สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากการผสมเยื่อผักตบชวา สับปะรด และกล้วย การใส่สารกระจายเยื่อ และเพิ่มความแข็งแรงด้วยถ่านกัมมันต์ ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ปริมาณเส้นใยที่เหลือจากกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

ปริมาณเส้นใยที่เหลือจากกระบวนการเตรียมวัตถุดิบต้มแยกเส้นใยด้วย NaOH 10 g/l อุณหภูมิ 90 - 100 °C เวลา 3 ชั่วโมง ฟอกเยื่อด้วย H_2O_2 5 g/l อุณหภูมิ 90 - 100 °C เวลา 30 นาที

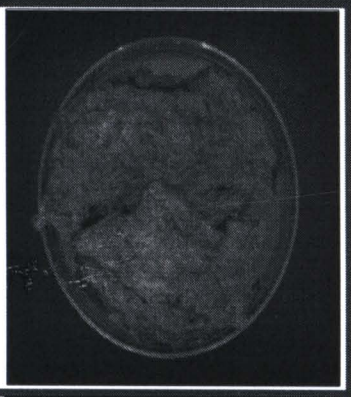
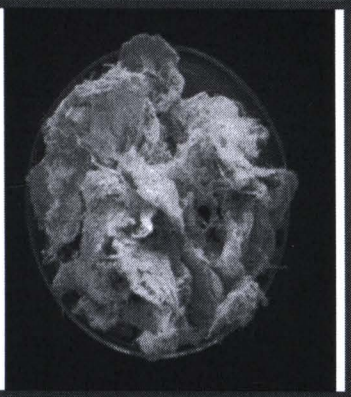
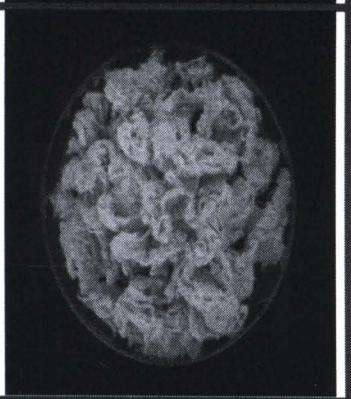
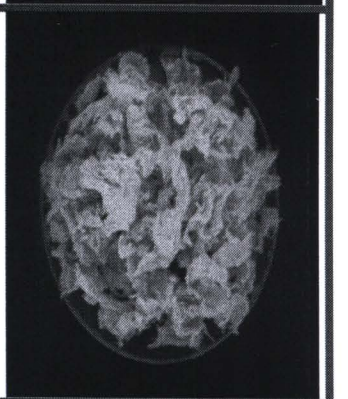
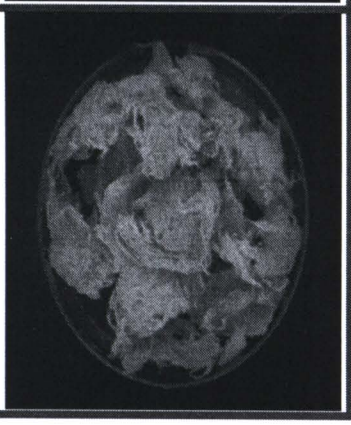
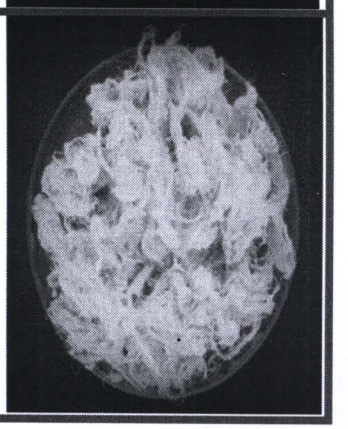
ตารางที่ 4.1 น้ำหนักของวัตถุดิบก่อน – หลังกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	NaOH		H_2O_2	
	ก่อนต้ม (g)	หลังต้ม (g)	ก่อนต้ม (g)	หลังต้ม (g)
ผักตบชวา	1000	35	1000	600
สับปะรด	1000	93	1000	460
กาบกล้วย	1000	32	1000	380

จากผลของการต้มแยกเส้นใยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าปริมาณเส้นใยที่เหลือค่อนข้างน้อย เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปกำจัดลิกนินและสิ่งสกปรกซึ่งเป็นองค์ประกอบของเส้นใย ทำให้เส้นใยที่ได้มีปริมาณลดน้อยลง และเมื่อทำการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เกิดการทำปฏิกิริยาของสารเคมี เส้นใยที่เหลืออยู่จะถูกทำลายบางส่วนแต่

ไม่ถูกทำลายมากเท่ากับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ การฟอกขาวจะช่วยในการกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆที่ยังเหลือจากการต้มแยก เส้นใยและช่วยให้เส้นใยมีความขาวเพิ่มขึ้น แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของเส้นใย

สภาวะ / วัตถุดิบ	ก่อนการต้ม	หลังการต้ม NaOH	หลังการฟอกขาว H_2O_2
ผักตบชวา			
สับปะรด			
กล้วย			

4.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเยื่อธรรมชาติ

ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพเพื่อดูสมบัติของเยื่อกระดาษทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ ผักตบชวา 100 %, สับปะรด100 % และกล้วย 100 % ในด้านความหนา ความต้านทานแรงดันทะลุ ความคงทนต่อแรงฉีกขาด ทำการศึกษาจำนวน 10 ครั้ง (ภาคผนวก ก) ผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพจากเยื่อธรรมชาติ 100%

ประเภทของเยื่อ	ความหนา (mm)		ความต้านทานแรงดันทะลุ (kN/m^2)		ความคงทนต่อแรงฉีกขาด (mN)	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
ผักตบชวา	0.39	0.02	21.20	1.71	235	20.11
สับปะรด	0.40	0.03	23.60	1.75	246	20.68
กล้วย	0.37	0.01	25.50	1.58	263	18.67

จากตารางที่ 4.2 สมบัติของกระดาษที่ได้ด้านความหนาพบว่ากระดาษจากสับปะรด มีความหนามากที่สุด 0.40 มิลลิเมตร ผักตบมีความหนา 0.39 มิลลิเมตร กล้วยมีความหนา 0.37 มิลลิเมตร เนื่องจากสับปะรดเมื่อผ่านการต้มเยื่อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ปริมาณเยื่อคงเหลือค่อนข้างสูง สับปะรดมีความแข็งแรงจึงถูกทำลายได้น้อยกว่าผักตบชวา สมบัติความต้านทานแรงดันทะลุของกระดาษซึ่งเป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงของกระดาษที่สามารถต้านแรงดันที่กระทำบนแผ่นกระดาษ เมื่อทำการทดสอบด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนทำให้กระดาษทดสอบเกิดรอยปริหรือรอยแยกออกจากกัน ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติคือความหนาและคุณสมบัติของตัวเส้นใย จากการทดลองพบว่ากระดาษที่ได้จากกล้วยมีความต้านทานแรงดันทะลุมากที่สุด 25.50 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร สับปะรด 23.60 กิโลนิวตันต่อ

ตารางเมตร ผักตบชวา 21.20 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และกระดาษจากกล้วยมีความคงทนต่อแรงฉีกขาดมากที่สุด 263 มิลลินิวตัน สับปะรด 246 มิลลินิวตัน ผักตบชวา 235 มิลลินิวตัน เนื่องจากกล้วยเป็นเส้นใยยาวที่มีความเหนียวสูงจึงทำให้ความสามารถในการเกาะเกี่ยวกันสูงกว่าผักตบชวาและสับปะรดซึ่งเป็นเส้นใยสั้น

4.3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากการผสมเยื่อชนิดต่างๆ

เยื่อกระดาษที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ เยื่อผักตบชวา เยื่อใบสับประรด และเยื่อเส้นใยกล้วย นำเยื่อทั้งสามชนิดมาทำการผสมในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ได้ ทำการศึกษาจำนวน 10 ครั้ง (ภาคผนวก ก) ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางกายภาพของกระดาษจากการผสมเยื่อชนิดต่างๆ

การผสมเยื่อชนิดต่างๆ	ความหนา (mm)		ความต้านทานแรงดันทะลุ (kN/m^2)		ความคงทนต่อแรงฉีกขาด (mN)	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
ผักตบชวา 70 % สับปะรด 10 % กล้วย 20 %	0.45	0.02	31.10	2.98	309	22.34
ผักตบชวา 70 % สับปะรด 15 % กล้วย 15 %	0.46	0.03	28.40	3.02	260.50	25.50
ผักตบชวา 70 % สับปะรด 20 % กล้วย 10 %	0.49	0.03	27.30	3.07	279	25.58

จากตางรางที่ 4.4 สมบัติของกระดาษที่ได้ด้านความหนาพบว่ากระดาษจากผักตบชวา 70 % สับปะรด 20% กล้วย 10 % มีความหนามากที่สุด 0.49 มิลลิเมตร ผักตบชวา 70 %

สับปะรด 15 % กล้วย 15 % มีความหนา 0.46 มิลลิเมตร และผักตบชวา 70 % สับปะรด 10 % กล้วย 20 % มีความหนา 0.45 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเยื่อที่ได้จากเส้นใยผักตบชวาเมื่อผ่านการเตรียมวัตถุดิบจะให้ปริมาณที่น้อยสุด และเยื่อจากสับปะรดให้ปริมาณเยื่อที่เหลือมากที่สุด ดังนั้นจึงนำเยื่อสับปะรด มาช่วยเพิ่มปริมาณเยื่อให้กระดาษมีความหนามากขึ้น สมบัติความต้านทานแรงดันทะลุของกระดาษซึ่งเป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงของกระดาษที่สามารถต้านแรงดันที่กระทำบนแผ่นกระดาษเมื่อทำการทดสอบด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จนทำให้กระดาษทดสอบเกิดรอยปริหรือรอยแยกออกจากกัน ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติคือ ความหนาและคุณสมบัติของเส้นใย จากการทดลองพบว่ากระดาษที่ได้จากผักตบชวา 70 % สับปะรด 10% กล้วย 20 % มีความต้านทานแรงดันทะลุมากที่สุด 31.10 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ผักตบชวา 70 % สับปะรด 15 % กล้วย 15 % ความคงทนต่อแรงฉีกขาด 28.40 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ผักตบชวา 70 % สับปะรด 20 % กล้วย 10 % มีความต้านทานแรงดันทะลุ 27.30 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร กระดาษจากเยื่อกล้วยสามารถทนแรงกระทำได้มากที่สุด เนื่องจากกล้วยมีลักษณะเป็นเส้นใยยาวที่มีความเหนียวสูง สมบัติความคงทนต่อแรงฉีกขาด เป็นการทดสอบความแข็งแรงของเส้นใย กระดาษที่ได้จากผักตบชวา 70 % สับปะรด 10% กล้วย 20 % ความคงทนต่อแรงฉีกขาดมากที่สุดคือ 309 มิลลินิวตัน ผักตบชวา 70 % สับปะรด 20 % กล้วย 10 % ความคงทนต่อแรงฉีกขาด 279 มิลลินิวตัน และผักตบชวา 70 % สับปะรด 15 % กล้วย 15 % ความคงทนต่อแรงฉีกขาด 260.50 มิลลินิวตัน

จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่าอัตราส่วนการผสมเยื่อผักตบชวา 70 % สับปะรด 10 % กล้วย 20 % มีความเหมาะสมในการทำกระดาษ เนื่องจากผลทดสอบที่ได้มีความหนา 0.486 มิลลิเมตร ความต้านทานแรงดันทะลุ 31.1 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ความคงทนต่อแรงฉีกขาด 306 มิลลินิวตัน ทำให้ได้กระดาษที่มีความแข็งแรงเหมาะสำหรับใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

4.4 การทดสอบประเภทของสารกระจายเยื่อต่อสมบัติทางกายภาพของกระดาษ

การศึกษาผลของสารกระจายเยื่อต่อสมบัติทางกายภาพของกระดาษ โดยใช้อัตราส่วนการผสมเยื่อผักตบชวา 70 % สับปะรด 10 % กล้วย 20 % การใส่สารกระจายเยื่อเป็นการทำให้เยื่อเกิดการกระจายตัวที่ดี ง่ายต่อการทำให้เยื่อมีความสม่ำเสมอในขั้นตอนการช้อนเยื่อ

กระดาษที่ได้มีความสม่ำเสมอมากกว่าการช้อนเยื่อโดยที่ไม่ใส่สารกระจายเยื่อเพราะ เยื่อเกิดการเกาะกลุ่มทำให้กระดาษไม่สม่ำเสมอ สารกระจายเยื่อที่ได้จากธรรมชาติได้แก่ กระเจี๊ยบ ว่านหางจระเข้ ส่วนที่นำมาใช้คือส่วนที่เป็นเมือก และสารกระจายเยื่อที่ได้จากการสังเคราะห์ประเภทพอลิเมอร์ได้แก่ Acramin ทำการศึกษาจำนวน 10 ครั้ง (ภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางกายภาพจากการใส่สารกระจายเยื่อ

ชนิดสารกระจายเยื่อ	ความหนา (mm)		ความต้านทานแรงดันทะลุ (kN/m^2)		ความคงทนต่อแรงฉีกขาด (mN)	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
กระเจี๊ยบ 5 g/l	0.49	0.01	31.30	1.58	310.80	21.50
ว่านหางจระเข้ 5 g/l	0.49	0.01	29.30	1.79	320.00	17.67
สารยึดเกาะ Acramin 5 g/l	0.51	0.02	33.90	1.89	333.00	11.60

จากตารางที่ 4.5 สมบัติของกระดาษที่ได้ด้านความหนาพบว่ากระดาษจากการใส่สารกระจายเยื่อที่เป็นสาร Acramin มีความหนามากที่สุด 0.51 มิลลิเมตร สารกระจายเยื่อจากกระเจี๊ยบและ ว่านหางจระเข้มีความหนาเท่ากันคือ 0.49 มิลลิเมตร จากการทดลองพบว่ากระดาษที่ได้จากสาร Acramin มีความต้านทานแรงดันทะลุมากที่สุด 33.90 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร กระเจี๊ยบ 31.30 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ว่านหางจระเข้ 29.30 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร กระดาษที่ได้จากสาร Acramin มีความคงทนต่อแรงฉีกขาดมากที่สุด 333 มิลลินิวตัน ว่านหางจระเข้ 320 มิลลินิวตัน กระเจี๊ยบ 310.80 มิลลินิวตัน แสดงให้เห็นว่าการใส่สารกระจายเยื่อที่ได้จากสาร Acramin ส่งผลให้การกระจายเยื่อในการขึ้นรูปกระดาษมีการกระจายตัวได้ดีกว่ากระเจี๊ยบและว่านหางจระเข้ เนื่องจากสาร Acramin เมื่อใส่ไปในขั้นตอนการช้อนเยื่อจะช่วยให้เยื่อกระจายตัวอยู่บริเวณผิวน้ำ ช่วยให้เรากระจายเยื่อได้ง่าย เยื่อมีการจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบมากขึ้น และใน

ขั้นตอนการอบแห้งกระดาษ สาร Acramin ซึ่งเป็นพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการฟอร์มตัวเป็นฟิล์มเคลือบบนแผ่นกระดาษ ทำให้เส้นใยไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ส่งผลให้ความแข็งแรงของกระดาษเพิ่มขึ้น สารกระจายเยื่อที่ได้จากธรรมชาติจะได้ปริมาณเมือกที่น้อยจากการสกัด ความสามารถในการกระจายเยื่อต่ำกว่าสาร Acramin กระดาษที่ได้จากการใส่สารกระจายเยื่อ Acramin มีความหนาเพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือ 0.51 มิลลิเมตร ความแข็งแรงของกระดาษเพิ่มขึ้น ความต้านทานแรงดันทะลุ 33.90 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ความคงทนต่อการฉีกขาด 333 มิลลินิวตัน ดังนั้นเราจึงเลือกสาร Acramin เป็นสารกระจายเยื่อในการศึกษาขั้นต่อไป

4.5 การเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษด้วยถ่านกัมมันต์

การใส่น้ำถ่านกัมมันต์ในการเพิ่มความแข็งแรงให้กระดาษ อนุภาคของถ่านกัมมันต์จะไปเคลือบอยู่ที่บริเวณเยื่อทำให้กระดาษที่ได้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.6 สมบัติทางกายภาพจากการใส่ถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ (%)	ความหนา (mm)			ความต้านทานแรงดันทะลุ (kN/m^2)			ความคงทนต่อแรงฉีกขาด (mN)		
	$\bar{X}$	S.D.	ΔH(%)	$\bar{X}$	S.D.	ΔH(%)	$\bar{X}$	S.D.	ΔH(%)
0	0.51	0.02	0.00	33.90	1.79	0.00	333	11.60	0.00
5	0.52	0.02	1.96	36.9	2.73	8.85	360	24.04	8.11

หมายเหตุ: ΔH(%) หมายถึงค่าความแข็งแรงที่เปลี่ยนแปลง

$$\Delta H(\%) = \frac{(H_5 - H_0)}{H_0} x\ 100$$

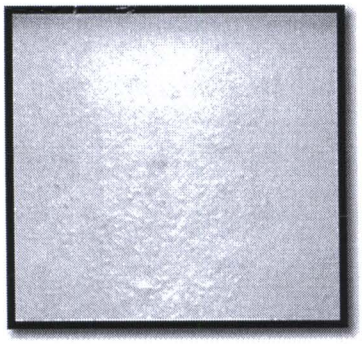
จากตางรางที่ 4.6 พบว่ากระดาษที่ไม่ได้ใส่ถ่านกัมมันต์มีความหนาเฉลี่ย 0.51 มิลลิเมตร ความต้านทานแรงดันทะลุ 33.90 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ความคงทนต่อแรงฉีกขาด 333 มิลลินิวตัน กระดาษที่ใส่ถ่านกัมมันต์ มีความหนาเฉลี่ย 0.52 มิลลิเมตร ความต้านทานแรงดันทะลุ 36.9 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ความคงทนต่อแรงฉีกขาด 360 มิลลินิวตัน เนื่องจากอนุภาคของถ่านกัมมันต์จะไปเคลือบอยู่ที่บริเวณเยื่อทำให้กระดาษมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น

จากการทดลองพบว่าการใส่ถ่านกัมมันต์จะช่วยเพิ่มความหนาของกระดาษเล็กน้อย กระดาษความหนาที่ คือ 1.96 % ความต้านทานแรงดันทะลุเพิ่มขึ้น 8.85 % ความคงทนต่อแรงฉีกขาด 8.11% ดังนั้นเราจึงเลือกที่จะใช้ถ่านกัมมันต์ในการเพิ่มความแข็งแรงให้กระดาษ

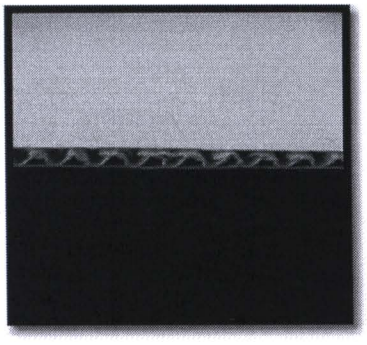
4.6 น้ำหนักมาตรฐาน (Basic Weight)

จากผลการทดสอบของกระดาษที่ได้จากอัตราส่วนเยื่อผักตบชวา 70 % สับปะรด 10 % กล้วย 20 % สารยึดเกาะ (Acramin) 5 g/l น้ำถ่านกัมมันต์ 5% เมื่อนำมาหาน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ (แกรม) ได้ค่าเฉลี่ยที่ 185 กรัมต่อตารางเมตร กระดาษที่ได้สามารถนำไปติดบนลอนลูกฟูกและทำเป็นกล่องบรรจุภัณฑ์ทั่วไป เช่น กล่องบรรจุแก้ว กล่องอาหารสำเร็จรูป

จากข้อมูลกระดาษคราฟท์พบว่ากระดาษมีหลายชนิดดังนี้ กระดาษคราฟท์ KS มีน้ำหนักมาตรฐาน 170 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับกล่องที่เน้นความสวยงาม และใช้สำหรับกล่องเครื่องใช้ไฟฟ้า กระดาษคราฟท์ KA มีน้ำหนักมาตรฐาน125 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับกล่องเฟอร์นิเจอร์ กระดาษคราฟท์ KI มีน้ำหนักมาตรฐาน 185 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับกล่องสินค้าหรืองานบรรจุภัณฑ์ทั่วไป เช่น กล่องอาหารสำเร็จรูป กระดาษคราฟท์ KP น้ำหนักมาตรฐาน 275 กรัม/ตารางเมตรใช้สำหรับกล่องสินค้าส่งออก กระดาษคราฟท์ KT มีน้ำหนักมาตรฐาน 150 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับสินค้าส่งออก กระดาษคราฟท์ **CA** มีน้ำหนักมาตรฐาน 105 กรัม/ตารางเมตร ใช้สำหรับทำลอนลูกฟูก จากการทดลองกระดาษที่ได้มีน้ำหนัก 185 กรัม/ตารางเมตร เทียบเท่ากับกับกระดาษคราฟท์ KI จึงสามารถนำไปประกบบนลอนลูกฟูกและนำไปใช้งานด้านบรรจุภัณฑ์ได้ ถ้าต้องการเพิ่มน้ำหนักและความแข็งแรงของกระดาษสามารถปรับเพิ่มปริมาณน้ำถ่านกัมมันต์ได้

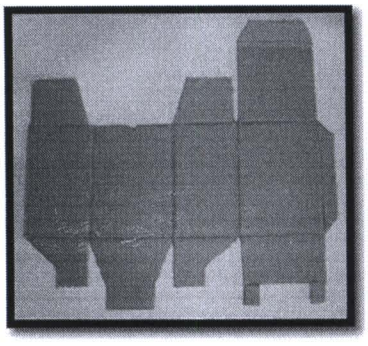


ก. กระดาษก่อนติดบนลอนลูกฟูก

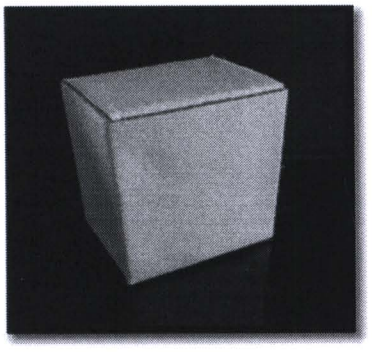


ข. กระดาษเมื่อติดบนลอนลูกฟูก

ภาพที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของกระดาษที่ได้จากการศึกษา
(ผักตบชวา 70 % สับปะรด 10% และกล้วย 20 %)



ก. แบบกล่องกระดาษ

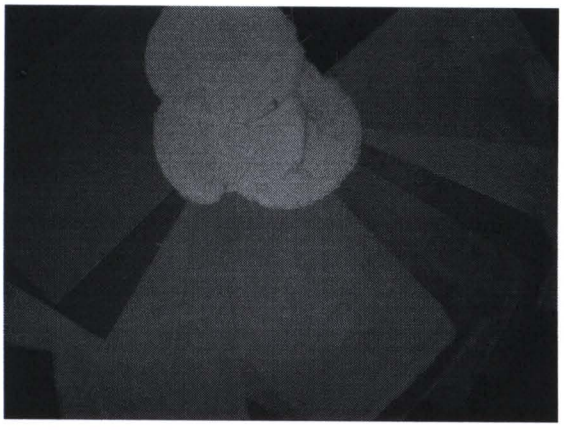


ข. กล่องบรรจุภัณฑ์ที่ได้

ภาพที่ 4.2 บรรจุภัณฑ์กระดาษที่ได้จากการศึกษา

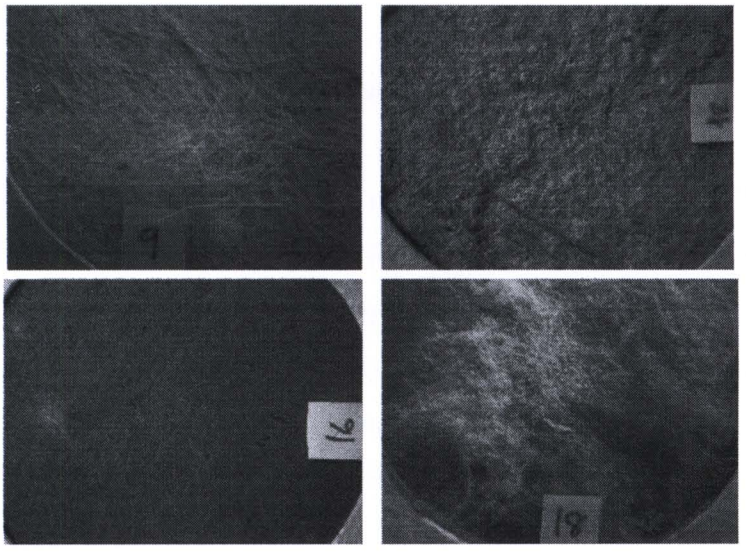
4.7 บทสรุป

มีการนำเศษพืชอื่นๆ ได้แก่ใบสับปะรด และกาบกล้วยที่เป็นสิ่งไร้ค่ามาเป็นวัตถุดิบเพิ่มเติมในการผลิตกระดาษผักตบชวา เพื่อให้มีการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น กระดาษที่ได้ไม่มีความแตกต่างจากกระดาษทั่วไป เนื่องจากการวิจัยนี้ต้องการนำสิ่งไร้ค่า หรือขยะจากทางการเกษตรและวัชพืชน้ำมาใช้ประโยชน์ จากผลการวิจัยพบว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นมาสามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนที่มีคุณภาพได้ ส่วนด้านความแข็งแรงและผิวสัมผัสสามารถกำหนดได้จากคุณสมบัติสุดท้ายที่ต้องการและใช้การเติมแต่งสารเสริมเข้าเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการเพื่อเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานให้มากขึ้น เช่น เพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดาษด้วยน้ำถ่านกัมมันต์ การเพิ่มสีสรรโดยนำไปย้อมสี เป็นต้น นอกจากนี้จากผลการวิจัยยังพบว่ากระดาษที่ผลิตจากเศษวัชพืชเหล่านี้สามารถย่อยสลายได้ในดินไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์อีกด้วย



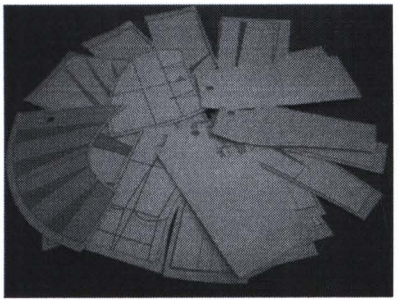
ภาพที่ 4.3 กระดาษที่ได้จากการวิจัยแยกตามความหนา-บาง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

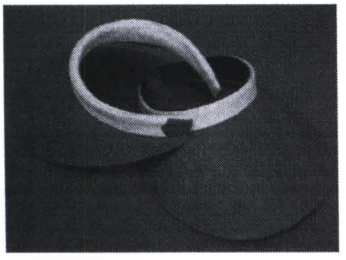


ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างเนื้อกระดาษที่ได้จากการวิจัย

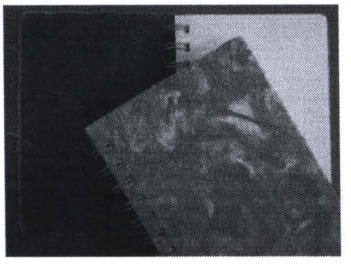
ก. ถุงปลูกต้นไม้



ข. กระดาษทำแบบตัด



ค. หมวกกันแดด



ง. ปกนอกและปกในสมุด

ภาพที่ 4.5 การประยุกต์ใช้จากกระดาษเพื่อทำผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ