด คุณภาพจะแตกต่างกันไม่มากนัก

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ข
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 4 ผลการทดลอง	17
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง	23
ภาคผนวก	26
บรรณานุกรม	27

## สารบัญตาราง

ตาราง 1	แสดงลักษณะเชื้อที่ได้จากการต้มโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นต่างๆ กัน ในระยะเวลา 40 นาที	17
ตาราง 2	แสดงลักษณะเชื้อก๊วยที่ได้จากการฟอกเชื้อโดยใช้สารละลายแคลเซียม ไฮโปคลอไรต์เข้มข้นต่างๆกัน ระยะเวลาฟอกเชื้อ 20 นาที	18
ตาราง 3	แสดงลักษณะเชื้อ และกระดาษที่ได้จากการย่อยเชื้อ 2 วิธี	19
ตาราง 4	แสดงลักษณะเชื้อก๊วยน้ำัวและก๊วยหอม	20
ตาราง 5	แสดงร้อยละของเชื้อก๊วยที่ได้และลักษณะกระดาษที่ได้จากก๊วยน้ำัวและ ก๊วยหอม	21
ตาราง 6	เปรียบเทียบกระดาษก๊วยที่ผลิตได้กับกระดาษสาที่ขายในท้องตลาดในด้านต่างๆ	22

# บทที่ 1

## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญของโครงการ

กระดาษเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่มนุษย์รู้จักผลิตและใช้มาแล้วตั้งแต่สมัยโบราณเมื่อกว่า 5 พันปีมาแล้ว หนชาติจีนเป็นพวกแรกที่รู้จักวิธีทำกระดาษ โดยใช้วัสดุฟางข้าว เศษผ้าขี้ริ้ว แหวนที่ขาดๆ และเปลือกไม้บางชนิด เช่น เปลือกต้นหม่อน เป็นวัตถุดิบ การทำกระดาษในยุคต้นๆ ทำด้วยมือทั้งสิ้น

การทำกระดาษในปัจจุบันมีอยู่ 2 ชนิด วิธีคือ การทำด้วยมือวิธีหนึ่งและการทำด้วยเครื่องจักรอีกวิธีหนึ่ง การทำกระดาษด้วยมือมีโอกาสนำเอาวัตถุดิบชนิดต่างๆ มาทำเป็นกระดาษได้อย่างกว้างขวางกว่าการทำกระดาษด้วยเครื่องจักร เพราะการทำกระดาษด้วยเครื่องจักรต้องลงทุนมาก และเครื่องจักรที่ได้ออกแบบมาสำหรับวัตถุดิบชนิดใดแล้ว หากเปลี่ยนไปใช้วัตถุดิบชนิดอื่น ก็จะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงเครื่องจักรเป็นการใหญ่ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองมาก เพราะฉะนั้นโรงงานกระดาษทั่วไป จึงใช้วัตถุดิบชนิดใดชนิดหนึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของวัตถุดิบบ่อยๆ แต่ในด้านการทำกระดาษด้วยมือสามารถที่จะนำเอาวัตถุดิบชนิดต่างๆ มาใช้ทำกระดาษโดยไม่จำกัด ขอเพียงว่า วัตถุดิบนั้นๆ มีคุณสมบัติในการทำเป็นเยื่อกระดาษได้ดี และเหมาะสมกับการทำด้วยมือ ส่วนในด้านกรรมวิธีก็อาจจะเปลี่ยนแปลงไปได้ตามชนิดของวัตถุดิบ ฉะนั้นจึงปรากฏว่าการทำกระดาษด้วยมือได้มีการศึกษาและค้นคว้าเรื่องวัตถุดิบกันอยู่ตลอดเวลา วัตถุดิบที่ใช้ผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือในปัจจุบันที่นิยมและเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ คือ เปลือกของต้นสาที่ใช่ทำกระดาษสาเพราะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้มากมาย เช่น ทำดอกไม้ประดิษฐ์ กระดาษทำร่ม ภาชนะแบบเสื่อ พัด กระดาษห่อของขวัญ กระดาษลอกลายฝาผนัง นามบัตร จากสภาวะความต้องการกระดาษสาในรูปแบบต่างๆ ที่มากขึ้น จึงทำให้วัตถุดิบที่จะนำมาใช้ทำกระดาษสาคือเปลือกของต้นสาขาดแคลนอย่างมากเพราะต้นสาในธรรมชาติมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว จึงได้มีการศึกษาและค้นคว้าเรื่องวัตถุดิบเพื่อใช้ทดแทนเปลือกของต้นสา เช่น กระดาษที่ทำจากเส้นใยชนิดต่างๆ กระดาษที่ทำจากเปลือกของต้นหม่อน รวมทั้งกระดาษที่ทำจากเปลือกข่อยด้วย ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวเมื่อนำมาทำเป็นกระดาษที่ทำด้วยมือจะมีลักษณะและคุณสมบัติคล้ายกับกระดาษสา แต่ราคาต้นทุนในการผลิตสูงกว่ากระดาษสา ฉะนั้นในสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันนี้จึงยังทำการค้าไม่ได้ คณะผู้ทำโครงการนี้จึงคิดว่าน่าจะมีการศึกษาถึงพืชชนิดอื่นที่สามารถจะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบแทนเปลือกต้นสาอีก โดยเฉพาะต้นกล้วย ซึ่งเป็นพืชที่มีการปลูกกันทั่วไป หาได้ง่าย และใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมายอยู่แล้ว เช่น ผลไม้เป็นอาหาร ส่วนต้นกล้วยที่เหลือก็มีปริมาณมากพอที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือได้ และถ้าสามารถศึกษา

จนนำต้นกล้วยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือได้ก็จะทำให้การผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือขยายขอบเขตการผลิต กว้างขวางยิ่งขึ้น รวมทั้งเป็นการเพิ่มพูนความรู้ การพัฒนาวิธีทำ การศึกษาหาความรู้ในด้านต่างๆ เกี่ยวกับการผลิตกระดาษที่ทำ ด้วยมือ ซึ่งจะช่วยให้ประเทศไทยของเรา เป็นผู้ผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือที่สามารถพึ่งตนเองได้ต่อไปในอนาคต

### จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาถึงวิธีการที่เหมาะสมในการทำกระดาษด้วยมือจากต้นกล้วย เกี่ยวกับเรื่องดังต่อไปนี้

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับระยะเวลาที่ใช้ในการต้มเยื่อ

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์กับระยะเวลาที่ใช้ในการฟอก

เยื่อ

1.3 วิธีการย่อยเยื่อ ระหว่างการทุบด้วยค้อนไม้และการตีปั่นเยื่อ

2. เพื่อปรับปรุงวิธีการทำกระดาษด้วยมือจากต้นกล้วยให้สามารถใช้เป็นแนวทางในการทำเป็นอุตสาหกรรมใน

ครัวเรือน

3. เพื่อทดสอบคุณภาพของกระดาษที่ทำด้วยมือที่ผลิตได้ในด้านความเหนียว น้ำหนักของกระดาษ ความทึบแสงของ กระดาษ ความสามารถในการซึมน้ำของกระดาษ

### สมมติฐานการศึกษาค้นคว้า

1. ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับระยะเวลาที่ใช้ต้มเยื่อมีผลต่อเยื่อที่ผลิต ได้ ดังนั้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับระยะเวลาที่ต้มต่างกัน เยื่อที่ได้จะมีลักษณะต่างกันด้วย

2. ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์กับระยะเวลาที่ใช้ในการฟอกเยื่อมีผล ต่อเยื่อที่ได้ ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์กับระยะเวลาที่ใช้ในการฟอกเยื่อแตกต่างกัน เยื่อที่ฟอกได้ จะมีลักษณะแตกต่างกันด้วย

3. ถ้าวิธีการย่อยเยื่อมีผลต่อกระดาษที่ทำด้วยมือ ดังนั้นวิธีการย่อยเยื่อ โดยวิธีการตีปั่นจะให้กระดาษที่มีคุณภาพดีกว่า กระดาษที่ได้จากวิธีการทุบเยื่อด้วยค้อนไม้

### ขอบเขตของการศึกษา

1. ต้นกล้วยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองครั้งนี้ใช้ต้นกล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม
2. การทดสอบคุณภาพของกระดาษที่ผลิตได้ จะทดสอบคุณภาพดังนี้
  - 2.1 น้ำหนักของกระดาษ
  - 2.2 ความเหนียวของกระดาษ
  - 2.3 การทึบแสงของกระดาษ
  - 2.4 ความสามารถในการซึมน้ำของกระดาษ

### คำนิยามเชิงปฏิบัติการ

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1% โดยน้ำหนักหมายถึง การนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม มาละลายน้ำ ทำเป็นสารละลายปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 3% โดยน้ำหนักหมายถึง การนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กรัม มาละลายน้ำ ทำเป็นสารละลายปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนักหมายถึง การนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม มาละลายน้ำ ทำเป็นสารละลายปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 7% โดยน้ำหนักหมายถึง การนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 7 กรัม มาละลายน้ำ ทำเป็นสารละลายปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้น 1% โดยน้ำหนักหมายถึง การนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม มาละลายน้ำ ทำเป็นสารละลายปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้น 2% โดยน้ำหนักหมายถึง การนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัม มาละลายน้ำ ทำเป็นสารละลายปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
7. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 3% โดยน้ำหนักหมายถึง การนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กรัม มาละลายน้ำ ทำเป็นสารละลายปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร



8. สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรต์เข้มข้น 4% โดยน้ำหนักหมายถึง การนำโซเดียมไฮโครกไซด์ 4 กรัม มาละลายน้ำ  
ทำเป็นสารละลายปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

## บทที่ 2

### เอกสารที่เกี่ยวข้อง

กล้วยเป็นพืชที่ให้ประโยชน์หลายประการ มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตและขนบธรรมเนียมประเพณีของไทยมาตั้งแต่โบราณ ในประเทศไทยมีกล้วยชนิดต่างๆ หลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศ กล้วยให้คุณประโยชน์ในด้านโภชนาการและการใช้สอยต่างๆ เป็นอย่างมาก เป็นพืชที่ให้คุณค่าทางอาหารสูง ช่วยในระบบการย่อยอาหารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพรับประทานเป็นประจำจะช่วยเสริมสร้างสุขภาพพลานามัยที่ดี กล้วยเป็นพืชที่ให้ผลผลิตเพื่อบริโภคตลอดทั้งปีไม่จำกัดฤดูกาล และยังเป็นพืชที่ตกผลเร็วเมื่อเทียบกับไม้ผลชนิดอื่นๆ การปลูกไม่ต้องใช้พื้นที่มากนักสามารถปลูกกันได้แทบทุกครัวเรือน ดังนั้นกล้วยจึงเป็นพืชที่เหมาะสมชนิดหนึ่งที่ควรปลูกประจำบ้านหรือทำเป็นสวนเกษตรขนาดใหญ่

กล้วยเป็นพันธุ์ไม้ล้มลุกสกุล Musa อยู่ในวงศ์ Musaceae พันธุ์ไม้สกุลกล้วยนี้มีอยู่ตามธรรมชาติแต่เฉพาะในโลกเขตร้อนที่อากาศอบอุ่นชุ่มชื้น และมีอยู่ร่วมกันหลายสปีชีส์ (species) เฉพาะในประเทศไทยเท่าที่ทราบในขณะนี้มีอยู่อย่างน้อย 5-6 ชนิด

#### ลักษณะรูปร่าง

ลำต้นประกอบด้วยกาบ (ส่วนล่างของก้านใบ) รวมกันขึ้นเป็นลำ (ลำต้นเทียม) ขนาดสูงตั้งแต่เรียกดินถึง 4-6 เมตร โคนลำแคบๆ ถึงขนาดเสาเรือน ใบเป็นแผ่นยาว 1-1.50 เมตร ถึง 3.50-4 เมตร กว้างมักไม่เกิน 50 เซนติเมตร ก้านใบยาวตั้งแต่ 25-75 เซนติเมตร ตอนบนเป็นร่องตามยาว ก้านใบนี้แล่นเสเข้าไปเป็นทางหรือกระดูกกลางของใบโดยตลอด

ดอก ดอกออกที่ปลายลำต้นหรือเครือ ตั้ง หรือนอน หรือ โค้งลงเป็นวง ซึ่งตามปกติยาวต่ำกว่า 1-1.50 เมตร ดอกเป็นกระจุก แต่ละกระจุกมีปลีสีม่วงแดง ดอกที่อยู่ตอนล่างของเครือเป็นดอกตัวเมีย ตกผล ส่วนดอกที่อยู่ตอนบนๆ เครือเป็นดอกตัวผู้ไม่ตกผล ในระหว่างที่ต้นกล้วยยังไม่ถึงเวลาจะออกดอก หรือที่เรียกว่าตกลเครือ ลำต้นที่แท้จริงซึ่งเรียกว่า หยวก ยังคงไม่งอกขึ้นมาจากโคนต้น แต่เมื่อจวนจะถึงเวลาออกดอกจึงจะงอกแทรกกลางลำต้นขึ้นมาและไหลออกที่ปลายลำต้นเป็นช่อภายในเวลาอันรวดเร็ว

ผลกล้วยรูปยาวๆ กลมๆ หรือบางทีก็เป็นเหลี่ยมๆ อยู่บ้าง ขนาดใหญ่บ้างเล็กบ้างแล้วแต่ชนิดและพันธุ์กับปัจจัยแวดล้อม สำหรับกล้วยที่ปลูกโดยมากผลยาวไม่เกิน 17-18 เซนติเมตรและใหญ่ไม่เกิน 4-5 เซนติเมตร อยู่เป็นกระจุกเป็นแถว เดียวกล้วยนิ้วมือหรือเป็นแถวคู่เหมือนกล้วยนิ้วมือซ้อนสลับกัน แต่ละกระจุกเรียกว่าหวี จำนวนหวีในเครือจะมากหรือน้อย

แล้วแต่ชนิดและพันธุ์กล้วย และความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ ตามปกติจะมีอยู่ระหว่าง 6-10 หวี แต่ละห้วมี 10-20 ผล เมื่อผลยังดิบอยู่ก็มีสีเขียวๆ แต่เมื่อสุกก็มีสีเหลือง หรือเหลืองนวลๆ หรือเขียวอ่อนๆ หรือเขียวๆ เหลืองๆ เนื้อในเมื่อผลแก่เต็มที่แล้วอ่อนรสหวานๆ หรือค่อนข้างซีดๆ บางทีก็อมเปรี้ยว

ต้นกล้วยเมื่ออายุได้ราว 10-15 เดือนก็ตกเครือ และเมื่อผลแก่หรือสุกเต็มที่ ต้นก็ตายกล้วยบางชนิดมีหน่อสำหรับสืบพันธุ์ หน่อมักขึ้นติดกับลำต้นเก่าเป็นกอ กอหนึ่งๆ อาจมีถึง 30-40 หน่อได้ กล้วยที่ปลูกกันทั่วไปสำหรับเอาผลรับประทานนั้นถือกันว่า เดิมมีกำเนิดและกลายมาจากกล้วยป่า และแบ่งออกได้เป็น 2 พวกตามลักษณะของเนื้อในผล พวกหนึ่งได้แก่กล้วยธรรมดา เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ ซึ่งเมื่อผลสุกแล้วเนื้ออ่อน รสหวาน รับประทานสดได้เลย กล้วยพวกนี้ในทางพฤกษศาสตร์มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Musa sapientum* อีกพวกหนึ่งได้แก่พันธุ์ต่างๆ ของกล้วยกล้วย หรือ กล้วย ซึ่งเมื่อผลสุกเนื้อยังกระด้างอยู่ มีรสค่อนข้างซีดไม่ใคร่หวาน ไม่เหมาะแก่การรับประทานสด ต้องเผาหรือต้มให้สุกเสียก่อนจึงจะรับประทานได้ กล้วยในทางพฤกษศาสตร์ใช้ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Musa paradisiaca*

กล้วยพวก *Musa sapientum* มีอยู่มากมายหลายพันธุ์เฉพาะในประเทศไทยก็มีอยู่หลายพันธุ์ด้วยกัน ที่ปลูกกันมากและแพร่หลายเป็นพันธุ์กล้วยการค้าในประเทศไทย ก็มี

1. กล้วยหอมทอง เป็นกล้วยที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากในปัจจุบัน มีลักษณะลำต้นใหญ่ สูงประมาณ 2-3 เมตร กาบใบชั้นในมีสีเขียว เครือได้รูปทรงดี มีน้ำหนักมาก ผลยาวเรียว เปลือกหนา เมื่อสุกผิวจะมีสีเหลือง มีรสชาติหอมหวาน
2. กล้วยไข่ เป็นกล้วยที่ปลูกเป็นการค้าของจังหวัดกำแพงเพชร ลักษณะกาบใบเป็นสีน้ำตาล สีใบเหลือง เครือขนาดเล็ก ผิวเปลือกบาง ผลสุกเนื้อสีเหลือง รสหวาน
3. กล้วยน้ำว้า เป็นกล้วยที่มีการปลูกทั่วไปทุกภาค ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ กล้วยน้ำว้ามีหลายชนิด เช่น กล้วยน้ำว้าแดง กล้วยน้ำว้าขาว กล้วยน้ำว้าคอม
4. กล้วยเล็บมือนาง เป็นกล้วยที่มีการปลูกในภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดชุมพร เพราะเป็นกล้วยที่ต้องการความชุ่มชื้นสูงจึงเจริญเติบโตได้ดี ลักษณะต้นไม่สูงมากนัก เครือและผลเล็ก รสชาติหวานหอม

กล้วยเป็นพืชที่ให้ประโยชน์ในทางเศรษฐกิจอย่างมากมาย ลำต้นใช้ต้มเป็นอาหารคนและปศุสัตว์ หรือใช้เป็นประโยชน์อย่างอื่น เช่น ทำกระดาษที่เรียกว่า กระดาษมะนิลา (Manila paper) ทำจากกล้วยชนิดหนึ่งของฟิลิปปินส์ชื่อว่า *Musa textiles* ยางกล้วยใช้เป็นหมึกเขียนเครื่องหมายที่เสื้อผ้าเพราะซักน้ำไม่ตก และใช้ทำลวดลายบางอย่าง กาบกล้วยใช้สำหรับแท

เป็นลวดลายใช้ในการประดับชั่วคราว และที่สำคัญมากก็คือ ใช้ทำเชือกผูกมัดและพื้นเป็นเชือกเกลียว หยกกล้วยและหัวปลีดิบ ใช้เป็นผักสด หรือต้มแกงรับประทาน ใบตองกล้วยทั้งสดและแห้งใช้ห่ออาหารและของกล้วยอื่นๆ กับทั้งใช้มวนบุหรี่ด้วย ส่วนที่สำคัญมากที่สุดที่ได้จากกล้วยคือผล ผลกล้วยใช้รับประทานสดเป็นอาหารทำให้แห้งเป็นกล้วยตาก ทำให้สุกเป็นกล้วยเผา กล้วยปิ้ง กล้วยแขก กล้วยเชื่อม กล้วยฉาบ ผลห่ามๆ ใช้บดทำแป้งอาหาร ซึ่งเหมาะสำหรับคนไข้มาก เพราะย่อยได้ง่ายกว่าแป้งที่ทำจากเมล็ดพืชพวกข้าว

### การผลิตกระดาษ

การผลิตกระดาษในปัจจุบันเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญชนิดหนึ่ง ในกระบวนการผลิตได้ใช้ความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกือบทุกสาขา เช่น เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา พฤกษศาสตร์ และวนศาสตร์ โดยอาศัยสาขา วิศวกรรมศาสตร์เป็นส่วนสนับสนุนที่สำคัญ

การผลิตกระดาษของไทยเราซึ่งมีมาตั้งแต่อดีตแล้วนั้น ขาดการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีจึงทำให้ กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพต่ำและให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่า ในปัจจุบันนี้จึงได้มีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาใช้ กระบวนการผลิตบ้างแล้ว แต่ก็ยังให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการใช้ในประเทศ ยังคงต้องสั่งทั้งเยื่อและกระดาษจากต่างประเทศเข้ามาซื้ออยู่ก็เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในกิจการพิมพ์และการเขียน

ในกระบวนการผลิตกระดาษจะแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ การเตรียมหรือเลือกวัตถุดิบ การผลิตเยื่อ กระดาษ และการผลิตแผ่นกระดาษ ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. วัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษได้มาจากส่วนต่างๆ ของพืชที่ให้เส้นใย ซึ่งส่วนต่างๆ ของพืช เหล่านี้จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ

1.1 เซลลูโลส (Cellulose) เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลประกอบด้วยกลูโคสเพียงชนิดเดียว เซลลูโลสจะพบได้ เฉพาะในพืชเท่านั้น และจัดเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างของผนังเซลล์พืช

1.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลหลายชนิดผสมกัน เช่น กลูโคส แมนโนส ไซโลส อะราบิโนส เฮมิเซลลูโลสมีสมบัติพิเศษที่สามารถถนอมน้ำและพองตัวได้ ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญและมีความจำเป็นต่อการทำ กระดาษ

1.3 ลิกนิน (Lignin) เป็นพอลิเมอร์ของสารฟีนอล โพรเพนที่จับตัวกันเป็น โครงร่างตาข่ายสามมิติ มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ ลิกนินจะช่วยให้เส้นใยมีความแข็งแรงและทำให้อ่อนตัวได้ยาก นอกจากนี้ลิกนินที่เกาะอยู่กับเส้นใยถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะทำให้เส้นใยมีคุณภาพไม่ดี

1.4 สารที่สกัดได้ (Extractive substance) เป็นสารชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในพืชซึ่งจะถูกสกัดออกได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ สารเหล่านี้ได้แก่ สารสี (Pigment) ไขมัน โปรตีน

พืชแต่ละชนิดจะมีส่วนประกอบเหล่านี้ในปริมาณและลักษณะที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ และการเก็บรักษาเพื่อนำมาใช้งาน

สำหรับเส้นใยที่ใช้ในการทำกระดาษจะได้มาจากส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่งอาจจำแนกออกได้เป็น 2 พวก คือ

1.1 พวกที่เป็นเนื้อไม้ (Wood) เป็นส่วนที่ได้จากส่วนเนื้อของลำต้นพืชยืนต้นซึ่งให้เส้นใยขนาดต่างๆ กัน อาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามสมบัติของเนื้อไม้คือ

ก. ไม้เนื้อแข็ง (Hard wood) เป็นเนื้อไม้จากพืชยืนต้นพวกแองจิโอสเปอรัม ไม้พวกนี้มีการผลัดใบ เช่น ไม้สัก ไม้ยาง ไม้เนื้อแข็งมีเส้นใยค่อนข้างสั้น แข็งและมีสีเข้ม เส้นใยที่ได้จากไม้พวกนี้จะมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ ไม่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการทำกระดาษ

ข. ไม้เนื้ออ่อน (Soft wood) เป็นเนื้อไม้จากพืชยืนต้นพวกจิมโนสเปอรัมไม้พวกนี้ไม่มีการผลัดใบ เช่น ไม้สนสองใบ สนสามใบ ไม้เนื้ออ่อนมีเส้นใยขนาดยาวเนื้อไม้ชนิดนี้มีความอ่อนตัวสูงกว่าไม้เนื้อแข็ง และให้เส้นใยที่มีคุณภาพดีเหมาะสมต่อการทำเป็นกระดาษ

1.2 พวกที่ไม่ใช่เนื้อไม้ (Non-wood) เป็นส่วนที่ได้จากพืชล้มลุกและเปลือกไม้ของพืชบางชนิด เส้นใยพวกนี้มีขนาดแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพืชเหล่านั้น อาจแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

ก. หญ้า (Grass) เป็นส่วนที่ได้จากพืชตระกูลหญ้าและไม้ไผ่

ข. เปลือกไม้ (Bast) เป็นส่วนที่ให้เส้นใยจากเปลือกของลำต้นของพืชยืนต้น เส้นใยจากเปลือกไม้เป็นที่นิยมใช้ทำกระดาษมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว เช่น การทำกระดาษสาจากเปลือกของต้นสา กระดาษข่อยจากเปลือกของต้นข่อย

ค. ผล (Fruit) เป็นส่วนของผลที่มีเส้นใย เช่น มะพร้าว ปาล์ม ใยจากผลไม้ไม่นิยมใช้ทำกระดาษ เนื่องจากเป็นเส้นใยที่มีความแข็ง

ง. ใบ (Leaf) เป็นส่วนจากใบของพืชที่ให้เส้นใย เช่น ใบอ้อย ใบปาล์ม

ส่วนต่างๆ ของพืชเหล่านี้จะให้เส้นใยที่มีลักษณะแตกต่างกัน การนำเส้นใยไปใช้ทำกระดาษจึงขึ้นอยู่กับชนิดของกระดาษที่ต้องการและกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ

2. การผลิตเยื่อกระดาษ เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบจากส่วนต่างๆ ของพืชมาย่อยด้วยกระบวนการที่เหมาะสม เพื่อให้วัตถุดิบมีความอ่อนและแยกออกจากกันเป็นเส้นใย วัตถุดิบที่ใช้อาจมีขนาดและลักษณะแตกต่างกัน ดังนั้นก่อนนำวัตถุดิบไปย่อยจึงต้องทำให้วัตถุดิบมีขนาดเล็กๆ ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ตัด บด เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปใช้ในเครื่องย่อย การผลิตเยื่อกระดาษจะมีขั้นตอนในการผลิตดังต่อไปนี้

2.1 การย่อยเยื่อ เมื่อทำขึ้นวัตถุดิบให้มีขนาดตามที่ต้องการแล้วจึงนำวัตถุดิบเหล่านี้ไปย่อยให้เป็นเส้นใย ซึ่งในระบบอุตสาหกรรมมีวิธีทำได้หลายวิธีดังนี้

ก. Mechanical process เป็นการย่อยวัตถุดิบด้วยวิธีการ โดยการบดให้วัตถุดิบแตกออกจากกันจนเป็นเยื่อกระดาษหรือเส้นใย วิธีนี้นิยมใช้ผลิตเยื่อกระดาษเพื่อทำกระดาษหนังสือพิมพ์รายวัน ซึ่งเป็นกระดาษที่ไม่ต้องการความคงทนถาวรสูงมากนัก

ข. Thermomechanical process เป็นวิธีการย่อยที่มีการอบวัตถุดิบด้วยไอน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ  $120 - 140\text{ }^{\circ}\text{C}$  ในเวลาที่เหมาะสม แล้วจึงนำไปบดต่อจนได้เยื่อกระดาษตามต้องการ วิธีนี้นิยมใช้ทำเยื่อไม้เพื่อทำกระดาษหนังสือพิมพ์ และกระดาษพิมพ์เขียวบางชนิด

ค. Chemimechanical process เป็นวิธีการย่อยเยื่อที่มีการต้มวัตถุดิบด้วยสารเคมีจนอ่อนนุ่มแล้วจึงบดให้เป็นเยื่อกระดาษ

ง. Chemithermomechanical process วิธีนี้เมื่อต้มวัตถุดิบด้วยสารเคมีจนอ่อนนุ่มแล้วจึงบดเยื่อไม้ที่อุณหภูมิประมาณ  $120-140\text{ }^{\circ}\text{C}$  จนเป็นเยื่อกระดาษ

จ. Semicheical process เป็นวิธีการย่อยเยื่อไม้โดยการต้มด้วยสารเคมีแล้วบดให้เส้นใยแยกออกจากกัน เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในกระบวนการย่อยเยื่อ และให้เยื่อที่มีคุณภาพดี ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำกระดาษชนิดต่างๆ ได้

ฉ. Chemical process เป็นวิธีการย่อยเยื่อไม้ที่ใช้ปฏิกิริยาจากสารเคมีและความร้อนเพื่อช่วยย่อยให้เยื่อกระดาษแยกตัวออกมาจากลิกนินและสารที่ไม่ต้องการ วิธีนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน

2.2 การล้างร้อนเยื่อ เยื่อกระดาษที่ผ่านการย่อยมาแล้ว อาจมีสิ่งต่างๆ ตกค้างอยู่บนเส้นใย และเส้นใยที่ได้ยังมีขนาดแตกต่างกันจึงจำเป็นต้องล้างเส้นใยเพื่อให้เส้นใยมีความสะอาดเพิ่มขึ้นพร้อมกับแยกเส้นใยที่ยังถูกย่อยได้ไม่สมบูรณ์ออกจากกันด้วยตะแกรงร้อน เยื่อที่ได้หลังจากล้างและแยกเพื่อคัดขนาดแล้วจะมีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำกระดาษที่ไม่ต้องการความขาวมากนัก แต่กระดาษที่ได้จะมีคุณภาพเหมาะสมกับงานบางชนิดเท่านั้น

2.3 การฟอกเยื่อ เส้นใยของเยื่อกระดาษที่ผ่านการล้างร้อนเยื่อมาแล้วจะมีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง เนื่องจากบางส่วนของเส้นใยยังคงมีลิกนินติดอยู่ จึงต้องฟอกเยื่อเหล่านี้เพื่อกำจัดลิกนินและทำให้เยื่อมีสีขาวเพิ่มขึ้นด้วย กระบวนการซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันประกอบด้วย

ก. ฟอกด้วยคลอรีน เป็นการฟอกเยื่อด้วยก๊าซคลอรีนโดยผ่านก๊าซคลอรีนลงไปใต้น้ำเยื่อ

ข. ล้างด้วยโซดาไฟ เยื่อที่ฟอกด้วยคลอรีนแล้วจะต้องล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อกำจัดคลอรีนส่วนที่ตกค้างอยู่ และในขณะเดียวกันเป็นการกำจัดลิกนินที่ตกค้างอยู่ออกจากเส้นใยด้วย

ค. การฟอกด้วยไฮโป เส้นใยที่ผ่านการฟอก 2 ขั้นตอนแรกมาแล้วจะมีสีน้ำตาลอ่อน จึงอาจต้องฟอกขาวต่อไปอีกด้วยสารละลายไฮโป การฟอกด้วยสารละลายไฮโปจะต้องทำในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เนื่องจากถ้าฟอกนานเกินไปจะทำให้เส้นใยถูกทำลายจนเปื่อยยุ่ย และมีสมบัติเลวลงได้

ง. ฟอกด้วยคลอรีนไดออกไซด์ เยื่อที่ผ่านการฟอกไฮโปอาจมีความขาวยังไม่เพียงพอ จึงต้องฟอกต่อไปอีกด้วยคลอรีนไดออกไซด์ การฟอกขั้นนี้เป็นการฟอกขั้นสุดท้าย เยื่อที่ได้จะมีความขาวตามต้องการ และการฟอกด้วยคลอรีนไดออกไซด์จะไม่ทำให้เยื่อมีคุณภาพเลวลง

3. การผลิตแผ่นกระดาษ การผลิตแผ่นกระดาษเป็นการนำเยื่อกระดาษที่ย่อยจนเป็นเส้นใยเรียบร้อยแล้วมาทำให้เป็นแผ่นกระดาษโดยกระบวนการต่างๆ ดังนี้

1. การเตรียมเยื่อ เยื่อที่ผ่านการฟอกแล้วจะถูกนำมาผสมกับน้ำแล้วส่งเข้าเครื่องบดเยื่อ (Refiner) เพื่อให้เส้นใยมีความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น และแยกเป็นเส้นใยเดี่ยวซึ่งมีขนาดและความยาวตามที่ต้องการ เพื่อให้เหมาะสมกับการทำกระดาษแต่ละชนิด นอกจากนี้การบดเยื่อยังทำให้เส้นใยบางส่วนแตกออกเป็นริ้ว ซึ่งส่วนที่แตกออกเป็นริ้วของเส้นใยจะช่วยเพิ่มพื้นที่ในการยึดเหนี่ยว ทำให้กระดาษมีความเหนียวและมีความหนาแน่นสม่ำเสมอ ในระหว่างนี้จะมีการเติมสารบางชนิดลงไปด้วยเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของกระดาษ เช่น สารกันซึม สารทึบแสง

2. การผลิตแผ่นกระดาษ เยื่อที่ผสมส่วนประกอบต่างๆ จนมีสมบัติตามที่ต้องการแล้วจะถูกนำไปทำเป็น

กระดาษด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.1 การทำแผ่นกระดาษ (Sheet formation) เป็นการทำให้เยื่อกระดาษเรียงตัวกันเป็นแผ่น โดยการผ่านน้ำเยื่อกระดาษลงบนตะแกรง น้ำจะไหลผ่านตะแกรงและเหลือแผ่นกระดาษตกลงอยู่บนตะแกรง

2.2 การอัดรีดกระดาษ (Pressing) กระดาษที่เป็นแผ่นแล้วจะยังคงมีน้ำตกค้างอยู่ จึงต้องอัดรีดกระดาษเพื่อไล่น้ำออก นอกจากนี้การอัดรีดกระดาษยังทำให้กระดาษมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและเป็นแผ่นเรียบ

2.3 การอบกระดาษ (Drying) กระดาษที่อัดรีดเพื่อไล่น้ำยังคงมีน้ำตกค้างอยู่สูงกว่าความต้องการ จึงต้องอบกระดาษเหล่านี้ต่อไปอีกเพื่อให้มีปริมาณของน้ำในกระดาษตามต้องการ โดยปกติกระดาษจะมีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 8

2.4 การเข้าม้วน (Reeling) กระดาษที่อบแห้งแล้วจะนำไปเข้าม้วนเพื่อนำไปใช้งานต่อไป  
กระดาษที่ผลิตได้ตามที่กล่าวมาแล้วจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ

1. เยื่อกระดาษ (pulp) เป็นส่วนสำคัญของแผ่นกระดาษที่ได้มาจากเส้นใยของพืช เยื่อกระดาษที่ใช้ทำกระดาษจะมีสมบัติแตกต่างกันตามชนิดของกระดาษที่ผลิต เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการในการใช้งาน เช่น กระดาษทำกล่องจะใช้เยื่อสีน้ำตาลที่ยังไม่ได้ฟอกสี

2. สารปรุงแต่ง (additive, filler) เป็นส่วนที่เติมลงไปในกระดาษในขณะทำการผลิต เพื่อช่วยปรับปรุงแผ่นกระดาษให้มีสมบัติตามต้องการ อาจแบ่งชนิดของสารพวกนี้ได้ดังนี้

2.1 สารป้องกันการดูดซึม (Sizing) เป็นสารที่ใส่ลงในกระดาษหรือเคลือบบนผิวกระดาษ เพื่อให้กระดาษมีการดูดซึมของเหลวได้พอเหมาะกับการใช้งาน สารที่นิยมใช้ส่วนใหญ่เป็นพวก ชันสน สารส้ม แป้งบางชนิด gum Arabic

2.2 สารเพิ่มความเหนียว เป็นสารที่เติมลงในกระดาษเพื่อเพิ่มความเหนียวของกระดาษ สารที่ใช้พวกนี้ เช่น แป้ง

2.3 สารเพิ่มความทึบแสง เป็นสารที่ผสมลงในกระดาษเพื่อให้กระดาษมีความทึบแสงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้แผ่นกระดาษมีความเรียบและดูดซึมหมึกพิมพ์ได้ดี สารพวกนี้ ได้แก่ ดินขาว หินปูน ไทเทเนียมไดออกไซด์



## 2.4 สารสี (Pigment) การผสมสีลงในกระดาษเพื่อทำให้กระดาษมีสีตามต้องการ

นอกจากนี้ในการทำกระดาษสีขาวจะมีการผสมสีน้ำเงินหรือสีม่วงลงไปเพื่อทำให้กระดาษมีสีเทาอ่อนซึ่งจะช่วยให้ดูขาวสว่างขึ้น

### บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สมบัติ ได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงวิธีการผลิตกระดาษ โดยมีการปรับปรุงตั้งแต่การคัดเลือกวัตถุดิบ วิธีการต้มเยื่อ การฟอกเยื่อ การตีเยื่อ การตัดแผ่นกระดาษ การลอกแผ่นกระดาษออกจากตะแกรงขณะเปียก การรีดน้ำออกจากแผ่นกระดาษ การอบแห้ง รวมทั้งได้ผลิตอุปกรณ์เครื่องตีเยื่อ เครื่องมือตัดและลอกแผ่นกระดาษ เครื่องไฮโดรลิกเพรส เครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำซึ่งการปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตกระดาษเหล่านี้ ทำให้ได้กระดาษที่มีคุณภาพดีขึ้นและใช้เทคโนโลยีง่ายกว่าสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ผลิตได้อย่างเหมาะสม (สมบัติ อศวปิยานนท์ 2526 : 1-9)

2. สุพจน์ ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลิตกระดาษด้วยวิธีการหมักจะได้ก๊าซชีวภาพซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตด้วย นอกจากนี้เส้นใยเซลลูโลสที่ได้มีความอ่อนตัวมากทำให้ประหยัดพลังงานในการย่อย และการหมักยังช่วยลดมลพิษจากน้ำเสียด้วย จากฟางข้าวหนัก 1 กิโลกรัม เมื่อหมักเป็นเวลา 20 วัน จะได้ก๊าซชีวภาพปริมาตร 480-500 ลิตร และเยื่อกระดาษที่ฟอกขาวแล้วเป็นปริมาณร้อยละ 24.7 เส้นใยที่ฟอกสีแล้วมีความยาว 0.54-0.92 มิลลิเมตร (สุพจน์ ใช้เทียมวงศ์ 2528 : 195-200)

3. ฉลอง ได้ศึกษาการทำกระดาษจากผักตบชวา พบว่ากระดาษที่ทำจากผักตบชวาที่ผ่านกรรมวิธี การเตรียมวัตถุดิบ การเตรียมเยื่อ การทำแผ่นกระดาษ การลอกแผ่นกระดาษ ลักษณะของกระดาษที่ได้เป็นสีขาวบาง เนื้อกระดาษแน่นกว่ากระดาษสาเล็กน้อย มีความเหนียวพอกับกระดาษสา เยื่อกระดาษที่ได้เป็นปริมาณร้อยละ 10-20 ต้นทุนการผลิตสูงกว่าการผลิตกระดาษสาประมาณเท่าตัว จึงทำให้เป็นการค้าได้ยาก ถ้าจะทำการทำด้วยมือควรนำเยื่อจากผักตบชวาร้อยละ 20 ผสมกับเยื่อปอสาร้อยละ 80 จะทำเป็นกระดาษบางชนิดพิเศษที่ทำด้วยมือได้ (ฉลอง เอี่ยมอาทร 2529 : 41-44)

4. ศิริอร และคณะ ได้ทำโครงการงานเกี่ยวกับการทำกระดาษที่ผลิตด้วยมือจากเปลือกของพืชชนิดต่างๆ 6 ชนิด คือ ข่อย ชบา นุ่น ตะขบ สะเดา และครอบจักรวาล พบว่าเปลือกของพืชทั้ง 6 ชนิดสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือได้ แต่เปลือกของพืชแต่ละชนิดจะให้คุณภาพของกระดาษที่ผลิตแตกต่างกัน โดยเปลือกข่อยและเปลือกตะขบเป็นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือที่มีคุณภาพดี จึงนำกระดาษที่ผลิตได้จากเปลือกข่อยและเปลือกตะขบไป

ปรับปรุงคุณภาพโดยการข้อมสีและเติมน้ำแป้ง ปรากฏว่ากระดาษที่ทำขึ้นดีดสีดีและให้สีขาว การผสมน้ำแป้งลงไปทำให้กระดาษแข็งและมีความเหนียวเพิ่มขึ้น (ศิริอร และคณะ 2533 : 1-19)

### บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ตาชั่ง
2. เครื่องคั้นผลไม้
3. เตาแก๊สปิคนิค
4. เทอร์มอมิเตอร์
5. กะละมังอลูมิเนียม
6. หม้อเคลือบ
7. บีกเกอร์
8. กระจกขนาดกลาง
9. แผ่นมุ้งลวดที่ทำขอบเรียบร้อยแล้ว
10. มีดโต้และมีดบาง
11. ไม้ถูกกิ่งและแผ่นไม้

### สารเคมีที่ใช้

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์
2. แคลเซียมไฮโปคลอไรด์
3. สีข้อมฟ้า
4. แป้งมัน

### วัตถุดิบที่ใช้

ต้นกล้วยน้ำว้าและต้นกล้วยหอม

## วิธีทำการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือจากต้นกล้วย

1. การคัดเลือกวัตถุดิบ นำต้นกล้วยน้ำว้าที่ตัดเอาผลไปแล้ว ลอกออกเป็นกาบ ตัดกาบกล้วยเป็นชิ้นเล็กๆ ไซ เป็นวัตถุดิบในการทดลองต่อไป

2. ทำการต้มเยื่อโดยชั่งกาบกล้วย หนัก 1,000 กรัม ใสลงในหม้อเคลือบใบใหญ่ ทำ 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1%, 3%, 5% และ 7% โดยน้ำหนักตามลำดับ โดยสารละลายแต่ละความเข้มข้นไซ จำนวน 3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปต้มโดยใช้เตาแก๊สปิคนิค อุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส บันทึกผลลักษณะเยื่อที่ได้ทุกๆ 10 นาที รวม 40 นาที นับตั้งแต่ต้มเยื่อแล้วน้ำเริ่มเดือด เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้กับระยะเวลาที่ต้มเยื่อ

3. นำเยื่อกาบกล้วยที่ผ่านการต้มเยื่อแล้ว โดยเลือกใช้เยื่อที่ใช้ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และระยะเวลาต้มเยื่อแล้วทำให้เยื่ออ่อนนุ่มดี เหมาะที่สุดมาทำการฟอกเยื่อต่อไป นำเยื่อ หนัก 400 กรัม แบ่งออกเป็น 4 ส่วน เท่าๆ กัน ใสในบีกเกอร์ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดใส่สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้น 1%, 2%, 3% และ 4% โดยน้ำหนักตามลำดับ ใช้สารละลาย 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำตั้งไฟ ทุกชุดควบคุมอุณหภูมิ ประมาณ 40 องศาเซลเซียส นำเยื่อที่ผ่านการฟอกแล้วขึ้นมาศึกษาลักษณะเยื่อทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 20 นาที บันทึกผลเพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์และระยะเวลาที่ใช้ฟอกเยื่อที่เหมาะสม

4. ศึกษาการย่อยเยื่อ เลือกเยื่อที่ทำการทดลองผ่านข้อ 2 และ 3 มาแล้ว และเลือกเยื่อที่เหมาะสม 1 ชุด มาทำการทดลองย่อยเยื่อ นำเยื่อหนัก 100 กรัม แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปทุบด้วยค้อนไม้ให้เยื่อแตก ส่วนที่ 2 นำไปตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่นผลไม้ นำเยื่อที่ได้ทั้ง 2 ส่วนมาทำการดักเยื่อในกะละมังลুমินีเยม โดยน้ำเยื่อที่ได้มาตีให้แผ่กระจายตัวในน้ำ ดด้วยตะแกรงมุ้งลวด ยกตะแกรงขึ้นจนสะเด็ดน้ำ นำไปผึ่งให้แห้ง เมื่อแห้งแล้วแกะแผ่นกระดาษออกจะได้กระดาษที่ผลิตได้ เปรียบเทียบกระดาษกล้วยที่ได้ระหว่างการทุบเยื่อด้วยค้อนไม้กับเยื่อที่ได้จากการตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่นผลไม้

ตอนที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบเยื่อที่ได้ระหว่างกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทั้งสดและแห้ง

1. นำต้นกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมมาลอกกาบออก นำกาบกล้วยมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งนำไปใช้ทดลองได้เลย ส่วนที่สอง นำไปผึ่งแดดให้แห้งเพื่อใช้ทดลองต่อไป

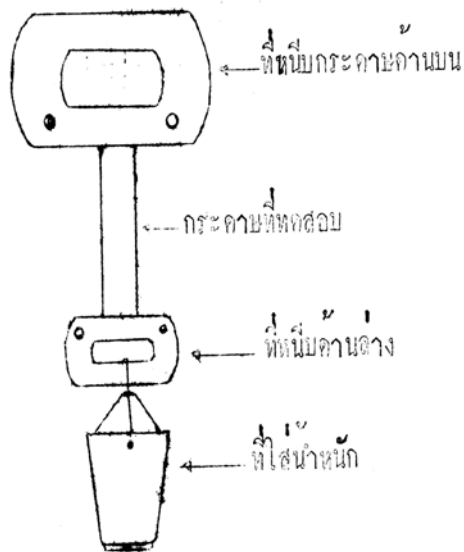
2. นำส่วนที่หนึ่งที่เป็นกากกล้วยสดหนัก 1,000 กรัม ต้มโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก จำนวน 3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นเวลา 30 นาที นำเชื้อที่ได้ไปฟอกเชื้อด้วยสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้น 1% เป็นเวลา 10 นาที นำเชื้อที่ได้มาทาบด้วยก้อนไม้ แล้วนำมาตากเชื้อเป็นแผ่นกระดาษ
3. ทำเหมือนข้อ 2 แต่เปลี่ยนวัตถุดิบเป็นกากกล้วยแห้ง
4. ศึกษาเปรียบเทียบกระดาษที่ได้จากกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม ระหว่างกากกล้วยสดและกากกล้วยแห้ง

### ตอนที่ 3 การปรับปรุงกระดาษกล้วยที่ได้

1. ทำการต้มกากกล้วยหนัก 1,000 กรัม โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก จำนวน 3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ระยะเวลาต้ม 30 นาที
2. ทำการฟอกเชื้อโดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ 1% โดยน้ำหนักระยะเวลาฟอกเชื้อ 10 นาที
3. ทำการย่อยเชื้อให้เชื้อแตกตัวได้ดีโดยใช้การตีปั่นเชื้อด้วยเครื่องตีปั่นผลไม้
4. นำเชื้อที่ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน เพื่อทำการทดลองต่อไปนี้
  - 4.1 ส่วนที่ 1 นำไปย้อมสีด้วยสีย้อมผ้าสีต่างๆ โดยนำสีย้อมผ้ามาละลายน้ำให้ได้สีตามต้องการ แช่เชื้อในน้ำสีเป็นเวลา 1 คืน ตักเชื้อด้วยแผ่นตะแกรงมุ้งลวดเพื่อทำเป็นแผ่นกระดาษ
  - 4.2 ส่วนที่ 2 ย้อมสีเยื่อกล้วยที่ได้ด้วยสีย้อมผ้าเป็นเวลา 1 คืน ก่อนนำไปตากเชื้อจะผสมด้วยน้ำแป้นเข้มข้น 1% ที่เตรียมจากแป้งมันละลายน้ำตั้งไฟเคี่ยวจนใส เติมน้ำแห้งลงไปในพื้นที่ย้อมสี จำนวน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. นำเชื้อทุกส่วนที่ผสมสี น้ำแป้น มาตากเชื้อในกะละมังอลูมิเนียม ยกเชื้อขึ้นมาสะเด็ดน้ำ นำไปผึ่งจนแห้งก็ได้กระดาษที่ปรับปรุงคุณภาพ
6. บันทึกผลเปรียบเทียบกระดาษที่ได้จากที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพกับกระดาษที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว ในด้านน้ำหนักของกระดาษ ความเหนียวของกระดาษ การทึบแสง และความสามารถในการซึมน้ำของกระดาษ
7. วิธีทดสอบคุณภาพของกระดาษที่ทำด้วยมือที่ผลิตได้ ในด้านต่างๆ ทำดังนี้
  - 7.1 น้ำหนักของกระดาษ ทำโดยการตัดกระดาษ ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร จำนวน 3 แผ่น ชั่งหามวลของกระดาษที่ตัดทั้ง 3 แผ่น แล้วคำนวณน้ำหนักกระดาษที่ชั่งได้ น้ำหนักของกระดาษมีค่าเท่ากับมวลของกระดาษเป็นกรต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

7.2 ความเหนียวของกระดาษ หาได้จากตัดกระดาษที่จะทดสอบขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 10

เซนติเมตร จำนวน 3 แผ่น นำกระดาษแต่ละแผ่นมาใส่ชุดทดสอบดังรูป



เดิมทรายลงในที่ใส่น้ำหนักจนกระดาษขาด ซึ่งน้ำหนักทรายที่ได้ หากเฉลี่ย 3 ครั้ง

ความเหนียวของกระดาษ จะเท่ากับน้ำหนักของกระดาษที่รับได้

7.3 การทึบแสงของกระดาษ ทำโดยติดตั้งกล่องแสงให้มีช่องขนาด 1 x 1 เซนติเมตร นำกระดาษที่ต้องการหาความทึบแสงวางทับบนช่องแสงที่แผ่นจนกระทั่งมองไม่เห็นแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสง นับจำนวนของแผ่นกระดาษที่ใช้

7.4 การหาความสามารถในการซึมน้ำของกระดาษ ทำได้โดยตัดกระดาษขนาด 1 x 1 เซนติเมตร วางบนพื้นเรียบ หยคน้ำลงบนกระดาษพร้อมบันทึกเวลาจนกระทั่งน้ำซึมลงไปบนแผ่นกระดาษหมด ทำซ้ำ 3 ครั้ง หากเฉลี่ย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ตาราง 1 แสดงลักษณะเยือกกล้วยที่ได้จากการต้มโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นต่างๆ กัน ในระยะเวลาที่ใช้ในการต้มเชื้อ 40 นาที

ระยะเวลา (นาที)	ลักษณะเยือกกล้วยที่ได้จากความเข้มข้นของ NaOH			
	1%	3%	5%	7 %
10	มีสีน้ำตาลอ่อน เยื่อ ส่วนมาก ยังแข็ง บางส่วนนุ่ม เหนียวมาก	มีสีน้ำตาลแดง บางส่วน แข็ง บางส่วนนุ่ม เส้นใย เหนียวมาก	มีสีน้ำตาลแดงเส้นใ บางส่วนแข็ง บางส่วนนุ่ม เส้นใยเหนียว	มีสีน้ำตาลเหลือง เส้นใ ส่วนมากนุ่ม เส้นใย เหนียวนุ่ม ใช้แรงดึง 0.8 นิวตัน
20	มีสีน้ำตาลแดง เยื่อ ส่วนมากยังแข็ง เส้นใยติด เป็นแผ่น เหนียวมาก	มีสีน้ำตาลแดง เยื่อ ส่วนมากเริ่มนุ่ม เส้นใย เหนียวนุ่ม	มีสีน้ำตาลแดง เส้นใ เหนียวนุ่มทั้งหมด ใช้แรง ดึง 1 นิวตัน	มีสีน้ำตาลอ่อนเส้นใ นุ่มมาก ความเหนียว ลดลง
30	มีสีน้ำตาลแดง เยื่อ ส่วนมากนุ่ม เส้นใยเหนียว	มีสีน้ำตาลแดง เส้นใ เหนียวนุ่มทั้งหมด ใช้แรง ดึง 1.5 นิวตัน	มีสีน้ำตาลแดง เส้นใ นุ่มมาก ความเหนียวลดลง	สีน้ำตาลปนดำ เส้นใ เริ่มขุ่น นุ่มมาก ไม่ค่อย เหนียว
40	สีน้ำตาลแดงเข้ม เส้นใ เหนียวนุ่มทั้งหมดใช้แรง ดึง 4.6 นิวตัน	มีสีน้ำตาลแดงเข้ม เส้นใ อ่อนนุ่มมาก ความเหนียว ลดลง	สีน้ำตาลแดงปนดำ เส้นใ เริ่มขุ่น ความเหนียวลดลง	สีน้ำตาลปนดำ เยื่อส่วน ใหญ่จะขุ่นมาก เส้นใมี ความเหนียวเล็กน้อย

จากตาราง 1 จะเห็นว่าเส้นใยกล้วยที่ผ่านการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการนำไปฟอกเชื้อ คือที่ ความเข้มข้น 3% เวลา 30 นาที, ความเข้มข้น 5% เวลา 20 นาที และที่ความเข้มข้น 7% เวลา 10 นาที

ตาราง 2 แสดงลักษณะเยือกกล้วยที่ได้จากการต้มโดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้นต่างๆ กัน ในระยะเวลาฟอกเชื้อ 20 นาที

ระยะเวลา (นาที)	ลักษณะเยือกที่ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์			
	1%	2%	3%	4 %
5	เยือกสีขาว นุ่ม มีความเหนียว 0.3 นิวตัน	เยือกสีขาว นุ่ม มีความเหนียวเล็กน้อย 0.1 นิวตัน	เยือกมีสีขาวมาก ส่วนมากเริ่มยุ่ยนิ่ม	เยือกมีสีขาวมากส่วนใหญ่จะยุ่ย
10	เยือกสีขาวเพิ่มขึ้นนุ่ม มีความเหนียว 0.1 นิวตัน	เยือกมีสีขาวเพิ่มขึ้น นุ่ม เยือกเริ่มยุ่ย	เยือกมีสีขาวมาก จนเป็นสีขาวขุ่น และ	เส้นใยละมาก ไม่เป็นเส้น
15	เยือกสีขาวมากนุ่มมือ ส่วนมากเริ่มยุ่ย	เยือกมีสีขาวมาก นุ่ม เยือกส่วนมากยุ่ย	เส้นใยละมากไม่เป็นเส้น	ละมากจนไม่มีเส้นใย เหลืออยู่เลย
20	เยือกสีขาว นุ่ม ส่วนมากยุ่ย	เยือกขาวมากจนเป็นสีขาวขุ่น ไม่เป็นเส้น	ละมากจนไม่มีเส้นใย เหลืออยู่เลย	ละมากจนไม่มีเส้นใย เหลืออยู่เลย กลายเป็นผงละเอียดสีขาว

จากตาราง 2 เยือกกล้วยเมื่อฟอกเสร็จแล้วที่เหมาะสมจะนำไปย่อยเชื้อต่อคือ ที่ใช้สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้น 1% ระยะเวลา 10 นาที












ตาราง 3 แสดงลักษณะเชื้อ และกระดาษที่ได้จากการย่อยเชื้อแบบทุบเชื้อและตีบ้นเชื้อ




วิธีการย่อยเชื้อ	ลักษณะเชื้อที่ได้	ลักษณะกระดาษที่ได้
การทุบเชื้อ	มีสีขาว เส้นใยยาว เหนียวนิ่ม เส้นใยยังไม่แยกออกจากกัน	มีสีขาวนวล มีเชื้อยวผสมอยู่ด้วยทำให้เกิดลวดลายบนแผ่นกระดาษ กระดาษมีความหนาบางไม่เท่ากันตลอดทั้งแผ่น ความเหนียวของกระดาษรับน้ำหนักได้ 552 กรัม
การตีบ้นเชื้อ	เส้นใยมีสีขาว เส้นใยสั้น นุ่มและฟูขึ้น เชื้อกระดาษกระจายตัวกันดี	มีสีขาวนวล มีเชื้อยวผสมอยู่บ้างแต่น้อย กระดาษมีความหนาบางเกือบเท่ากันทั้งแผ่น ความเหนียวของกระดาษรับน้ำหนักได้ 790 กรัม

จากตาราง 3 พบว่าวิธีการย่อยเชื้อทั้ง 2 วิธี สามารถผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือได้ทั้ง 2 วิธี ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันคือ วิธีทุบเชื้อจะทำให้มีเชื้อยวทำให้เกิดลวดลายบนแผ่นกระดาษได้ ข้อเสียคือเชื้อไม่ค่อยกระจายตัวดีทำให้เป็นแผ่นกระดาษยาก ส่วนการตีบ้นเชื้อเชื้อกระดาษกระจายตัวกันดี ฟู ตัดเป็นแผ่นกระดาษได้ง่าย กระดาษมีความสม่ำเสมอ แต่เส้นใยบนกระดาษจะสั้น

ตอนที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบเชื้อที่ได้ระหว่างกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทั้งสดและแห้ง

ตาราง 4 แสดงลักษณะเชื้อของกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม

วัตถุประสงค์	ลักษณะ	ลักษณะเชื้อที่ได้		
		ก่อนทำการต้ม	เมื่อต้มด้วย	เมื่อฟอกเชื้อแล้ว
กล้วยน้ำว้า	สด	สีน้ำตาลอ่อน เส้นใยแข็งกระด้าง ไม่กระจายตัว รวมเป็นกลุ่ม ทนแรงดึงได้ 1.5 นิวตัน 	สีน้ำตาลแดง เส้นใยนิ่ม เส้นใยดี แยกจากกันได้ เหนียวมากทนแรงดึงได้ 1.5 นิวตัน 	สีขาว นุ่ม เหนียว ทนแรงดึงได้ 0.5 นิวตัน 
	แห้ง	สีน้ำตาลอ่อน เส้นใยแข็งเหนียว ไม่กระจายตัว รวมเป็นกลุ่ม ทนแรงดึง 2 นิวตัน 	สีน้ำตาลแดง เส้นใยนิ่ม เส้นใยดี แยกออกจากกันได้ ทนแรงดึง 1.0 นิวตัน 	สีขาวออกเหลือง ฟอกให้สีขาวได้ยาก เส้นใยนิ่ม แยกออกจากกันได้ง่าย ทนต่อแรงดึง 0.5 นิวตัน 
กล้วยหอม	สด	สีขาว เส้นใยแข็ง ไม่กระจายตัว รวมกันเป็นกลุ่ม ทนแรงดึง 0.5 นิวตัน 	สีน้ำตาล เส้นใยนิ่ม เหนียว เชื้อได้มากกว่ากล้วยน้ำว้า ทนแรงดึง 0.5 นิวตัน 	สีขาว นุ่ม เหนียวเล็กน้อยดึงแยกออกจากกันได้ง่าย ทนต่อแรงดึง 0.3 นิวตัน 

<p>ลักษณะ เยื่อจาก กลี้อง จุดพรรณ</p>	<p>แห้ง</p>	<p>สีน้ำตาลอ่อน เส้นใยแข็ง ไม กระจายตัวรวมกันเป็นกลุ่ม ทนต่อแรงถึง 1 นิวตัน</p> 	<p>สีน้ำตาล เส้นใยนิ่ม เหนียวดึงแย ออกจากกันได้ง่าย ทนต่อแรงดึง 1.0 นิวตัน</p> 	<p>สีขาวออกเหลือง ฟอกได้ ยาก เส้นใยเหนียว นุ่ม ดึง ขาดจากกันได้ง่าย ทนต่อแรง ดึง 0.3 นิวตัน</p> 
---	-------------	---	---	---

ตาราง 5 แสดงร้อยละของเชื้อกล้วยที่ได้และลักษณะกระดาศที่ได้จากกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม

พันธุ์กล้วย	ลักษณะ วัตถุดิบ	ร้อยละของ เชื้อที่ได้	ลักษณะของกระดาศที่ได้
กล้วยน้ำว้า	สด	2.8	กระดาศมีสีขาวนวล การกระจายของเชื้อสม่ำเสมอ มีเส้นใยขาวปนอยู่ด้วย กระดาศรับน้ำหนักได้ 552 กรัม เนื้อกระดาศไม่ค่อยนิ่ม
	แห้ง	12.5	กระดาศมีสีขาวออกน้ำตาล มีเชื้อขาวปนอยู่ เชื้อกระจายตัวไม่ค่อยดีนัก กระดาศรับน้ำหนักได้ 500 กรัม เนื้อกระดาศไม่ค่อยนิ่ม
กล้วยหอม	สด	4.5	กระดาศมีสีขาวนวล มีเชื้อขาวปนอยู่ด้วย เนื้อกระดาศเชื้อกระดาศกระจายสม่ำเสมอ เนื้อกระดาศหยาบไม่นิ่ม กระดาศรับน้ำหนักได้ 790 กรัม
	แห้ง	17.0	กระดาศมีสีขาวนวล มีเชื้อขาวปนอยู่ด้วย เชื้อกระดาศกระจายตัวดี เนื้อกระดาศไม่ค่อยนิ่ม กระดาศรับน้ำหนักได้ 800 กรัม

จากตาราง 4 และ 5 เกี่ยวกับเชื้อกระดาศที่ได้จากกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม ทั้งสดและแห้ง พบว่าลักษณะเชื้อที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่เชื้อที่ได้จากกล้วยน้ำว้าแห้งและกล้วยหอมแห้ง เวลาฟอกเชื้อจะฟอกได้ขาวน้อยกว่าเชื้อสด และน้ำหนักของเชื้อที่ได้คเป็นร้อยละวัตถุดิบแห้งจะให้ปริมาณเชื้อมากกว่ากล้วยหอมให้น้ำหนัก คิดเป็นร้อยละของเชื้อสูงกว่ากล้วยน้ำว้า แต่เมื่อทาไปแผ่นกระดาศจะได้กระดาศที่มีลักษณะไม่แตกต่างกันมากนัก

ตอนที่ 3 การปรับปรุงกระดาษกล้วยที่ได้

ตาราง 6 เปรียบเทียบกระดาษกล้วยที่ผลิตได้กับกระดาษสาที่ขายในท้องตลาดในด้านต่างๆ

ตัวอย่างที่ศึกษา	ลักษณะทั่วไป	น้ำหนัก กระดาษ (กรัม)	ความ เหนียว (กรัม)	ความทึบ แสง (กรัม)	การซึมน้ำขอ กระดาษ (วินาที)
กระดาษสา	ผิวกระดาษเรียบ เหนียวนิ่ม โปร่ง แสง มีเส้นใยยาวและสั้นปนกัน ติดสีดี สีสวยงาม	200	333	5	9
กระดาษกล้วย น้ำว่า	ผิวกระดาษไม่ค่อยเรียบ บางที่ บาง บางที่หนา ไม่ค่อยนิ่ม เหนียว มีเชื้อสั้นรวมเป็นกลุ่มๆ แทรก ด้วยใยยาวแต่ไม่มาก	175	552	10	5
กระดาษกล้วย หอม	ผิวกระดาษไม่ค่อยเรียบ บางที่ บาง บางที่หนา เหนียว ไม่ค่อยนิ่ม มีเส้นใยสั้นรวมกันเป็นกลุ่มๆ แทรกด้วยเส้นใยยาว	150	790	10	5
กระดาษกล้วย ข้อมลิ	เยื่อกระดาษติดสีดี ทึบแสง เหนียว ผิวไม่เรียบ มีเชื้อเส้นใย สั้นมากกว่ายาว	150	780	3	5
กระดาษกล้วย ข้อมลิ น้ำแป้ง	ผิวกระดาษไม่ค่อยเรียบ กระดาษ แข็ง มีเส้นใยสั้นทับกันเป็นกลุ่มๆ เส้นใยยาวแทรกอยู่เล็กน้อย บางที่ บางบางที่หนา	150	1,167	7	7

จากตาราง 6 จะเห็นว่ากระดาษก๊วยที่ได้และเมื่อนำมาปรับปรุงจะมีคุณภาพต่างๆ แตกต่างไม่มากนัก จากกระดาษสาที่มีขายในท้องตลาด สามารถใช้ต้นก๊วยมาทำกระดาษที่ทำด้วยมือได้

## บทที่ 5

### สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือจากต้นกล้วย

วิธีการผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือจากต้นกล้วย ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมคือ 3% โดยน้ำหนัก ระยะเวลาต้ม 30 นาที การฟอกเยื่อใช้สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก ระยะเวลา 10 นาที ส่วนการย่อยเยื่อใช้ได้ทั้งวิธีการทุบเยื่อและการตีปั่นเยื่อ ซึ่งวิธีการทุบเยื่อจะให้เส้นใยของเยื่อยาว แต่การกระจายตัวของเยื่อไม่ดี วิธีการตีปั่นเยื่อทำให้เส้นใยเยื่อสั้น แต่เยื่อกระจายตัวดี เมื่อนำเยื่อที่ได้มาตากเยื่อทำเป็นแผ่นกระดาษ เยื่อจากต้นกล้วยสามารถผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือได้

ตอนที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบเยื่อที่ได้ระหว่างกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมทั้งสดและแห้ง

จากการศึกษาพบว่าเยื่อที่ได้จากกล้วยน้ำว้าและกล้วยหอมมีลักษณะไม่แตกต่างกัน เยื่อที่ได้จากวัตถุดิบแห้งและฟอกเยื่อได้ขาวน้อยกว่าวัตถุดิบสด กล้วยหอมจะให้น้ำหนักคิดเป็นร้อยละของเยื่อแห้งสูงกว่ากล้วยน้ำว้า วัตถุดิบแห้งจะให้น้ำหนักคิดเป็นร้อยละของเยื่อแห้งสูงกว่าวัตถุดิบสด เมื่อนำมาทำเป็นกระดาษ ให้คุณภาพของกระดาษไม่แตกต่างกันมากนัก

ตอนที่ 3 การปรับปรุงกระดาษกล้วยที่ได้และการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของกระดาษในด้านต่างๆ

กระดาษกล้วยที่ได้ เมื่อนำไปศึกษาคุณภาพในด้านต่างๆ คือลักษณะทั่วไป น้ำหนักกระดาษ ความเหนียว ความทึบแสง และการซึมน้ำของกระดาษ เปรียบเทียบกับกระดาษสาที่ขายในท้องตลาด พบว่า กระดาษกล้วยที่ได้ยังมีคุณภาพด้อยกว่ากระดาษสาในบางเรื่อง เช่น ความเรียบของกระดาษ การมีเส้นใยยาวปะปนอยู่ในเนื้อกระดาษ และน้ำหนักของกระดาษ ส่วนในด้านความเหนียว ความทึบแสง และการซึมน้ำของกระดาษไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อนำเยื่อกล้วยที่ได้มาช้อมสีจะติดสีได้ดี และการพ่น้ำแป้งเข้าไปกับเยื่อ เมื่อนำไปทำกระดาษกระดาษจะเหนียวขึ้น

## อภิปรายผลการทดลอง

ต้นกล้วยสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือได้เป็นอย่างดี เพราะหาได้ง่าย มีปลูกกันอยู่ทั่วไป และเป็นวัตถุดิบที่ไม่ค่อยได้มีการนำไปใช้ประโยชน์หลังจากการตัดเอาเครือกล้วยไปแล้ว ดังนั้นในการทำโครงการครั้งนี้จึงได้พยายามที่จะศึกษาการนำเอาต้นกล้วยมาทำเป็นกระดาษที่ทำด้วยมือเพื่อเป็นแนวทางที่ชาวบ้านที่มีการปลูกกล้วย จะได้นำต้นกล้วยมาใช้ประโยชน์เป็นการเพิ่มคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้มีประโยชน์สูงสุด ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าต้นกล้วยสามารถนำมาผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือได้ แต่ยังคงต้องการปรับปรุงในด้านต่างๆ อีกเพื่อให้กระดาษที่ผลิตได้มีคุณภาพดีขึ้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้มาก จากการศึกษาการทำกระดาษกล้วยเมื่อเปรียบเทียบกับกระดาษสาในปัจจุบันในด้านต่างๆ พบว่า

สิ่งเปรียบเทียบ	กระดาษสา	กระดาษกล้วย
วัตถุดิบที่ใช้	หาได้ยากเพราะต้องตัดมาจากธรรมชาติเป็นการตัดไม้ทำลายป่าและมีปริมาณไม่แน่นอน	หาได้ง่ายเพราะมีปลูกกันอยู่ทั่วไปและเป็นวัตถุดิบที่เหลือจากการปลูกกล้วย ส่งเสริมให้มีการปลูกเพื่อเพิ่มปริมาณได้
ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้	15%	3%
ระยะเวลาในการต้มเชื้อ	5 ชั่วโมง	30 นาที
ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรด์	4%	1%
ระยะเวลาฟอกเชื้อ	3 ชั่วโมง	10 นาที



% ของเชื้อที่ได้	52	17
------------------	----	----

จากการเปรียบเทียบที่กล่าวมาจะพบว่ากระดาษกล้วยมีแนวโน้มที่น่าจะทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนได้ เพราะ ปริมาณวัตถุดิบก็มีเป็นจำนวนมากพอไม่ขาดแคลนเหมือนกับกระดาษสาที่ได้มาจากเปลือกสาที่ตัดมาจากธรรมชาติซึ่งในปัจจุบันมีการขาดแคลนอย่างมาก ต้นทุนการผลิตในด้านต่างๆ เช่น การต้มเชื้อ การฟอกเชื้อ จะใช้สารเคมีน้อยกว่า ระยะเวลาสั้นกว่า จะมีข้อเสียก็เป็นเรื่องของปริมาณร้อยละของเชื้อที่ได้ ยังอยู่ในระดับร้อยละ 17 ของวัตถุดิบแห่งที่ใช้เท่านั้น ซึ่งเมื่อทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนก็ทำการเพิ่มวัตถุดิบในการต้มให้มากขึ้นก็จะได้เชื้อมากขึ้นพอที่จะทำกระดาษที่ทำด้วยมือจากต้นกล้วยก็จะแก้ปัญหาได้

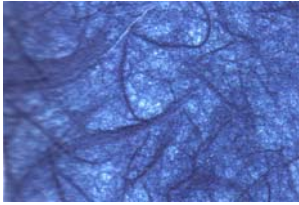
#### ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้า

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสร้างเครื่องต้มน้ำเชื้อ เพื่อต้มน้ำเชื้อให้ได้จำนวนมากและเชื้อไม่ขาดมากนัก
2. ควรมีการศึกษาวิธีการรีดเยื่อกระดาษเพื่อทำให้กระดาษที่ผลิตได้เรียบ และการกระจายของเชื้อให้สม่ำเสมอที่แผ่นกระดาษ
3. ควรมีการศึกษาวิธีการลอกเยื่อของต้นกล้วยออกมาก่อนและใช้เป็นวัตถุดิบในการทำกระดาษ เพื่อเป็นการเพิ่มร้อยละของเชื้อที่ได้ให้มากขึ้น

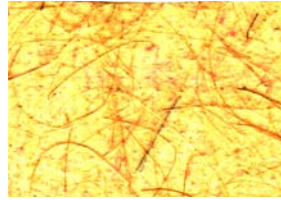
## ภาคผนวก

### ตัวอย่างกระดาษ

กระดาษที่ขายตามท้องตลาด



กระดาษจากกล้วยน้ำว้า



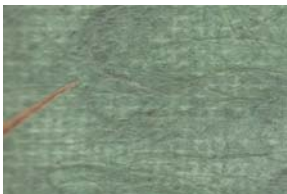
กระดาษจากกล้วยหอม



กระดาษกล้วยข้อมสี



กระดาษกล้วยข้อมสีผสมแป้ง



## บรรณานุกรม

- ฉลอง เอี่ยมอาทร การทำกระดาษจากผักตบชวา อุตสาหกรรมสาร มกราคม 2529  
หน้า 41 – 44
- ธนศ เดโชและคณะ การพัฒนากล้วยเพื่อการส่งออกและขายในประเทศ เคหการเกษตร  
ปีที่ 15 ฉบับที่ 12 ธันวาคม 2534 หน้า 61 – 74
- ราชบัณฑิตยสถาน สารานุกรมไทย เล่ม 1 พิมพ์ครั้งที่ 2 ไทศาลศิลป์การพิมพ์ กรุงเทพฯ 2530,  
หน้า 483 – 493
- วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, สถาบัน วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน 2  
โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ 2532, 107 หน้า
- ศิริอร ปักยิม และคณะ กระดาษที่ผลิตด้วยมือจากเปลือกของพืชชนิดต่างๆ  
เอกสารประกอบโครงการงานทางวิทยาศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2533, 19 หน้า
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน เอกสารสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เล่ม 2 วิชาเคมี  
พิมพ์ครั้งที่ 3 2531, 50 หน้า
- สมบัติ อัสวปียานนท์และคณะ การปรับปรุงวิธีการผลิตกระดาษสา เอกสารเขียนเล่มของ  
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2526, 20 หน้า
- สุพจน์ ไข่เทียมวงศ์ การผลิตเยื่อกระดาษโดยกรรมวิธีการหมักจากฟางข้าว  
วารสารวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 5 พฤษภาคม 2528, หน้า 195 - 200