

รายงานบทความโครงงานวิจัย ฉบับย่อ

เรื่อง

การผลิตกระดาษจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคุณภาพดี

นายชยพร ทงคำ

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีการศึกษา 2556

รายงานบทความวิทยานิพนธ์ฉบับย่อได้ผ่านการตรวจสอบแล้วจาก

.....

(นายชยพร ทงคำ)

นักศึกษา

.....

(ผศ.ดร.นุชจรินทร์ เหลืองสะอาด)

ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย

1. แผ่นดิสก์บันทึกรายงานบทความวิทยานิพนธ์ฉบับย่อ 1 แผ่น
2. สิ่งตีพิมพ์ต้นฉบับรายงานบทความวิทยานิพนธ์ฉบับย่อ 1 ชุด

การผลิตกระดาษจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อยูคาลิปตัส

Paper Making from Coconut Stem Pulp mixed with Eucalyptus Pulp

ยงยุทธ ทองคำ^{1*} นุชจรินทร์ เหลืองสะอาด²Yongyut Thongkham^{1*} Nucharin Luangsaard²¹ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

²ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Corresponding author, E-mail: aprinting49@gmail.co.th

บทคัดย่อ

การผลิตกระดาษจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อยูคาลิปตัส การทดลองเริ่มจากการต้มเยื่อลำต้นมะพร้าวด้วยระบบปิด โดยกระบวนการผลิตเยื่อแบบซัลเฟต และนำเยื่อลำต้นมะพร้าวที่ได้ไปฟอกเยื่อโดยวิธีการฟอกที่ปราศจากคลอรีน จากนั้นทำการขึ้นแผ่นกระดาษที่น้ำหนัก 80 กรัมต่อตารางเมตร โดยผสมเยื่อในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 มีการเติมสารเติมแต่ง 4 ชนิด คือ ตัวเติม สารต้านการซึมน้ำ สารเพิ่มความแข็งแรง และสารเพิ่มการตกค้าง แล้วนำกระดาษที่ผลิตได้มาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเชิงกล และสมบัติทางทัศนศาสตร์ ผลการทดลองพบว่า เยื่อยูคาลิปตัสมีความยาวเฉลี่ยของเส้นใยเท่ากับ 0.46 มิลลิเมตร และมีค่าความหยาบของเส้นใยเท่ากับ 38 ไมโครกรัมต่อเมตร ส่วนเยื่อลำต้นมะพร้าวที่ผ่านการฟอกมีความยาวเฉลี่ยของเส้นใยเท่ากับ 0.34 มิลลิเมตร และมีค่าความหยาบของเส้นใยเท่ากับ 103 ไมโครกรัมต่อเมตร ผลการทดลองสมบัติทางกายภาพและทางเชิงกลของกระดาษพบว่า กระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อยูคาลิปตัสมีสมบัติความต้านทานแรงฉีกขาด ความต้านทานแรงดึงขาด และความต้านทานการโค้งงอที่มากกว่ากระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อลำต้นมะพร้าวตามลำดับอัตราส่วน ผลการทดลองสมบัติทางทัศนศาสตร์ของกระดาษพบว่า กระดาษที่ผลิตทุกอัตราส่วนมีค่าความขาวสว่างและค่าความทึบแสงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ มอก. 287-2533 กำหนด สำหรับความสามารถในการพิมพ์ กระดาษที่ผลิตในทุกอัตราส่วนนั้นมีค่าปริมาณเม็ดสีกรีนต่อพื้นที่และค่าขอบเขตสีอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน ISO 12647-2

คำสำคัญ : เยื่อลำต้นมะพร้าว / เยื่อยูคาลิปตัส / กระดาษพิมพ์และเขียน

Abstract

Paper making from coconut stem pulp mixed with eucalyptus pulp was started from cooking coconut stem chips in a closed sulphate pulping process and the pulp was then bleached by Elemental Chlorine Free process. Later the 80 g/m² of handsheet paper was formed by mixing the coconut stem pulp with eucalyptus pulp in the following ratios: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100. Besides, 4 additives were added including filler, sizing agent, wet strength agent and retention aids. All handsheets were then tested for their physical, mechanical and optical properties. The results revealed that the bleached coconut stem pulp had an average fiber length of 0.34mm and fiber coarseness of 103 microgram/meter. For the physical and mechanical properties of the paper, it was revealed that tear resistance, tensile strength and bending resistance properties of paper made from eucalyptus pulp was higher than paper made from coconut stem pulp, respectively on the ratios. The optical properties of the paper showed that paper made from all mixing ratios had the brightness and opacity that met Thai Industrial Standards (TIS 287-2533) for printing paper. As for printability of all the coconut stem pulp paper in all mixing ratios, had also met ISO 12647-2 standard for their dot area and color gamut.

Keywords: Coconut Stem Pulp / Eucalyptus Pulp / Printing and Writing Papers

1. บทนำ

อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษและสิ่งพิมพ์เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ อัตราการขยายตัวของอุตสาหกรรมนี้เป็นตัวบ่งชี้ความเจริญก้าวหน้าทางสังคมและการขยายตัวของเศรษฐกิจของประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณความต้องการใช้กระดาษสูงขึ้นในแต่ละปีอย่างต่อเนื่อง ปริมาณการผลิตและการบริโภคกระดาษเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวของภาวะเศรษฐกิจที่ปรับตัวดีขึ้น ทั้งภาคครัวเรือนและการผลิต ทำให้ความต้องการใช้กระดาษเพิ่มมากขึ้น และกระดาษมีความเชื่อมโยงกับการขยายตัวของหลายอุตสาหกรรม จึงมีโอกาสดตลาดเยื่อกระดาษจะยังสามารถขยายตัวได้ในอนาคต [1] การขยายตัวของอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษส่งผลให้กลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษของไทยมีกำลังการผลิตเยื่อกระดาษใยสั้นเพิ่มขึ้นตามลำดับ ปัจจุบันไทยมีกำลังการผลิตเยื่อกระดาษใยสั้นเป็นอันดับ 2 ในกลุ่มประเทศอาเซียน โดยไทยมีกำลังการผลิตปีละประมาณ 1 ล้านตัน ความต้องการเยื่อกระดาษในตลาดโลกเป็นปัจจัยที่

สะท้อนให้เห็นโอกาสในการขยายอุตสาหกรรม ปัจจุบันกว่าร้อยละ 60 ของตลาดเยื่อกระดาษโลกมาจากสหรัฐอเมริกา แคนาดา และกลุ่มประเทศสแกนดิเนเวีย ซึ่งประเทศเหล่านี้กำลังประสบปัญหาในการขยายพื้นที่ในการปลูกป่า และกำลังมีปัญหาคู่ต่อด้านจากขบวนการอนุรักษ์ธรรมชาติต่างๆที่เรียกร้องไม่ให้เกิดการขยายพื้นที่ปลูกป่าเพื่ออุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ จึงเกิดความจำเป็นในการกระจายฐานการผลิตมาสู่ภูมิภาคอื่น โดยเฉพาะพื้นที่เขตร้อนชื้นของโลกมากยิ่งขึ้น ประกอบกับความต้องการเยื่อกระดาษใยสั้นในตลาดโลกที่มีแนวโน้มขยายตัวในอัตราสูงมากขึ้น [2] ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิตเยื่อกระดาษในปัจจุบันจึงมีการนำเยื่อจากวัสดุที่ไม่ใช่ไม้ (Non-wood) มาใช้ผลิตเยื่อกระดาษเพิ่มมากขึ้นเพื่อเป็นการทดแทนการใช้เยื่อจากยูคาลิปตัส ซึ่งในอนาคตเยื่อเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะมีบทบาทมากขึ้นเพราะเป็นการนำวัตถุดิบที่ได้จากการปลูกพืชไร่มาใช้ ทั้งยังไม่เกี่ยวข้องกับการตัดไม้ทำลายป่า และมีความได้เปรียบเหนือกว่าไม้ ยูคาลิปตัสในเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการปลูกจนถึง

เวลาที่เก็บเกี่ยวกับผลผลิตได้คือจากที่ต้องใช้เวลา 5-6 ปี สำหรับยูคาลิปตัส และไม่สามารถเติบโตได้ทันความต้องการของอุตสาหกรรมกระดาษได้ ซึ่งการนำพืชหรือวัตถุดิบต่างๆ ในธรรมชาติที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถผลิตกระดาษได้มาเป็นทางเลือกและพัฒนากระดาษใหม่ๆ [3] ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำลำต้นมะพร้าวมาทำเยื่อกระดาษ เนื่องด้วยบริเวณจังหวัดปทุมธานีได้เกิดอุทกภัยในปี 2554 ทำให้น้ำท่วมพืชสวนไร่นาส่วนใหญ่ได้รับความเสียหาย รวมถึงสวนมะพร้าวน้ำหอมที่ถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลานานทำให้ต้นมะพร้าวตายเป็นจำนวนมากและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดซึ่งเปลืองพื้นที่ท้องร่องในสวน และไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ใดๆ มะพร้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งจากสำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8, 273 กรัม [4] เมื่อต้นมะพร้าวมีอายุที่มากและมีลำต้นที่สูงเกินกว่าจะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทำให้ต้องกำจัดและตัดต้นทิ้งเพื่อปลูกมะพร้าวรุ่นต่อไป สิ่งเดียวที่สามารถใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดก็คือยอดมะพร้าว ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าควรจะนำลำต้นมะพร้าวมาทำการผลิตกระดาษจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อยูคาลิปตัส วิจัยและศึกษาสมบัติเพื่อให้สามารถทดแทนหรือลดปริมาณการใช้เยื่อยูคาลิปตัสเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับอุตสาหกรรมกระดาษต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงสมบัติของเยื่อและกระดาษที่ผลิตเยื่อจากลำต้นมะพร้าวโดยผสมกับเยื่อยูคาลิปตัส เพื่อผลิตเป็นกระดาษพิมพ์และเขียน โดยเริ่มศึกษาสมบัติของเยื่อและกระดาษที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อยูคาลิปตัสในอัตราส่วนต่างๆ ทางกายภาพ ทางเชิงกล ทางทัศนศาสตร์ และทดสอบความสามารถในการพิมพ์ โดยการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความยาวเฉลี่ยของเส้นใย ความหนา

ของเส้นใย การให้น้ำไหลผ่านของเยื่อ น้ำหนักมาตรฐานและความหนา การทดสอบสมบัติทางเชิงกล ได้แก่ ความหนา การซึมผ่านของอากาศ ความต้านแรงฉีกขาด ความต้านแรงดึง ความต้านทานการโค้งงอ และการดูดซึมน้ำ การทดสอบสมบัติทางทัศนศาสตร์ ได้แก่ ค่าความขาวสว่าง ค่าความทึบแสง และการทดสอบทางด้านการพิมพ์ ได้แก่ ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ ค่าความดำ และค่าขอบเขตสี

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้ลำต้นมะพร้าวน้ำหอมอายุ 10 ปี จากอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี และใช้เยื่อยูคาลิปตัส จากบริษัท Siam Cement Group (SCG) ทำการทดลองและใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ Pulp & Paper Technology, AIT โดยขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การผลิตเยื่อจากลำต้นมะพร้าวเตรียมลำต้นมะพร้าวโดยจัดหาต้นมะพร้าวในพื้นที่ อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี ที่มีอายุประมาณ 9-10 ปี นำมาปลอกเปลือกแล้วหั่นย่อยเป็นชิ้นขนาดความยาวประมาณ 1 นิ้ว กว้าง 1 นิ้ว แล้วนำไปตากในที่ที่มีอากาศถ่ายเท แล้วนำชิ้นต้นมะพร้าวไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้ง (Dry matter Content of Chips) ตามมาตรฐาน ISO 638: 2008 จากนั้นทำการต้มเยื่อด้วยสภาวะที่เหมาะสมด้วยระบบปิด

ตารางที่ 1 สภาวะการต้มเยื่อที่เหมาะสม

สภาวะการต้มเยื่อที่เหมาะสม	
ปริมาณน้ำหนักแห้งต้นมะพร้าว (กรัม)	300
ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ)	24
ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ (ร้อยละ)	30
อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มเยื่อ (C°)	170
ระยะเวลาต้มเยื่อเมื่อเดือด (นาที)	90
อัตราส่วนระหว่างต้นมะพร้าว : น้ำ	1:4

ขั้นตอนที่ 2 การฟอกเยื่อ หลังจากทำการหาค่า Kappa Number ของเยื่อลำต้นมะพร้าวแล้ว โดยมีค่าเท่ากับ 16.7 นำมาคำนวณการฟอกเยื่อ เพื่อให้เยื่อมีความขาวสว่างเพิ่มมากขึ้น โดยวิธีการฟอกที่ปราศจากคลอรีน (Elemental Chlorine Free bleaching; ECF) ทำปฏิกิริยา

กับลิกนินให้ลิกนินหลุดออกจากเยื่อเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้ค่า Kappa Number ลดลง และฟอกด้วยเปอร์ออกไซด์ตามสภาวะในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สภาวะการฟอกเยื่อ

ขั้นตอนการฟอก	D ₀	E-STAGE	D ₁	D ₂
ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (ร้อยละ)	0.25 Kappa No.	-	2.5	1.25
ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ)	-	2	0.4	0.2
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	60	60	70	70
เวลา (นาที)	60	60	180	150
ความชื้น (ร้อยละ)	10	10	10	10

จากนั้นนำเยื่อมาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางทัศนศาสตร์ ของเยื่อลำต้นมะพร้าวที่ไม่ผ่านการฟอกเยื่อและผ่านการฟอกเยื่อ โดยนำเยื่อมาทดสอบดังนี้

- 1) ความยาวเฉลี่ยของเส้นใย (Fiber length)
- 2) ความหยาบของเส้นใย (Fiber coarseness)
- 3) การให้น้ำไหลผ่านของเยื่อ (Canadian Standard freeness; CSF)
- 4) ความขาวสว่าง (Brightness)

ขั้นตอนที่ 3 การเติมสารเติมแต่งและการทำแผ่นนำเยื่อที่ได้มาเติมสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการให้ดีขึ้น โดยการเติม ตัวเติม (แคลเซียมคาร์บอเนต) 2%, สารต้านทานการซึมน้ำ (แอลคิลีนไดเมอรั) 2%, สารเพิ่มการตกค้าง (Retention Aid) 0.39%, และสารเพิ่มความแข็งแรง (แป้งประจุบวก) 1.2 % จากนั้นนำเยื่อไปปั่นกระจายเยื่อ จากนั้นทำการขึ้นแผ่นกระดาษ น้ำหนัก 80 กรัมต่อตารางเมตรจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคัลลิปัสในอัตราส่วนดังนี้ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100

ตารางที่ 3 อัตราส่วนระหว่างเยื่อลำต้นมะพร้าวและเยื่อคัลลิปัส

เยื่อลำต้นมะพร้าว	เยื่อคัลลิปัส
100	0
75	25
50	50
25	75
0	100

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนทดสอบ ในการทดสอบนี้ จะทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพคือ น้ำหนักมาตรฐาน (Basis weight) ทดสอบตามมาตรฐาน SCAN-P 6, ความหนา (Thickness) ทดสอบตามมาตรฐาน SCAN-P 7, ความหยาบ (Roughness) ทดสอบตามมาตรฐาน SCAN-P 21, ทดสอบสมบัติทางเชิงกลคือการซึมผ่านของอากาศ (Air Permeability) ทดสอบตามมาตรฐาน SCAN-P 60, ความต้านแรงฉีกขาด (Tearing - Resistance) ทดสอบตามมาตรฐาน SCAN-P 11, ความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ทดสอบตามมาตรฐาน SCAN-P 67, ความต้านทานการโค้งงอ (Bending Resistance) ทดสอบตามมาตรฐาน SCAN-P 29, การดูดซึมน้ำ (Water Absorbency) ทดสอบตามมาตรฐาน SCAN-P 12 ทดสอบสมบัติทางทัศนศาสตร์ คือ ความขาวสว่าง (Brightness) ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T425, ความทึบแสง (Opacity) ทดสอบตามมาตรฐาน SCAN-P 8, และทดสอบทางด้านกราฟิคมิมคือ ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ (Dot area), ค่าความดำ (Density), และค่าขอบเขตสี (Color Gamut)

3. ผลการทดลอง

แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การผลิตเยื่อกระดาษจากลำต้นมะพร้าว การผลิตเยื่อกระดาษจากลำต้นมะพร้าวในครั้งนี้ ใช้สภาวะการต้มเยื่อที่เหมาะสมในการต้มเยื่อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมซัลไฟด์

ตารางที่ 4 การต้มเยื่อจากลำต้นมะพร้าว

การต้มเยื่อ (ระบบปิด)	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ปริมาณเยื่อที่ได้ (ร้อยละ)	42.1	41.2	39.7

ตารางที่ 5 การฟอกเยื่อจากลำต้นมะพร้าว

ขั้นตอนการฟอก	D ₀	E-STAGE	D ₁	D ₂
ปริมาณเยื่อที่ได้ (ร้อยละ)	33.0	32.5	31.5	31.3
ความขาวสว่าง (%ISO)	34.8	-	65.5	79.5

จากตารางที่ 4 และ 5 พบว่า จากการต้มเยื่อ ปริมาณเยื่อที่ได้เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 41 และในแต่ละ ขั้นตอนการฟอก เยื่อที่ได้มีความขาวสว่างเพิ่มขึ้น หลังจากขั้นตอนการฟอก D₂ โดยมีความขาวสว่างเท่ากับ 79.5 % และปริมาณเยื่อที่ได้เท่ากับร้อยละ 31.3

ส่วนที่ 2 ทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติของ เยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวและเยื่อเยื่อคาลิปต์ส จากการ ทดสอบสมบัติต่างๆทั้งทางกายภาพและทางทัศนศาสตร์ ของเยื่อลำต้น มะพร้าว และเยื่อเยื่อคาลิปต์ส ซึ่ง ประกอบด้วย ความยาวเฉลี่ยของเส้นใย (Fiber length), ความหยาบของเส้นใย (Fiber coarseness), การให้น้ำ ใหลผ่านของเยื่อ (Canadian Standard freeness; CSF), และความสว่าง (Brightness)

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางทัศนศาสตร์ ของเยื่อลำต้นมะพร้าวและเยื่อเยื่อคาลิปต์ส

การทดสอบ	เยื่อลำต้น มะพร้าว		เยื่อเยื่อ คาลิปต์ส
	เยื่อที่ ไม่ฟอก	เยื่อที่ ฟอก	เยื่อที่ ฟอก
ค่าความยาวเฉลี่ย ของเส้นใย (มิลลิเมตร)	0.39	0.34	0.46
ค่าความหยาบของเส้นใย (ไมโครกรัมต่อเมตร)	115	103	38
ค่าการให้น้ำใหล ผ่านของเยื่อ (มิลลิลิตร)	695	615	580
ค่าความสว่าง (% ISO)	25.9	79.5	-

จากตารางที่ 6 พบว่า เยื่อลำต้นมะพร้าวมีค่า ความเฉลี่ยของเส้นใยที่สั้นกว่าเยื่อเยื่อคาลิปต์ส ส่วนค่า ความหยาบของเส้นใยและค่าการให้น้ำใหลผ่านของเยื่อ

ลำต้นมะพร้าวมีค่ามากกว่าเยื่อเยื่อคาลิปต์ส สำหรับเยื่อลำ ต้นมะพร้าวเมื่อผ่านการฟอกจะมีค่าความยาวเฉลี่ยที่สั้น ลง ค่าความหยาบของเส้นใยลดลง และค่าการให้น้ำใหล ผ่านของเยื่อลดลง

ส่วนที่ 3 ทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติของ กระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อเยื่อ คาลิปต์ส จากการทดสอบสมบัติต่างๆ คือ สมบัติทาง กายภาพ สมบัติทางเชิงกล และสมบัติทางทัศนศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบหา น้ำหนักมาตรฐาน (Basis weight), ความหนา (Thickness), ความหยาบ (Roughness), การซึมผ่านของอากาศ (Air Permeability), ความต้านแรงฉีกขาด (Tearing Resistance), ความต้าน แรงดึงขาด (Tensile Strength), ความต้านทานการโค้งงอ (Ben test), การดูดซึมน้ำ (Water Absorbency), ความขาว สว่าง (Brightness), ความทึบแสง (Opacity)

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเชิงกล และสมบัติทางทัศนศาสตร์ ของเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อเยื่อ คาลิปต์ส

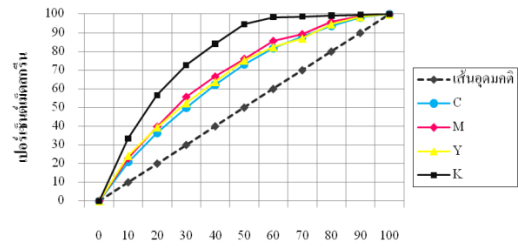
การทดสอบ	เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อเยื่อคาลิปต์ส				
	100:0 $\bar{x} \pm$ std.	75:25 $\bar{x} \pm$ std.	50:50 $\bar{x} \pm$ std.	25:75 $\bar{x} \pm$ std.	0:100 $\bar{x} \pm$ std.
น้ำหนัก มาตรฐาน (g/m ²)	85.4 \pm 0.66	85.1 \pm 0.76	84.9 \pm 0.48	83.9 \pm 0.70	83.6 \pm 0.67
ความหนา (micron)	138 \pm 1.90	142 \pm 1.31	145 \pm 0.47	155 \pm 1.41	167 \pm 1.19
ความหยาบ (mL/min)	1243 \pm 43.6	1048 \pm 86.6	948 \pm 25.5	872 \pm 42.4	821 \pm 22.8
การซึมผ่าน ของอากาศ (mL/min)	2250 \pm 25.3	2294 \pm 32.0	2442 \pm 22.1	3018 \pm 52.6	3292 \pm 57.2
ความต้านแรง ฉีกขาด (mN)	4.64 \pm 0.13	5.17 \pm 0.32	7.63 \pm 0.20	8.41 \pm 0.68	9.57 \pm 0.62

ความต้านทานแรงดึงขาด (kN.m/Kg)	16.7 ± 0.88	19.4 ± 1.11	21.2 ± 0.97	22.1 ± 1.18	24.6 ± 0.86
ความต้านทานการโค้งงอ (mN)	49 ± 3.75	58 ± 1.40	60 ± 1.37	89 ± 1.58	100 ± 5.19
การดูดซึมน้ำ (g/m ²)	62.1 ± 2.19	54.8 ± 3.13	49.1 ± 4.57	24.1 ± 2.09	21.4 ± 2.64
ค่าความขาวสว่าง (% ISO)	77.8 ± 0.41	76.9 ± 0.60	79.8 ± 0.43	75.7 ± 0.13	76.8 ± 0.56
ความทึบแสง (% ISO)	90.1 ± 0.62	90.3 ± 0.26	90.4 ± 1.16	92.1 ± 0.19	92.6 ± 0.25
ค่าสี L*a*b*	L*94.9 a*0.16 b*6.15	L*94.2 a*0.27 b*6.57	L*94.4 a*0.52 b*3.30	L*94.2 a*0.55 b*8.22	L*94.3 a*0.49 b*7.61

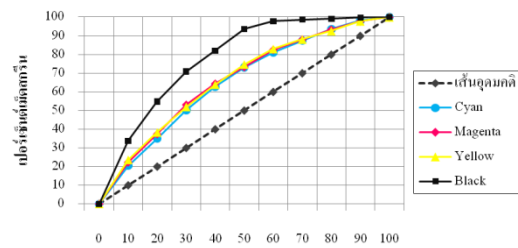
จากตารางที่ 7 พบว่า สมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตที่มีส่วนผสมของเยื่อลำต้นมะพร้าว นั้นจะมีค่าน้ำหนักมาตรฐาน ความหนา และความหยาบที่มากกว่ากระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อคาลิปต์ ส่วนสมบัติทางเชิงกล พบว่า กระดาษผลิตที่มีส่วนผสมของเยื่อลำต้นมะพร้าว นั้นมีความแข็งแรงน้อยกว่ากระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อคาลิปต์ ทั้ง ความต้านแรงดึงขาด ความต้านทานแรงดึงขาด และความต้านทานการโค้งงอ และสมบัติทางทัศนศาสตร์นั้น กระดาษในแต่ละอัตราส่วนมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ทั้ง ความขาวสว่าง ความทึบแสง และค่าสีของกระดาษ

ส่วนที่ 4 ทดสอบและเปรียบเทียบความสามารถในการพิมพ์ระบบออฟเซตแบบปฏิรูปแทนرابของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ จากการทดสอบทางด้านกราฟิคมิมพ์ คือ ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ (Dot area), ค่าความดำ (Density), และค่าขอบเขตสี L*a*b* (Color gamut)

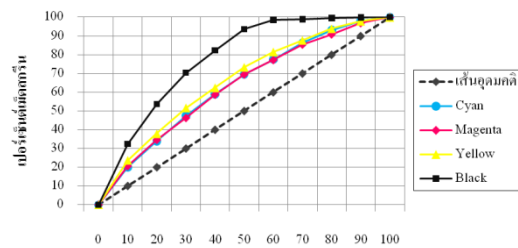
กราฟแสดงปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ (Dot area)



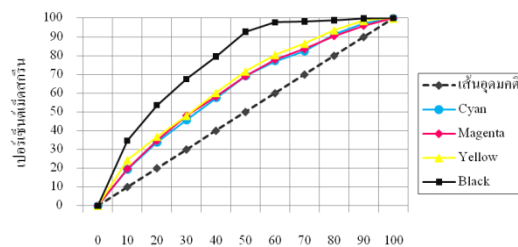
รูปที่ 3.1 ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 100:0



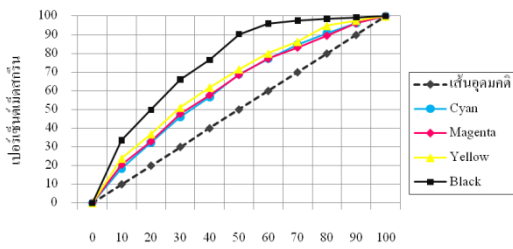
รูปที่ 3.2 ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 75:25



รูปที่ 3.3 ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 50:50



รูปที่ 3.4 ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 25:75



รูปที่ 3.5 ปริมาณเชื้อราขึ้นต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 0:100

จากรูปที่ 3.1-3.5 พบว่ากระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน 100:0 หรือกระดาษที่มีส่วนผสมของเชื้อลำต้นมะพร้าว นั้น มีการเกิดเชื้อราขึ้นบนของทุกสีมากที่สุด ส่วนกระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน 0:100 เกิดปัญหาเชื้อราขึ้นบนน้อยที่สุด ตามลำดับอัตราส่วน

สำหรับหมึกพิมพ์ทุกสีนั้นเกิดปัญหาเชื้อราขึ้นบนมากที่สุดบริเวณพื้นที่เชื้อรา 50 % และหมึกพิมพ์สีดำ (Black) เกิดปัญหาเชื้อราขึ้นบนมากที่สุด

ตารางที่ 8 แสดงค่าความดำของหมึกพิมพ์บนกระดาษ (Density)

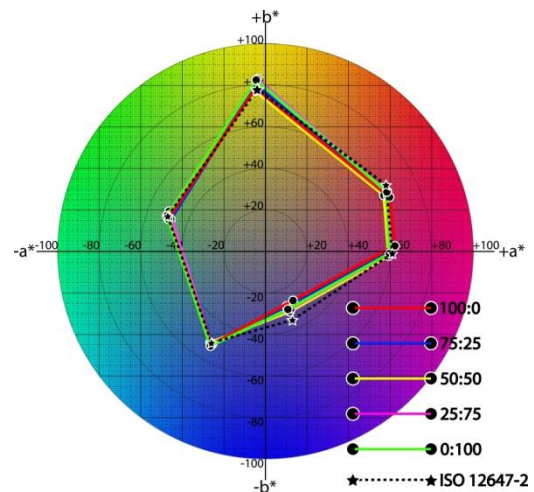
สี	ค่าความดำหมึกพิมพ์				
	เชื้อลำต้นมะพร้าว : เชื้อยูคาลิปตัส				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Cyan	0.86	0.89	0.89	0.90	0.91
Magenta	0.86	0.89	0.90	0.90	1.01
Yellow	0.79	0.84	0.85	0.85	0.87
Black	1.14	1.15	1.15	1.17	1.17

จากตารางที่ 8 พบว่า กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน 100:0 นั้น มีค่าความดำของหมึกพิมพ์ทุกสีน้อยที่สุด ส่วนในอัตราส่วน 0:100 มีค่าความดำของหมึกพิมพ์ของทุกสีมากที่สุด

ตารางที่ 9 แสดงค่า CIE L* a* b* ของหมึกพิมพ์บนกระดาษ

สี		ค่า L* a* b*				
		เชื้อลำต้นมะพร้าว : เชื้อยูคาลิปตัส				
		100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Cyan	L*	63.3	63.2	65.2	63.8	62.4
	a*	-25.9	-25.4	-26.6	-25.9	-26.4
	b*	-44.9	-44.4	-43.9	-44.5	-45.5

Magenta	L*	53.9	56.2	57.7	56.3	56.6
	a*	62.3	60.1	59.3	60.5	59.7
	b*	2.71	-0.20	-2.20	-0.76	-1.01
Yellow	L*	96.3	95.8	96.1	95.7	95.8
	a*	-4.77	-4.45	-4.98	-3.85	-4.38
	b*	78.7	80.5	77.3	83.1	82.6
Black	L*	31.4	31.4	32.5	32.3	31.7
	a*	1.01	1.04	1.18	1.14	0.98
	b*	-0.83	-0.45	-0.12	0.38	-0.60
Red	L*	52.7	53.0	56.0	54.4	54.4
	a*	59.7	58.8	57.1	58.6	58.4
	b*	26.2	26.8	27.0	28.9	28.7
Green	L*	58.4	56.5	58.9	57.6	56.1
	a*	-46.7	-45.6	-46.2	-46.3	-47.4
	b*	15.6	15.4	17.6	19.3	17.1
Blue	L*	36.7	37.8	39.6	38.3	36.6
	a*	13.3	10.1	11.7	12.2	10.8
	b*	-23.6	-26.3	-28.9	-27.6	-27.9



รูปที่ 3.6 แสดงค่าขอบเขตสี L*a*b* (Color gamut)

จากรูปที่ 3.6 แสดงค่าขอบเขตสีของกระดาษที่ผลิตกับค่าขอบเขตสีตามมาตรฐานของ ISO 12647-2 (Uncoated white) จะเห็นว่าค่าขอบเขตสีของกระดาษที่ผลิตในแต่ละอัตราส่วนนั้นใกล้เคียงกันในช่วงสีฟ้า (Cyan), สีเขียว (Green), สีเหลือง (Yellow), และสีม่วงแดง (Magenta) และมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2 ในส่วนของสีแดง (Red) และสีน้ำเงิน (Blue) นั้นมีค่าขอบเขตสีที่น้อยกว่าค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2

4. การสรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัย ทำการทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเชิงกล และสมบัติทาง ทศนศาสตร์ของเยื่อและกระดาษ และทดสอบความสามารถในการพิมพ์ระบบออฟเซตแบบปฐูฟแทนราบของกระดาษ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบสมบัติทางด้านกายภาพและทางด้านทศนศาสตร์ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำตันมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สกับกระดาษพิมพ์เขียนตามมาตรฐาน มอก. 287-2533 กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำตันมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส 100:0 มีค่าน้ำหนักมาตรฐาน (Basic Weight) มากที่สุดซึ่งมีค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกินกว่าค่า มอก.287-2533 โดยกำหนดไว้ที่ +/- 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอัตราส่วน 25:75, 0:100 อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ และค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorbency) กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน 25:75, 0:100 อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ที่ไม่เกิน 25 กรัมต่อตารางเมตร ส่วนค่าความขาวสว่าง (Brightness) ของกระดาษที่ผลิตในทุกอัตราส่วนมีค่าความขาวสว่างที่สูงกว่าค่า มอก.287-2533 โดยกำหนดค่าความขาวสว่างของกระดาษ 80 กรัมต่อตารางเมตร ไว้ไม่น้อยกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ (% ISO) และค่าความทึบแสง (Opacity) ของกระดาษที่ผลิตในทุกอัตราส่วนมีค่าความทึบแสงที่สูงกว่าค่า มอก.287-2533 โดยกำหนดค่าความทึบแสงของกระดาษ 80 กรัมต่อตารางเมตร ไว้ไม่น้อยกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ (% ISO) ซึ่งในส่วนสมบัติทางทศนศาสตร์ของกระดาษทุกอัตราส่วนสามารถนำไปพิมพ์ด้วยระบบออฟเซตได้

2. การเปรียบเทียบความสามารถในการพิมพ์ระบบออฟเซตแบบปฐูฟแทนราบของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำตันมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สกับค่ามาตรฐาน ISO 12647-2 กระดาษที่ผลิตในทุกอัตราส่วนมีค่าปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ หรือเรียกว่าเม็ดสกรีนบวม (Dot Gain) ของหมึกพิมพ์ทุกสีโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยกระดาษที่มีอัตราส่วนผสมของเยื่อลำตัน

มะพร้าว นั้นเกิดเม็ดสกรีนบวมมากกว่ากระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อคาลิปต์สตามลำดับอัตราส่วนผสม ส่วนค่าขอบเขตสี (Color gamut) ของกระดาษที่ผลิตในทุกอัตราส่วนมีค่าขอบเขตสีที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน ISO 12647-2 ในส่วนของความสามารถในการพิมพ์ระบบออฟเซตแบบปฐูฟแทนราบนั้น กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วนผสม เยื่อลำตันมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส 0:100 ให้คุณภาพงานพิมพ์ที่ดีที่สุด ส่วนอัตราส่วน 27:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 ให้คุณภาพงานพิมพ์น้อยที่สุดตามลำดับ ซึ่งกระดาษที่ผลิตในทุกอัตราส่วนนั้นสามารถให้คุณภาพงานพิมพ์บนกระดาษที่ใกล้เคียงกับมาตรฐาน ISO 12647-2 โดยสามารถนำกระดาษที่ผลิตใช้เป็นกระดาษพิมพ์และเขียนได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้งานวิจัยนี้เป็นการทดลองนำเยื่อลำตันมะพร้าวมาผลิตเป็นเยื่อเพื่อผลิตเป็นกระดาษพิมพ์เขียน โดยผสมกับเยื่อคาลิปต์สในอัตราส่วนต่างๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลำตันมะพร้าวสามารถนำมาผลิตเป็นเยื่อสำหรับผลิตกระดาษได้ โดยมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับ มาตรฐาน มอก.287-2533 แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของสารเติมแต่งอื่นๆเช่น สารฟอกขาว (Optical brightening agent) เพื่อเพิ่มสมบัติทางทศนศาสตร์ของกระดาษ และควรทำการทดลองบดเยื่อในระดับที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มสมบัติด้านเชิงกลของกระดาษ และทำการขัดผิวของกระดาษเพื่อเพิ่มความเรียบของกระดาษ ทำให้มีสมบัติด้านการพิมพ์เพิ่มขึ้น และควรนำเยื่อที่ได้ไปผลิตในกระบวนการอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตกระดาษ เพื่อผลิตกระดาษที่มีขนาดสำหรับอุตสาหกรรมการพิมพ์ ที่สามารถทดสอบพิมพ์ในเครื่องพิมพ์ออฟเซตแบบ Sheet-fed Offset ได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ.ดร.นุชจรินทร์ เหลืองสะอาด ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้ที่สนใจ

เอกสารอ้างอิง

1. สมาคมการพิมพ์ไทย, 20 มกราคม 2555, อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษของไทย สภาวการณ์ทั่วไป, [ออนไลน์], เข้าถึงจาก:
[http://www.thaiprint.org/thaiprint/index.php?option=com_zoo&view=item&item_id=308&Itemid=54,](http://www.thaiprint.org/thaiprint/index.php?option=com_zoo&view=item&item_id=308&Itemid=54)
2. นิตยสารผู้จัดการ, 5 เมษายน 2556, อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทย โอกาสและข้อจำกัดการเติบโต, [ออนไลน์], เข้าถึงจาก:
[http://info.gotomanager.com/news/printnews.aspx?id=3952,](http://info.gotomanager.com/news/printnews.aspx?id=3952)
3. Pulp and paper Manufacturing, 5 เมษายน 2556, แหล่งเส้นใยในการผลิตเยื่อกระดาษ, [ออนไลน์], เข้าถึงจาก:
http://c.environmentalpaper.org/documents/1685_chapter5.pdf
4. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 20 มกราคม 2555 ศูนย์ข้อมูลผลไม้, มะพร้าว [ออนไลน์], เข้าถึงจาก:
[http://www.oae.go.th/fruits/index.php/coconut-data,](http://www.oae.go.th/fruits/index.php/coconut-data)

