

บทที่ 4 ผลการทดลอง

ในการศึกษาเรื่อง “การผลิตกระดาษจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส” ผู้วิจัยจะยึดแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยการศึกษาเริ่มจากการทำให้ได้เยื่อจากลำต้นมะพร้าว ด้วยการต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ โซเดียมซัลไฟด์ (Na₂S) แล้วนำเยื่อจากลำต้นมะพร้าวมาทำการฟอกเพื่อกำจัดลิกนินและทำให้เยื่อมีความขาวเพิ่มมากขึ้นแล้วนำไปขึ้นแผ่นในอัตราส่วนที่เหมาะสมและทำการทดสอบ ซึ่งวัตถุประสงค์มีดังนี้คือ

1. เพื่อผลิตกระดาษจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส
2. เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเชิงกล และสมบัติทางทัศนศาสตร์ของเยื่อและกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส
3. เพื่อทดสอบความสามารถในการพิมพ์ระบบออฟเซตแบบปู้ฟแทนราบของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส

4.1 การผลิตเยื่อกระดาษจากลำต้นมะพร้าว

การผลิตเยื่อกระดาษจากลำต้นมะพร้าวในครั้งนี้ ใช้สภาวะการต้มเยื่อที่เหมาะสมในการต้มเยื่อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมซัลไฟด์

ตารางที่ 4.1 สภาวะที่ใช้ในการต้มเยื่อจากลำต้นมะพร้าว [21]

ครั้งที่	ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ)	ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ (ร้อยละ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราส่วนระหว่างขึ้นไม้ : น้ำยา	ปริมาณเยื่อที่ได้ (ร้อยละ)
1	24	30	170	90	1:4	42.1
2	24	30	170	90	1:4	41.2
3	24	30	170	90	1:4	39.7

ตารางที่ 4.2 สภาวะการฟอกเยื่อจากลำต้นมะพร้าว

ขั้นตอนการฟอก	D ₀	E-STAGE	D ₁	D ₂
ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (ร้อยละ)	0.25 Kappa No. (16.7)	-	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
ปริมาณเยื่อที่ได้ (ร้อยละ)	33.0	32.5	31.5	31.3
ความขาวสว่าง (%ISO)	34.8	- (ไม่แตกต่างกัน)	65.5	79.5

4.2 ทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติของเยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวและเยื่อยูคาลิปตัส

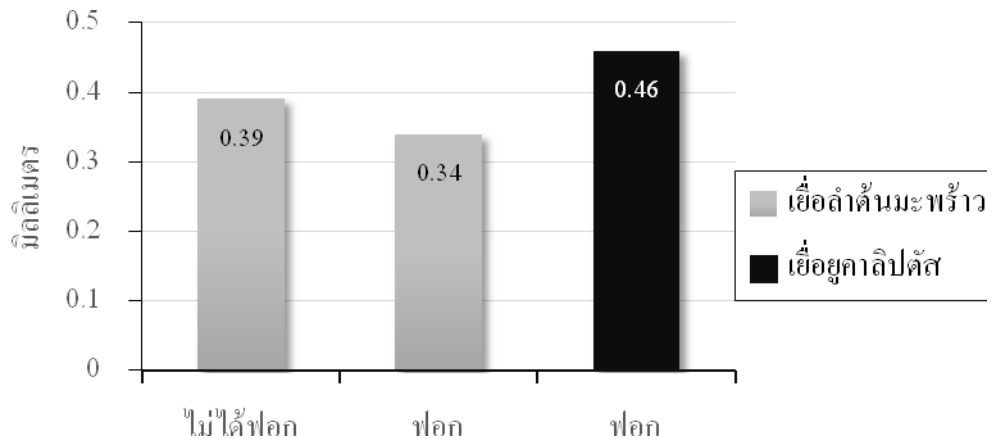
จากการทดสอบสมบัติต่างๆ ทั้งทางกายภาพและทางทัศนศาสตร์ของเยื่อลำต้นมะพร้าวและเยื่อยูคาลิปตัส ซึ่งประกอบด้วย ความยาวเฉลี่ยของเส้นใย (Fiber length), ความหยาบของเส้นใย (Fiber - coarseness), การให้น้ำไหลผ่านของเยื่อ (Canadian Standard freeness; CSF), และความสว่าง (Brightness)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางทัศนศาสตร์ของเยื่อลำต้นมะพร้าวและเยื่อ
ยูคาลิปตัส

การทดสอบ	เยื่อลำต้นมะพร้าว		เยื่อยูคาลิปตัส
	เยื่อที่ไม่ฟอก	เยื่อที่ฟอก	เยื่อที่ฟอก
ค่าความยาวเฉลี่ย ของเส้นใย (มิลลิเมตร)	0.39	0.34	0.46
ค่าความหนา ของเส้นใย (ไมโครกรัมต่อเมตร)	115	103	38
ค่าการให้น้ำไหล ผ่านของเยื่อ (มิลลิลิตร)	695	615	580
ค่าความสว่าง (% ISO)	25.9	79.5	-

จากข้อมูลตารางที่ 4.3 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการแปรผลข้อมูลแสดงออกมาใน
รูปของกราฟชนิดต่างๆ ดังรูปที่ 4.1-4.3 ได้ดังนี้

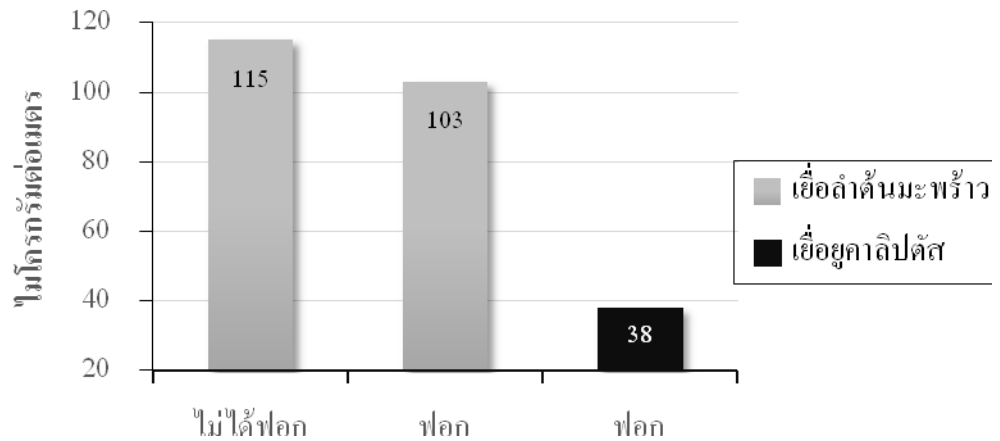
4.2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของความยาวเฉลี่ยของเส้นใย (Fiber length) ของเยื่อลำต้นมะพร้าวและเยื่อคาลิปต์



รูปที่ 4.1 ค่าความยาวเฉลี่ยของเส้นใย (Fiber length) ของเยื่อลำต้นมะพร้าวและเยื่อคาลิปต์

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาวเฉลี่ยของเส้นใย จะเห็นว่าเยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวมีความยาวเฉลี่ยของเส้นใยที่สั้นกว่าเยื่อคาลิปต์ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า เยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวที่ไม่ได้ฟอกมีค่าความยาวเฉลี่ยของเส้นใยเท่ากับ 0.39 มิลลิเมตร และเยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวที่ผ่านการฟอกจะมีค่าความยาวเฉลี่ยของเส้นใยเท่ากับ 0.34 มิลลิเมตร ส่วนเยื่อคาลิปต์มีค่าความยาวเฉลี่ยของเส้นใยเท่ากับ 0.46 มิลลิเมตร

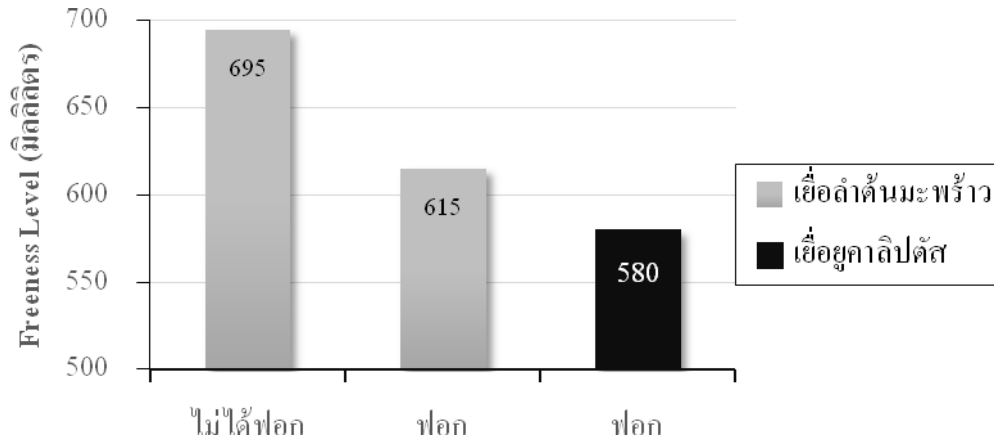
4.2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของความหยาบของเส้นใย (Fiber coarseness) ของเยื่อลำต้นมะพร้าวและเยื่อคาลิปต์ส



รูปที่ 4.2 ค่าความหยาบของเส้นใย (Fiber coarseness) ของเยื่อลำต้นมะพร้าวและเยื่อคาลิปต์ส

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบของเส้นใย จะเห็นว่าเยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวมีค่าความหยาบของเส้นใยมากกว่าเยื่อคาลิปต์ส ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า เยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวที่ไม่ได้ฟอกจะมีค่าความหยาบของเส้นใยเท่ากับ 115 ไมโครกรัมต่อเมตร และเยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวที่ผ่านการฟอกจะมีค่าความหยาบของเส้นใยเท่ากับ 103 ไมโครกรัมต่อเมตร ส่วนเยื่อคาลิปต์สมีค่าความหยาบของเส้นใยเท่ากับ 38 ไมโครกรัมต่อเมตร

4.2.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของการให้น้ำไหลผ่านของเยื่อ (Canadian - Standard freeness; CSF) ของเยื่อลำต้นมะพร้าวและเยื่อยูคาลิปตัส



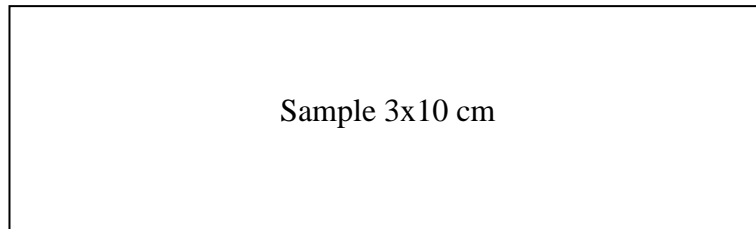
รูปที่ 4.3 ค่าการให้น้ำไหลผ่านของเยื่อ (Freeness) ของเยื่อลำต้นมะพร้าวและเยื่อยูคาลิปตัส

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการให้น้ำไหลผ่านของเยื่อ จะเห็นว่าเยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวมีค่าการให้น้ำไหลผ่านของเยื่อที่มากกว่าเยื่อยูคาลิปตัส ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า เยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวที่ไม่ได้ฟอกจะมีค่าการให้น้ำไหลผ่านของเยื่อเท่ากับ 695 มิลลิลิตร และเยื่อที่ผลิตจากลำต้นมะพร้าวที่ผ่านการฟอกจะมีค่าการให้น้ำไหลผ่านของเยื่อเท่ากับ 615 มิลลิลิตร ส่วนเยื่อยูคาลิปตัสมีค่าการให้น้ำไหลผ่านของเยื่อเท่ากับ 580 มิลลิลิตร

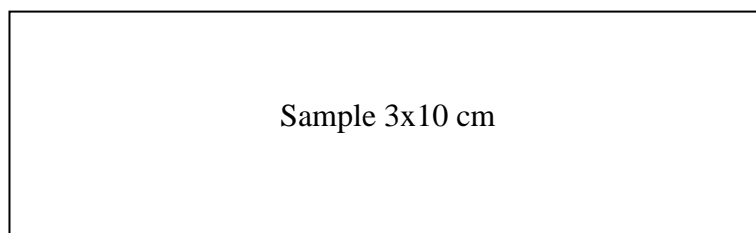
4.3 ผลิตรกระดาษจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์

ผลิตรกระดาษ 80 แกรม โดยนำเยื่อที่ได้มาเติมสารเติมแต่ง เพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการให้ดีขึ้น โดยการเติมสารเพิ่มการดกค้ำ, สารต้านทานการซึมน้ำ, แป้งตัดแปร, และแคลเซียมคาร์บอเนต จากนั้นนำเยื่อไปปั่นกระจายเยื่อ จากนั้นทำการขึ้นแผ่นในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์) ดังนี้ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100

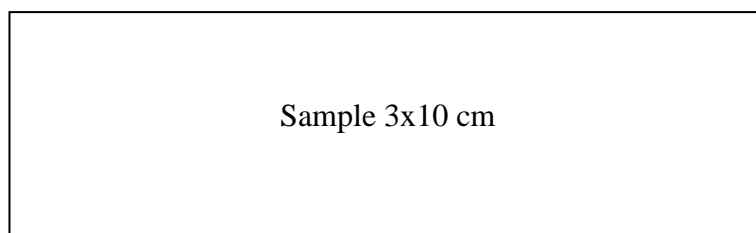
4.3.1 ตัวอย่างกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์) 100:0



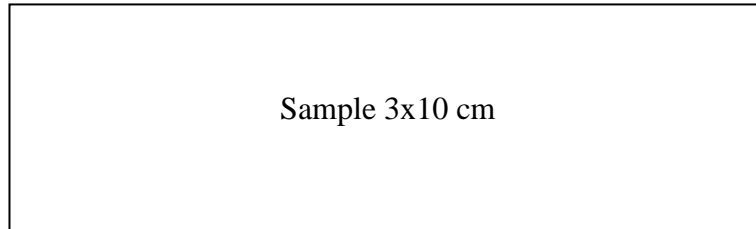
4.3.2 ตัวอย่างกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์) 75:25



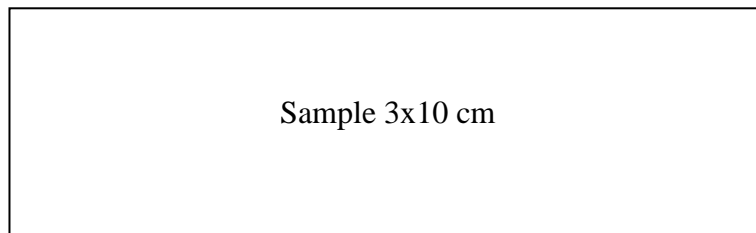
4.3.3 ตัวอย่างกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์) 50:50



4.3.4 ตัวอย่างกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 25:75



4.3.5 ตัวอย่างกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 0:100



4.4 ทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส

จากการทดสอบสมบัติต่างๆ คือ สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเชิงกล และสมบัติทางทัศนศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบหา น้ำหนักมาตรฐาน (Basis weight), ความหนา (Thickness), ความหยาบ (Roughness), การซึมผ่านของอากาศ (Air Permeability), ความต้านแรงฉีกขาด (Tearing Resistance), ความต้านแรงดึงขาด (Tensile Strength), ความต้านทานการโค้งงอ (Ben test), การดูดซับน้ำ (Water - Absorbency), ความขาวสว่าง (Brightness), ความทึบแสง (Opacity)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเชิงกล และสมบัติทางทัศนศาสตร์ของเยื่อ
ลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส

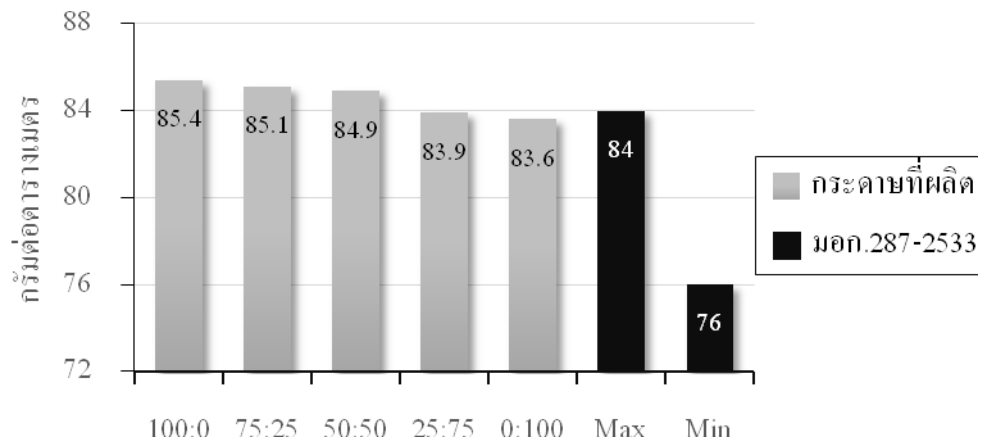
การทดสอบ	อัตราส่วนผสมระหว่าง เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์ส				
	100:0 $\bar{x} \pm \text{std.}$	75:25 $\bar{x} \pm \text{std.}$	50:50 $\bar{x} \pm \text{std.}$	25:75 $\bar{x} \pm \text{std.}$	0:100 $\bar{x} \pm \text{std.}$
น้ำหนักมาตรฐาน (กรัมต่อตารางเมตร)	85.4 ± 0.66	85.1 ± 0.76	84.9 ± 0.48	83.9 ± 0.70	83.6 ± 0.67
ความหนา (ไมโครเมตร)	138 ± 1.90	142 ± 1.31	145 ± 0.47	155 ± 1.41	167 ± 1.19
ความหยาบ (มิลลิเมตรต่อหน้าที)	1243 ± 43.6	1048 ± 86.6	948 ± 25.5	872 ± 42.4	821 ± 22.8
การซึมผ่านของอากาศ (มิลลิเมตรต่อหน้าที)	2250 ± 25.39	2294 ± 32.04	2442 ± 22.19	3018 ± 52.63	3292 ± 57.20
ความต้านแรงฉีกขาด (มิลลินิวตัน)	4.64 ± 0.13	5.17 ± 0.32	7.63 ± 0.20	8.41 ± 0.68	9.57 ± 0.62
ความต้านทานแรงดึงขาด (กิโลนิวตันเมตร ต่อกิโลกรัม)	16.7 ± 0.88	19.4 ± 1.11	21.2 ± 0.97	22.1 ± 1.18	24.6 ± 0.86
ความต้านทานการโค้งงอ (มิลลินิวตัน)	49 ± 3.75	58 ± 1.40	60 ± 1.37	89 ± 1.58	100 ± 5.19

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเชิงกล และสมบัติทางทัศนศาสตร์ของเยื่อ
ลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส (ต่อ)

การทดสอบ	อัตราส่วนผสมระหว่าง เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์ส				
	100:0 $\bar{x} \pm \text{std.}$	75:25 $\bar{x} \pm \text{std.}$	50:50 $\bar{x} \pm \text{std.}$	25:75 $\bar{x} \pm \text{std.}$	0:100 $\bar{x} \pm \text{std.}$
การดูดซึมน้ำ (กรัมต่อตารางเมตร)	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 (Opacity)	90.1 ± 0.62	90.3 ± 0.26	90.4 ± 1.16	92.1 ± 0.19	92.6 ± 0.25
ค่าสีของกระดาษ $L^*a^*b^*$	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

จากข้อมูลตารางที่ 4.4 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการแปรผลข้อมูลแสดงออกมาในรูปของกราฟชนิดต่างๆ ดังรูปที่ 4.4-4.13 ได้ดังนี้

4.4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ (Basic Weight)

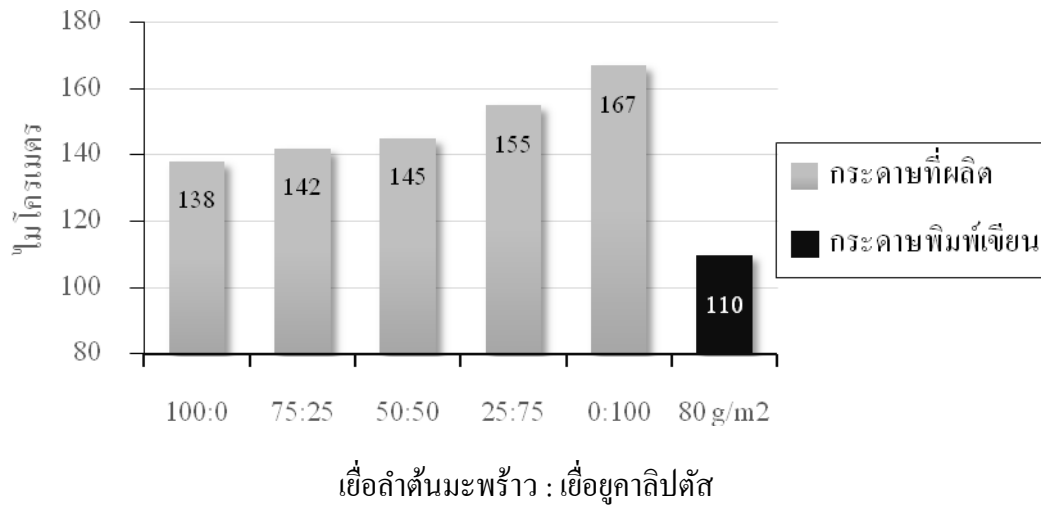


เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส

รูปที่ 4.4 ค่าน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ (Basic Weight)

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ ระหว่างกระดาษที่ผลิตกับเกณฑ์ที่ มอก.287-2533 กำหนด จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0, 75:25, 50:50 มีค่าน้ำหนักมาตรฐานที่เกินกว่าค่า มอก.287-2533 โดยกำหนดไว้ที่ +/- 5% ส่วนกระดาษในอัตราส่วน 25:75, 0:100 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่ากระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0 มีค่าน้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 85.4 กรัมต่อตารางเมตร อัตราส่วน 75:25 มีค่าน้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 85.1 กรัมต่อตารางเมตร อัตราส่วน 50:50 มีค่าน้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 84.9 กรัมต่อตารางเมตร อัตราส่วน 25:75 มีค่าน้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 83.9 กรัมต่อตารางเมตร และอัตราส่วน 0:100 มีค่าน้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 83.6 กรัมต่อตารางเมตร

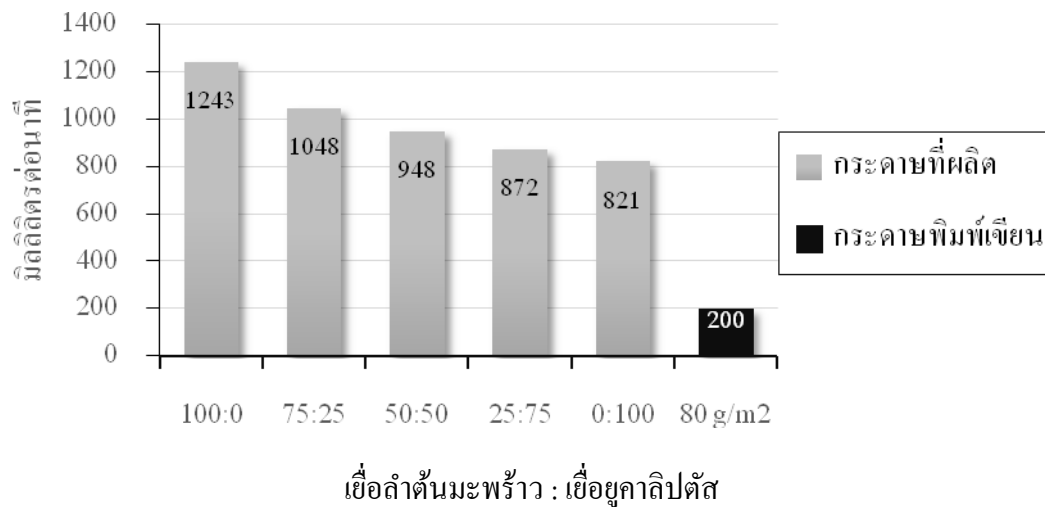
4.4.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของความหนาของกระดาษ (Thickness)



รูปที่ 4.5 ค่าความหนาของกระดาษ (Thickness)

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความหนาของกระดาษ ระหว่างกระดาษที่ผลิตกับกระดาษพิมพ์เขียน 80 g/m² [17] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในทุกอัตราส่วนมีค่าความหนามากกว่ากระดาษพิมพ์เขียน 80 g/m² ซึ่งมีค่าความหนาประมาณ 110 ไมโครเมตร ซึ่งจากผลการทดลองพบว่ากระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เชื้อลำต้นมะพร้าว : เชื้อยูคาลิปตัส 100:0 มีค่าความหนาน้อยที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 138 ไมโครเมตร อัตราส่วน 75:25 มีค่าความหนาเท่ากับ 142 ไมโครเมตร อัตราส่วน 50:50 มีค่าความหนาเท่ากับ 145 ไมโครเมตร อัตราส่วน 25:75 มีค่าความหนาเท่ากับ 155 ไมโครเมตรและอัตราส่วน 0:100 มีค่าความหนาที่มากที่สุด เท่ากับ 167 ไมโครเมตร

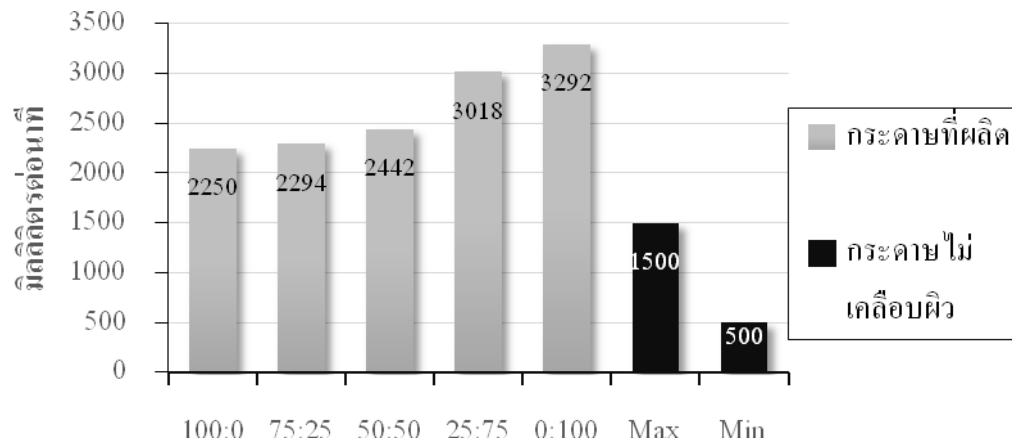
4.4.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของค่าความหยาบของผิวกระดาษ (Roughness)



รูปที่ 4.6 ค่าความหยาบของผิวกระดาษ (Roughness)

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความหยาบของผิวกระดาษ ระหว่างกระดาษที่ผลิตกับกระดาษพิมพ์เขียน 80 g/m² [17] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในทุกอัตราส่วนมีค่าความหยาบของผิวกระดาษที่มากกว่ากระดาษพิมพ์เขียน 80 g/m² ซึ่งมีค่าความหยาบประมาณ 200 มิลลิลิตรต่ออนาทึ ซึ่งจากการทดลองพบว่า กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำตันมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0 มีค่าความหยาบของผิวกระดาษมากที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 1243 มิลลิลิตรต่ออนาทึ อัตราส่วน 75:25 มีค่าความหยาบเท่ากับ 1048 มิลลิลิตรต่ออนาทึ อัตราส่วน 50:50 มีค่าความหยาบเท่ากับ 948 มิลลิลิตรต่ออนาทึ อัตราส่วน 25:75 มีค่าความหยาบเท่ากับ 872 มิลลิลิตรต่ออนาทึ และอัตราส่วน 0:100 มีค่าความหยาบที่น้อยที่สุด เท่ากับ 821 มิลลิลิตรต่ออนาทึ

4.4.4 การศึกษาสมบัติทางเชิงกลของค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air Permeability)

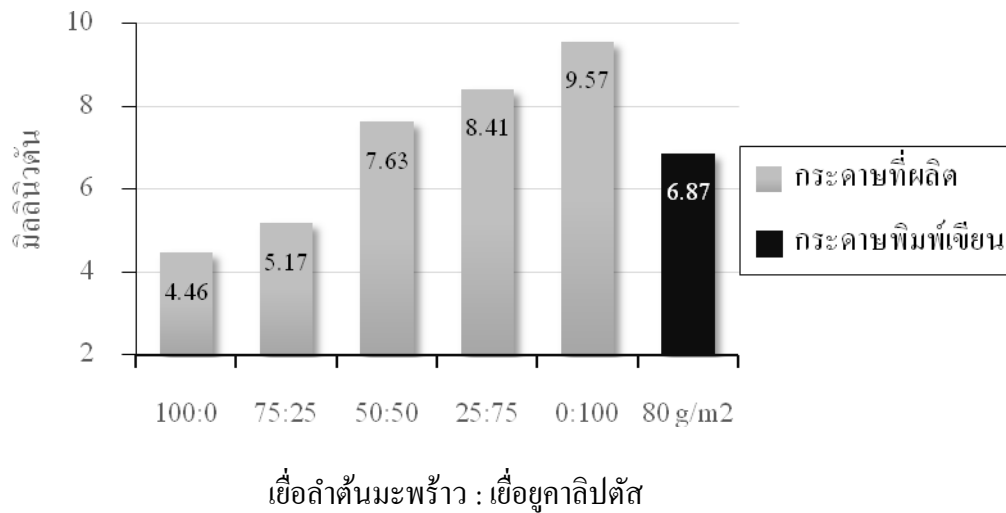


เยื่อถ้ำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส

รูปที่ 4.7 ค่าการซึมผ่านของอากาศ (Air Permeability)

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าการซึมผ่านของอากาศ ระหว่างกระดาษที่ผลิตกับกระดาษไม่เคลือบผิว (Uncoated paper) [9] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในทุกอัตราส่วนมีค่าการซึมผ่านของอากาศที่มากกว่ากระดาษไม่เคลือบผิวทั่วไป ซึ่งมีค่าการซึมผ่านของอากาศ 500 – 1500 มิลลิลิตร ต่อ นาที ซึ่งจากการทดลองพบว่า กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อถ้ำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0 มีค่าการซึมผ่านของอากาศที่น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 2250 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราส่วน 75:25 มีค่าการซึมผ่านของอากาศเท่ากับ 2294 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราส่วน 50:50 มีค่าการซึมผ่านของอากาศเท่ากับ 2442 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราส่วน 25:75 มีค่าการซึมผ่านของอากาศเท่ากับ 3018 มิลลิลิตรต่อ นาที และอัตราส่วน 0:100 มีค่าการซึมผ่านของอากาศมากที่สุด เท่ากับ 3292 มิลลิลิตรต่อนาที

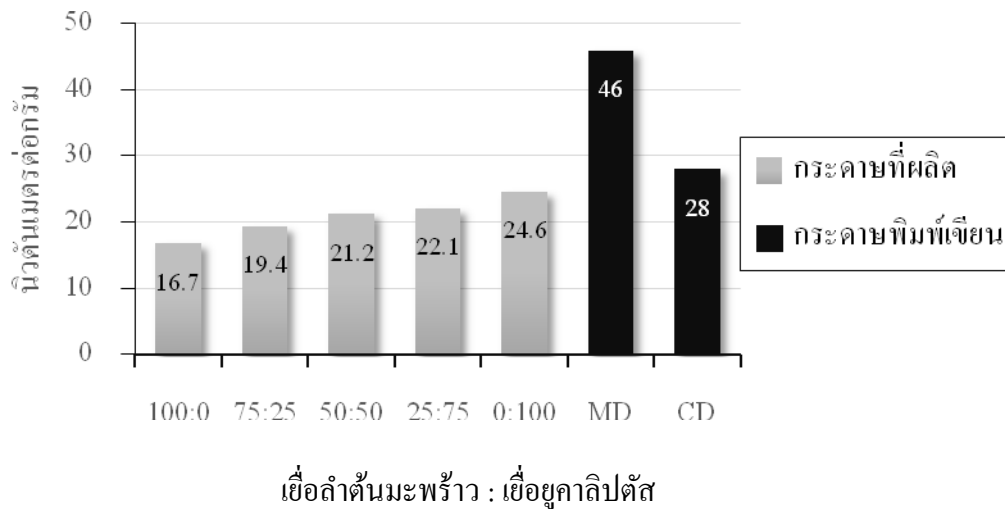
4.4.5 การศึกษาสมบัติทางเชิงกลของดัชนีค่าความต้านทานแรงฉีกขาด (Tearing - Strength)



รูปที่ 4.8 ดัชนีค่าความต้านทานแรงฉีกขาด (Tearing Strength)

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของดัชนีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดระหว่างกระดาษที่ผลิตกับกระดาษพิมพ์เขียน 80 g/m² [17] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 0:100, 25:75, 50:50 มีดัชนีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดที่มากกว่ากระดาษพิมพ์เขียน 80 g/m² ซึ่งมีดัชนีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดเท่ากับ 6.87 มิลลินิวตัน/กรัมต่อตารางเมตร จากผลการทดลองพบว่า กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0 มีดัชนีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดที่น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 4.46 มิลลินิวตัน/กรัมต่อตารางเมตร อัตราส่วน 75:25 มีดัชนีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดเท่ากับ 5.17 มิลลินิวตัน/กรัมต่อตารางเมตร อัตราส่วน 50:50 มีดัชนีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดเท่ากับ 7.63 มิลลินิวตัน/กรัมต่อตารางเมตร อัตราส่วน 25:75 มีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดเท่ากับ 8.41 มิลลินิวตัน/กรัมต่อตารางเมตร และอัตราส่วน 0:100 มีดัชนีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดที่มากที่สุด เท่ากับ 9.57 มิลลินิวตัน/กรัมต่อตารางเมตร

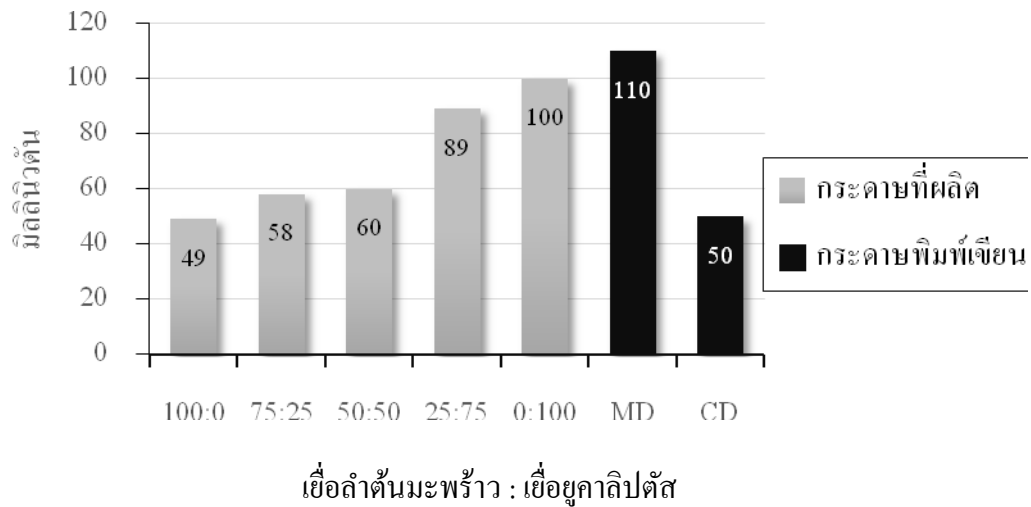
4.4.6 การศึกษาสมบัติทางเชิงกลของดัชนีค่าความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile Strength)



รูปที่ 4.9 ดัชนีค่าความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile Strength)

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของดัชนีค่าความต้านทานแรงดึงขาด ระหว่างกระดาษที่ผลิตกับกระดาษพิมพ์เขียน 80 g/m^2 [17] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในทุกอัตราส่วนมีค่าความต้านทานแรงดึงขาดที่น้อยกว่ากระดาษพิมพ์เขียน 80 g/m^2 ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดึงขาดในด้าน MD ประมาณ 46 นิวัตน์เมตรต่อกรัม ในด้าน CD ประมาณ 28 นิวัตน์เมตรต่อ จากผลการทดลองพบว่า กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0 มีดัชนีค่าความต้านทานแรงดึงขาดที่น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 16.7 นิวัตน์เมตรต่อกรัม อัตราส่วน 75:25 มีดัชนีค่าความต้านทานแรงดึงขาดเท่ากับ 19.4 นิวัตน์เมตรต่อกรัม อัตราส่วน 50:50 มีดัชนีค่าความต้านทานแรงดึงขาดเท่ากับ 21.2 นิวัตน์เมตรต่อกรัม อัตราส่วน 25:75 มีดัชนีค่าความต้านทานแรงดึงขาดเท่ากับ 22.1 นิวัตน์เมตรต่อกรัม และอัตราส่วน 0:100 มีค่าความต้านทานแรงดึงขาดที่มากที่สุด เท่ากับ 24.6 นิวัตน์เมตรต่อกรัม

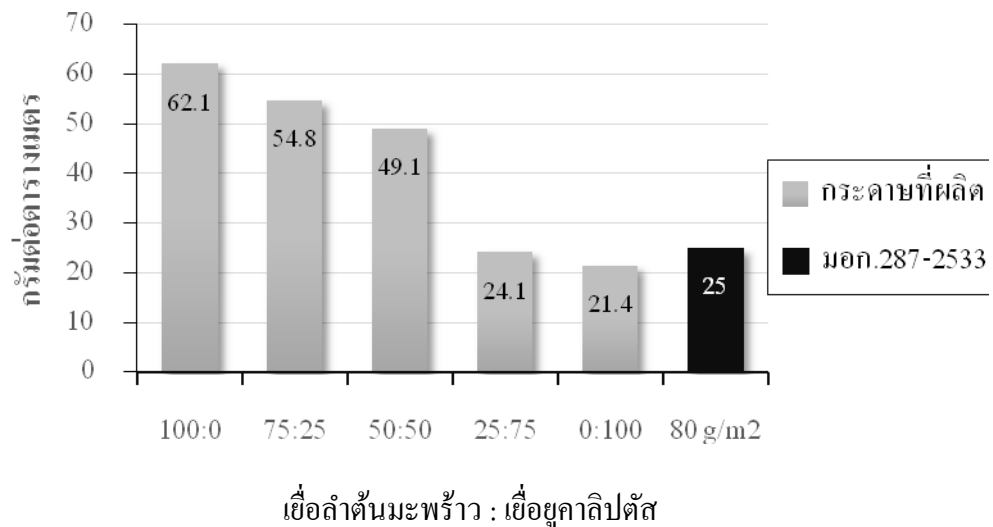
4.4.7 การศึกษาสมบัติทางเชิงกลของค่าความต้านทานการโค้งงอ (Bending Resistance)



รูปที่ 4.10 ค่าความต้านทานการโค้งงอ (Bending Resistance)

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานการโค้งงอ ระหว่างกระดาษที่ผลิตกับกระดาษพิมพ์เขียว 80 g/m^2 [17] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในทุกอัตราส่วนมีค่าความต้านทานการโค้งงอที่น้อยกว่ากระดาษพิมพ์เขียว 80 g/m^2 ในด้าน MD ซึ่งมีค่าความต้านทานการโค้งงอประมาณ 110 มิลลินิวตัน และในด้าน CD มีค่าความต้านทานการโค้งงอประมาณ 50 มิลลินิวตัน จากผลการทดลองพบว่า กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0 มีค่าความต้านทานการโค้งงอน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 49 มิลลินิวตัน อัตราส่วน 75:25 มีค่าความต้านทานการโค้งงอเท่ากับ 58 มิลลินิวตัน อัตราส่วน 50:50 มีค่าความต้านทานการโค้งงอเท่ากับ 60 มิลลินิวตัน อัตราส่วน 25:75 มีค่าความต้านทานการโค้งงอเท่ากับ 89 มิลลินิวตัน และอัตราส่วน 0:100 มีค่าความต้านทานการโค้งงอมากที่สุด เท่ากับ 100 มิลลินิวตัน

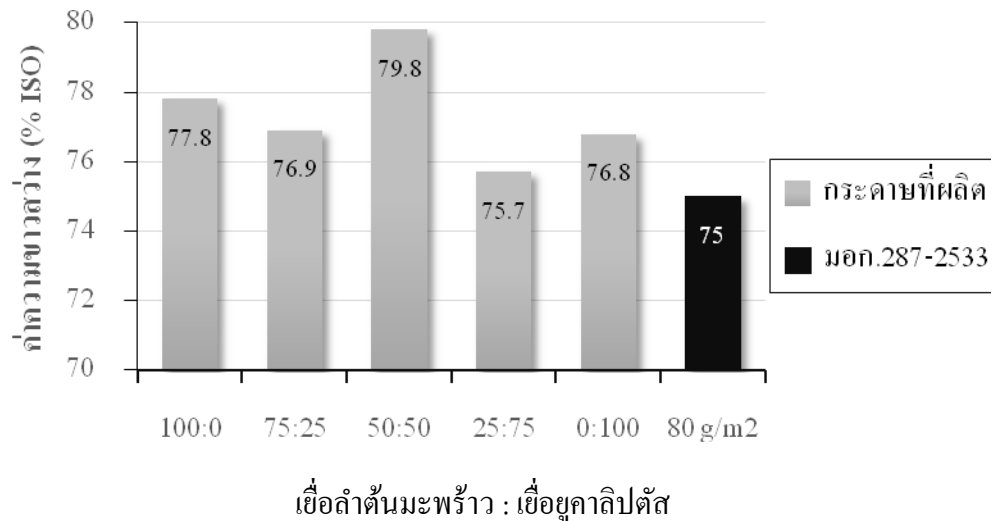
4.4.8 การศึกษาสมบัติทางเชิงกลของค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorbency)



รูปที่ 4.11 ค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorbency)

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าการดูดซึมน้ำ ระหว่างกระดาษที่ผลิตกับเกณฑ์ที่ มอก.287-2533 กำหนด จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0, 75:25, 50:50 มีค่าการดูดซึมน้ำที่เกินกว่าค่าที่ มอก.287-2533 กำหนดไว้ที่ไม่เกิน 25 กรัมต่อ ตารางเมตร ส่วนกระดาษในอัตราส่วน 25:75, 0:100 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 62.1 กรัมต่อตารางเมตร อัตราส่วน 75:25 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 54.8 กรัมต่อตารางเมตร อัตราส่วน 50:50 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 49.1 ต่อตารางเมตร อัตราส่วน 25:75 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 24.1 กรัมต่อตารางเมตร และอัตราส่วน 0:100 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 21.4 กรัมต่อตารางเมตร

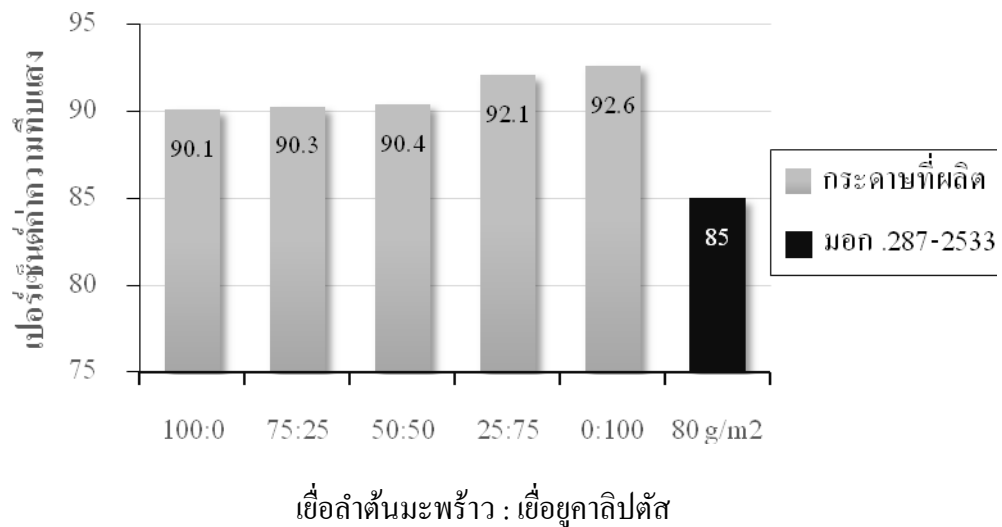
4.4.9 การศึกษาสมบัติทางทัศนศาสตร์ของค่าความขาวสว่าง (Brightness)



รูปที่ 4.12 ค่าความขาวสว่าง (Brightness)

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความขาวสว่าง ระหว่างกระดาษที่ผลิตกับเกณฑ์ที่ มอก.287-2533 กำหนด จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในทุกอัตราส่วนมีค่าความขาวสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดย มอก.287-2533 กำหนดค่าความขาวสว่างของกระดาษ 80 g/m² ไว้ไม่น้อยกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อยูคาลิปตัส 100:0 มีค่าความขาวสว่างเท่ากับ 77.8 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 75:25 มีค่าความขาวสว่างเท่ากับ 76.9 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 50:50 มีค่าความขาวสว่างเท่ากับ 79.8 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 25:75 มีค่าความขาวสว่างเท่ากับ 75.7 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วน 0:100 มีค่าความขาวสว่างเท่ากับ 76.8 เปอร์เซ็นต์

4.4.10 การศึกษาสมบัติทางทัศนศาสตร์ของค่าความทึบแสง (Opacity)



รูปที่ 4.13 ค่าความทึบแสง (Opacity)

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความทึบแสง ระหว่างกระดาษที่ผลิตกับเกณฑ์ที่ มอก. 287-2533 กำหนด จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นในทุกอัตราส่วนมีค่าความทึบแสงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดย มอก.287-2533 กำหนดค่าความทึบแสงของกระดาษ 80 g/m² ไว้ไม่น้อยกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลองพบว่า กระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์ส 100:0 มีค่าความทึบแสงเท่ากับ 90.1 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 75:25 มีค่าความทึบแสงเท่ากับ 90.3 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 50:50 มีค่าความทึบแสงเท่ากับ 90.4 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 25:75 มีค่าความทึบแสงเท่ากับ 92.1 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วน 0:100 มีค่าความทึบแสงเท่ากับ 92.6 เปอร์เซ็นต์

4.5 ทดสอบและเปรียบเทียบความสามารถในการพิมพ์ระบบออฟเซตแบบปฐุฟ แทนราบของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปตัล

จากการทดสอบทางด้านการพิมพ์ คือ ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ (Dot area), ค่าความดำ (Density), และค่าขอบเขตสี $L^*a^*b^*$ (Color gamut)

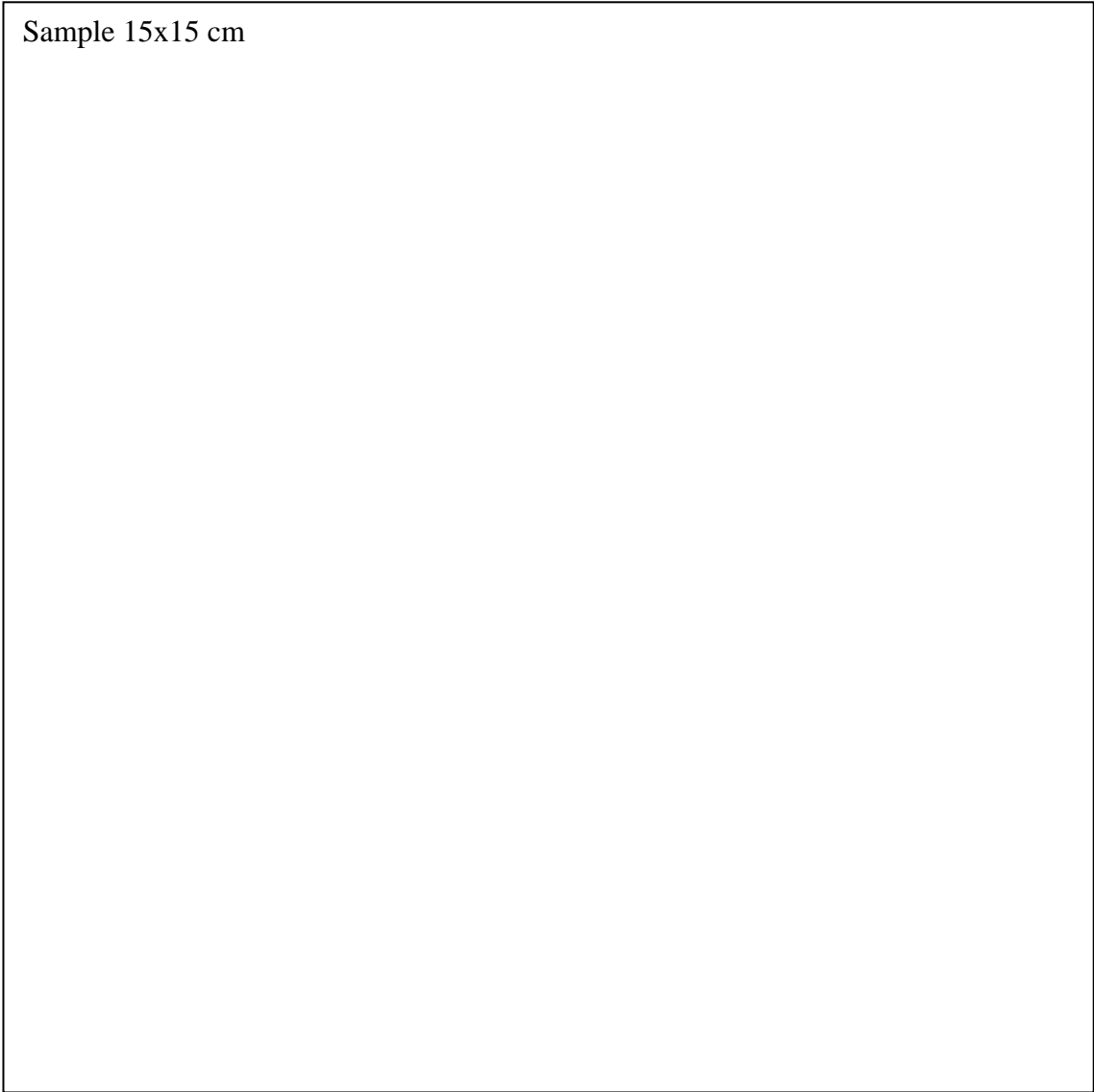
4.5.1 ตัวอย่างงานพิมพ์ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปตัล

4.5.1.1 ตัวอย่างงานพิมพ์ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปตัลในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปตัล) 100:0

Sample 15x15 cm

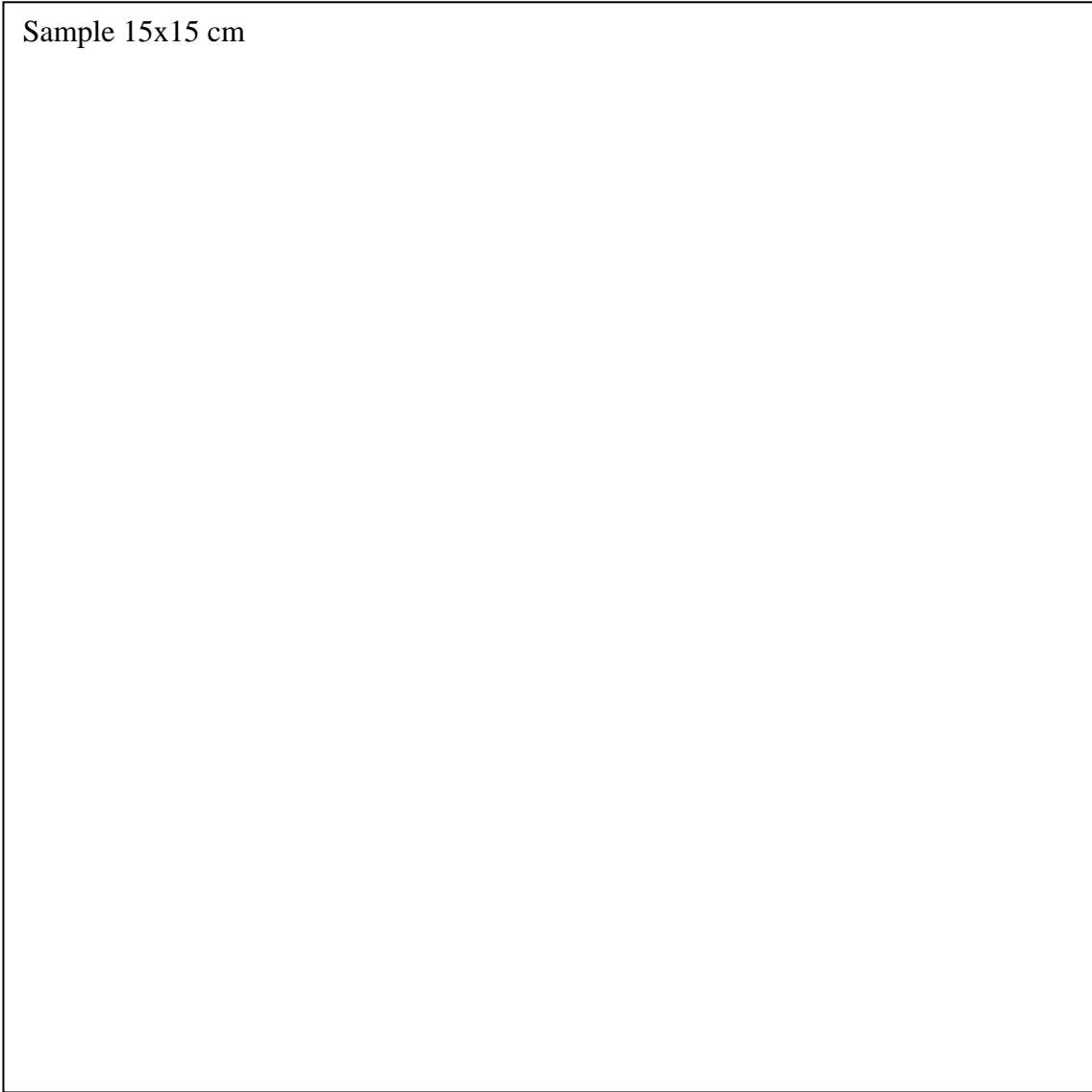
4.5.1.2 ตัวอย่างงานพิมพ์ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์ส) 75:25

Sample 15x15 cm



4.5.1.3 ตัวอย่างงานพิมพ์ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์ส) 50:50

Sample 15x15 cm



4.5.1.4 ตัวอย่างงานพิมพ์ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์ส) 25:75

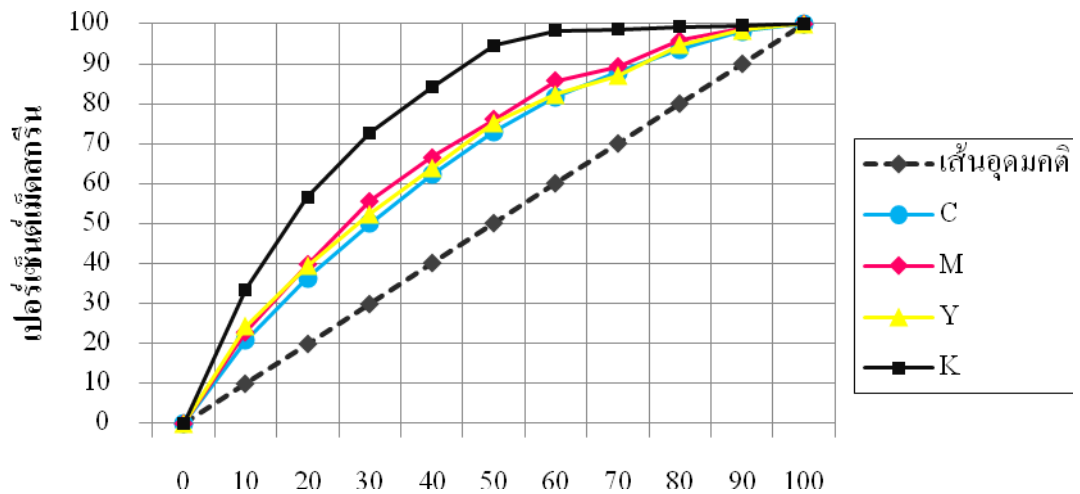
Sample 15x15

4.5.1.4 ตัวอย่างงานพิมพ์ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์ส) 0:100

Sample 15x15 cm

4.5.2 การศึกษาปริมาณเมล็ดสกรีนต่อพื้นที่ (Dot area)

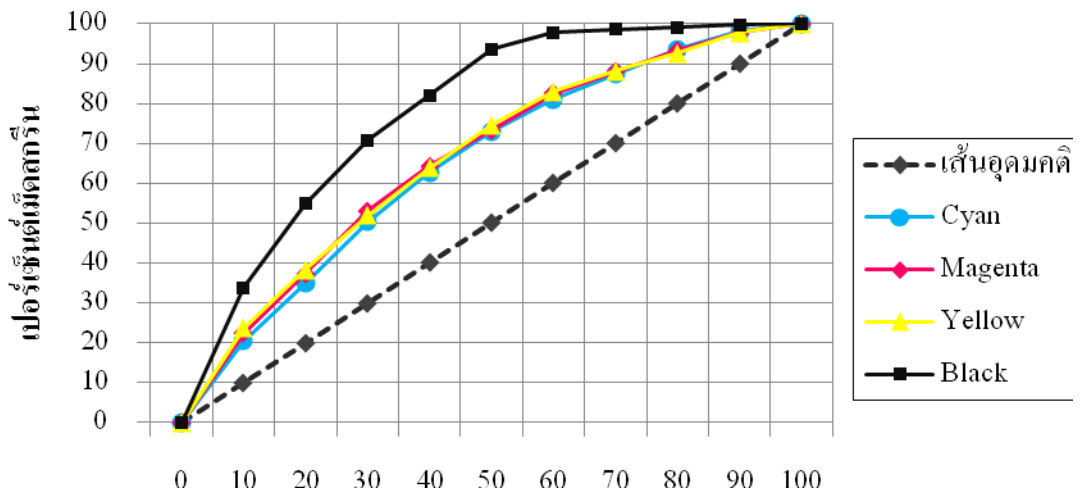
4.5.2.1 การศึกษาปริมาณเมล็ดสกรีนต่อพื้นที่ ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 100:0



รูปที่ 4.14 ปริมาณเมล็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 100:0

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงปริมาณปริมาณเมล็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 100:0 จะเห็นว่า หมึกสีดำ (K) เกิดปัญหาการบวมของเมล็ดกรีนมากที่สุด ส่วนสีฟ้า (C) มีค่าการบวมของเมล็ดสกรีนน้อยที่สุด และสีเหลือง (Y), สีม่วงแดง (M) มีค่าการบวมของเมล็ดสกรีนที่ใกล้เคียงกันตามลำดับ

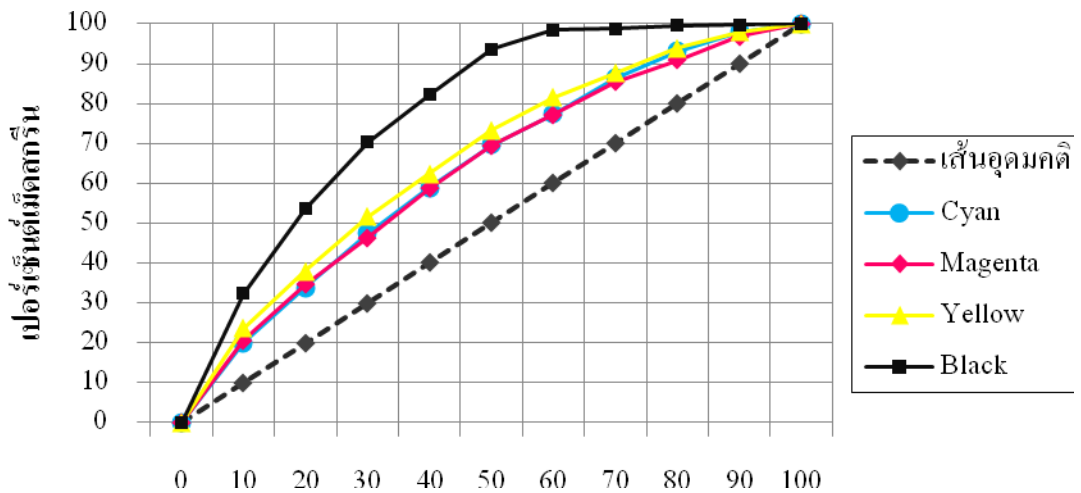
4.5.2.2 การศึกษาปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคา
ลิปตัส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปตัส) 75:25



รูปที่ 4.15 ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 75:25

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 75:25 จะเห็นว่าหมึกสีดำ (K) เกิดปัญหาการบวมของเม็ดกรีนมากที่สุด ส่วนสีฟ้า (C) มีค่าการบวมของเม็ดสกรีนน้อยที่สุด และสีเหลือง (Y), สีม่วงแดง (M) มีค่าการบวมของเม็ดสกรีนที่ใกล้เคียงกันตามลำดับ

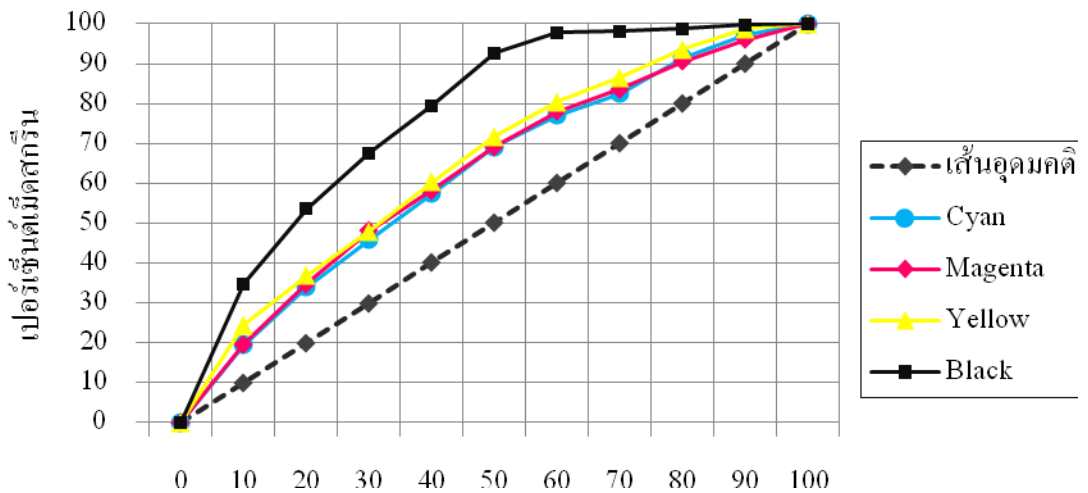
4.5.2.3 การศึกษาปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ ของกระดาษที่ผลิตจากเชื้อลำต้นมะพร้าวผสมกับเชื้อยูคาลิปตัส ในอัตราส่วน (เชื้อลำต้นมะพร้าว: เชื้อยูคาลิปตัส) 50:50



รูปที่ 4.16 ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 50:50

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงปริมาณปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 50:50 จะเห็นว่า หมึกสีดำ (K) เกิดปัญหาการบวมของเม็ดกรีนมากที่สุด ส่วนสีฟ้า (C) และสีม่วงแดง (M) มีค่าการบวมของเม็ดสกรีนที่น้อยที่สุดใกล้เคียงกัน และสีเหลือง (Y) มีค่าการบวมของเม็ดสกรีนมากกว่าสีฟ้า (C) และสีม่วงแดง (M) เล็กน้อย

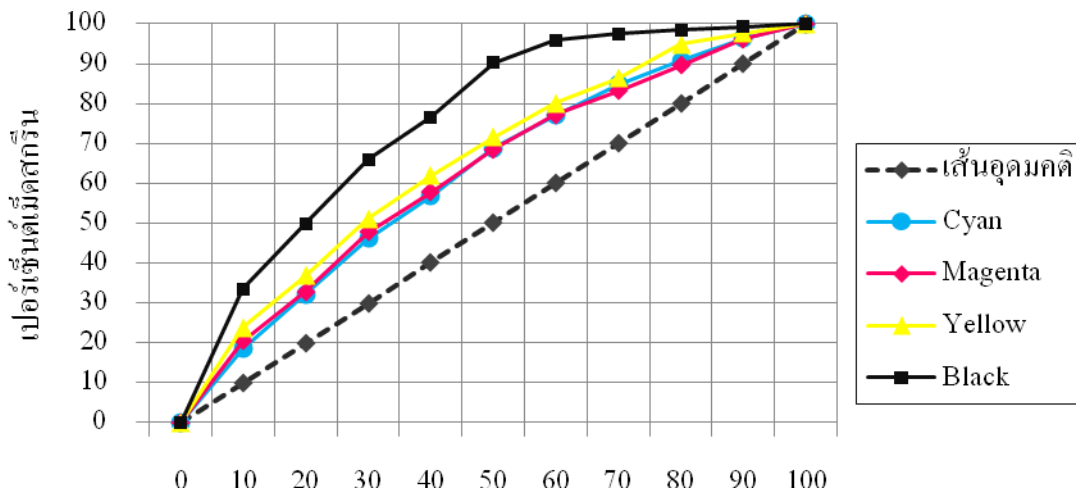
4.5.2.4 การศึกษาปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคา
ลิปตัส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปตัส) 25:75



รูปที่ 4.17 ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 25:75

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 25:75 จะเห็นว่าหมึกสีดำ (K) เกิดปัญหาการบวมของเม็ดกรีนมากที่สุด ส่วนสีฟ้า (C) และสีม่วงแดง (M) มีค่าการบวมของเม็ดสกรีนที่น้อยที่สุดใกล้เคียงกัน และสีเหลือง (Y) มีค่าการบวมของเม็ดสกรีนมากกว่าสีฟ้า (C) และสีม่วงแดง (M) เล็กน้อย

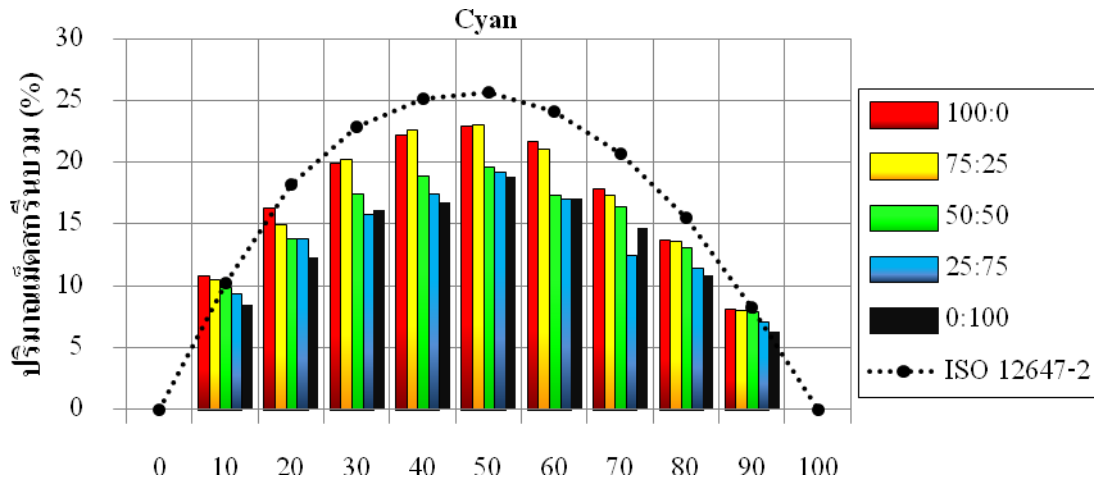
4.5.2.5 การศึกษาปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 0:100



รูปที่ 4.18 ปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 0:100

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ของกระดาษในอัตราส่วน 0:100 จะเห็นว่าหมึกสีดำ (K) เกิดปัญหาการบวมของเม็ดกรีนมากที่สุด ส่วนสีฟ้า (C) และสีม่วงแดง (M) มีค่าการบวมของเม็ดสกรีนที่น้อยที่สุดใกล้เคียงกัน และสีเหลือง (Y) มีค่าการบวมของเม็ดสกรีนมากกว่าสีฟ้า (C) และสีม่วงแดง (M) เล็กน้อย

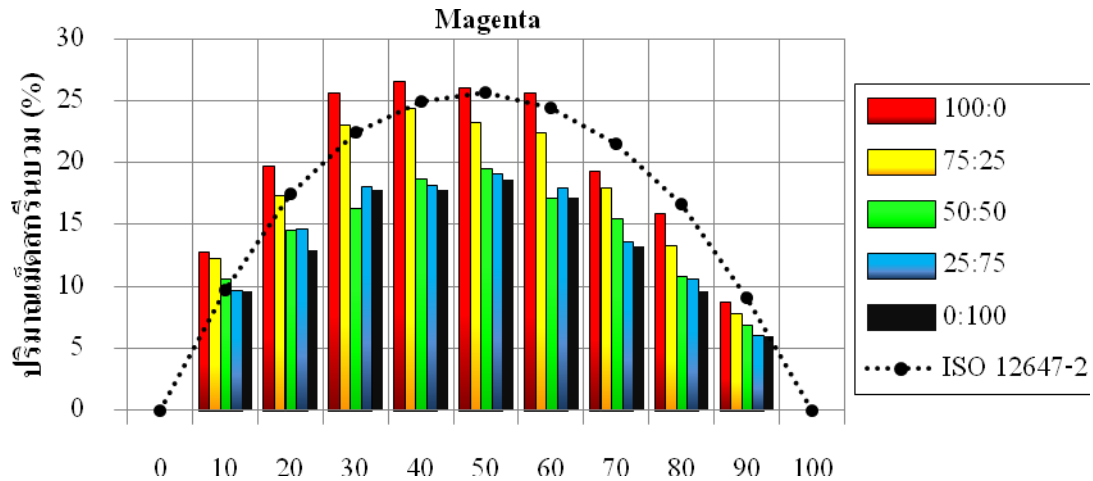
4.5.2.6 การศึกษาปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคา ลิปตัส ของหมึกพิมพ์สีฟ้า (Cyan)



รูปที่ 4.19 ปริมาณการบวมตัวของเม็ดสกรีนของหมึกพิมพ์สีฟ้า (Cyan)

รูปที่ 4.19 กราฟแสดงปริมาณการบวมตัวของเม็ดสกรีนในบริเวณพื้นที่เม็ดสกรีนต่างๆ ของหมึกพิมพ์สีฟ้า (Cyan) ของกระดาษที่ผลิตกับค่าการบวมตัวของเม็ดสกรีนตามมาตรฐาน ISO 12647-2 : 2004 จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปตัส 100:0 มีปริมาณการบวมตัวของเม็ดสกรีนมากที่สุด และอัตราส่วน 0:100 มีปริมาณการบวมตัวของเม็ดสกรีนน้อยที่สุดจากการศึกษาพบว่าพื้นที่เม็ดสกรีนส่วนใหญ่มีค่าการบวมที่ไม่เกินที่ ISO 12647-2 : 2004 กำหนดไว้ ส่วนกระดาษที่ผลิตในทุกอัตราส่วนนั้นเกิดปัญหาการบวมตัวของเม็ดสกรีนมากที่สุดบริเวณพื้นที่เม็ดสกรีน 50 เปอร์เซ็นต์

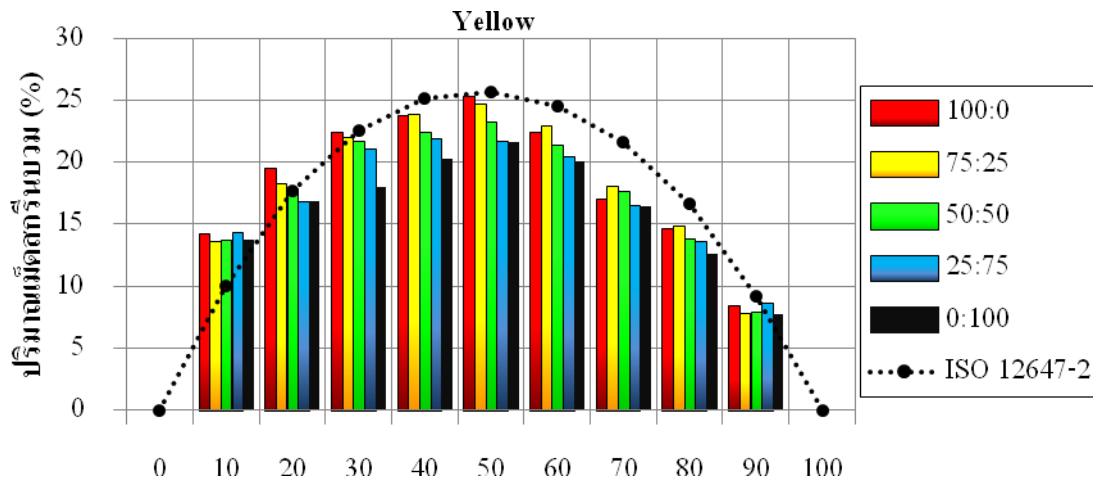
4.5.2.7 การศึกษาปริมาณเม็ดสกรีนต่อพื้นที่ ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคา ลิปตัส ของหมึกพิมพ์สีม่วงแดง (Magenta)



รูปที่ 4.20 ปริมาณการบวมตัวของเม็ดสกรีนของหมึกพิมพ์สีม่วงแดง (Magenta)

รูปที่ 4.20 กราฟแสดงปริมาณการบวมตัวของเม็ดสกรีนในบริเวณพื้นที่เม็ดสกรีนต่างๆ ของหมึกพิมพ์สีม่วงแดง (Magenta) ของกระดาษที่ผลิตกับค่าการบวมตัวของเม็ดสกรีนตามมาตรฐาน ISO 12647-2 : 2004 จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปตัส 100:0 มีปริมาณการบวมตัวของเม็ดสกรีนมากที่สุด และอัตราส่วน 0:100 มีปริมาณการบวมตัวของเม็ดสกรีนน้อยที่สุด จากการศึกษพบว่า พื้นที่เม็ดสกรีน 10 – 60 เปอร์เซ็นต์ของกระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน 100:0 มีการบวมตัวของเม็ดสกรีนมากกว่าค่าที่ ISO 12647-2 : 2004 กำหนดไว้ ส่วนกระดาษในอัตราส่วนอื่นๆมีพื้นที่เม็ดสกรีนส่วนใหญ่มีค่าการบวมที่ไม่เกินที่ ISO 12647-2 : 2004 กำหนดไว้ และกระดาษทุกอัตราส่วนเกิดปัญหาการบวมตัวของเม็ดสกรีนมากที่สุดบริเวณพื้นที่เม็ดสกรีน 50 เปอร์เซ็นต์

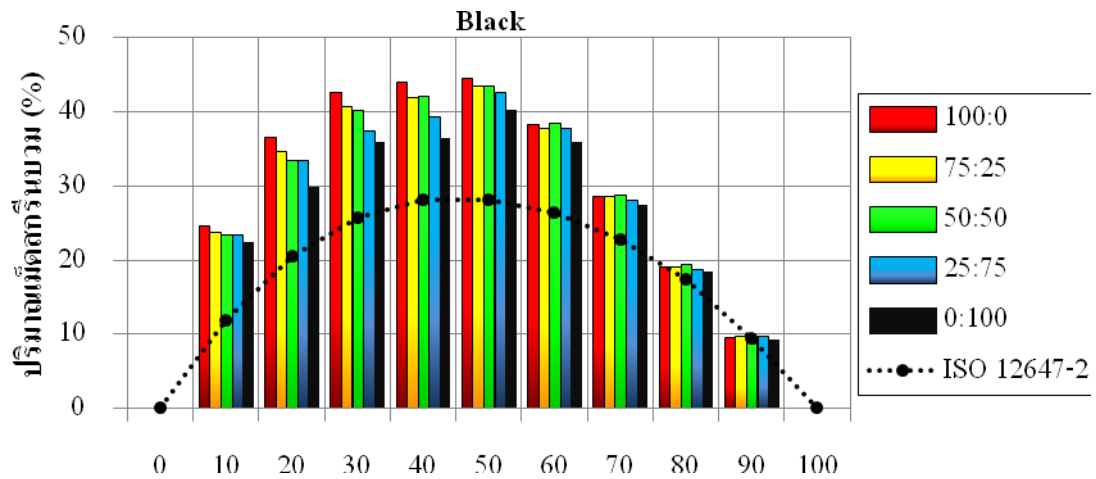
4.5.2.8 การศึกษาปริมาณเมล็ดสกรีนต่อพื้นที่ ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ของหมักพิมพ์สีเหลือง (Yellow)



รูปที่ 4.21 ปริมาณการบวมตัวของเมล็ดสกรีนของหมักพิมพ์สีเหลือง (Yellow)

รูปที่ 4.21 กราฟแสดงปริมาณการบวมตัวของเมล็ดสกรีนในบริเวณพื้นที่เมล็ดสกรีนต่างๆ ของหมักพิมพ์สีเหลือง (Yellow) ของกระดาษที่ผลิตกับค่าการบวมตัวของเมล็ดสกรีนตามมาตรฐาน ISO 12647-2 : 2004 จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์ส 100:0 มีปริมาณการบวมตัวของเมล็ดสกรีนมากที่สุด และอัตราส่วน 0:100 มีปริมาณการบวมตัวของเมล็ดสกรีนน้อยที่สุด จากการศึกษพบว่า พื้นที่เมล็ดสกรีน 10 เปอร์เซ็นต์ของกระดาษที่ผลิตในทุกอัตราส่วน มีการบวมตัวของเมล็ดสกรีนมากกว่าค่าที่ ISO 12647-2 : 2004 กำหนดไว้ ส่วนในพื้นที่เมล็ดสกรีน 30-100 เปอร์เซ็นต์มีค่าการบวมที่ไม่เกินที่ ISO 12647-2 : 2004 กำหนดไว้ และกระดาษทุกอัตราส่วนเกิดปัญหาการบวมตัวของเมล็ดสกรีนมากที่สุดบริเวณพื้นที่เมล็ดสกรีน 50 เปอร์เซ็นต์

4.5.2.9 การศึกษาปริมาณเมล็ดสกรีนต่อพื้นที่ ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ของหมักพิมพ์สีดำ (Black)

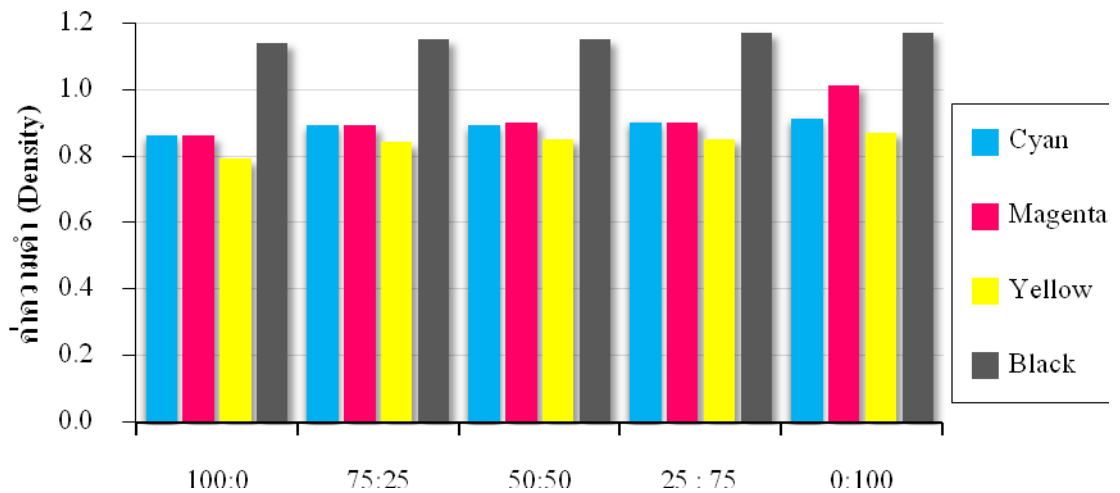


รูปที่ 4.22 ปริมาณการบวมตัวของเมล็ดสกรีนของหมักพิมพ์สีดำ (Black)

รูปที่ 4.22 กราฟแสดงปริมาณการบวมตัวของเมล็ดสกรีนในบริเวณพื้นที่เมล็ดสกรีนต่างๆ ของหมักพิมพ์สีดำ (Black) ของกระดาษที่ผลิตกับค่าการบวมตัวของเมล็ดสกรีนตามมาตรฐาน ISO 12647-2 : 2004 จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์ส 100:0 มีปริมาณการบวมตัวของเมล็ดสกรีนมากที่สุด และอัตราส่วน 0:100 มีปริมาณการบวมตัวของเมล็ดสกรีนน้อยที่สุด จากการศึกษาพบว่า กระดาษที่ผลิตในทุกอัตราส่วน มีการบวมตัวของเมล็ดสกรีนมากกว่าค่าที่ ISO 12647-2 : 2004 กำหนดไว้ไว้ และกระดาษทุกอัตราส่วนเกิดปัญหาการบวมตัวของเมล็ดสกรีนมากที่สุดบริเวณพื้นที่เมล็ดสกรีน 50 เปอร์เซ็นต์

4.5.3 การศึกษาค่าความดำของหมึกพิมพ์ (Density)

4.5.3.1 การศึกษาค่าความดำของหมึกพิมพ์ (Density) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์

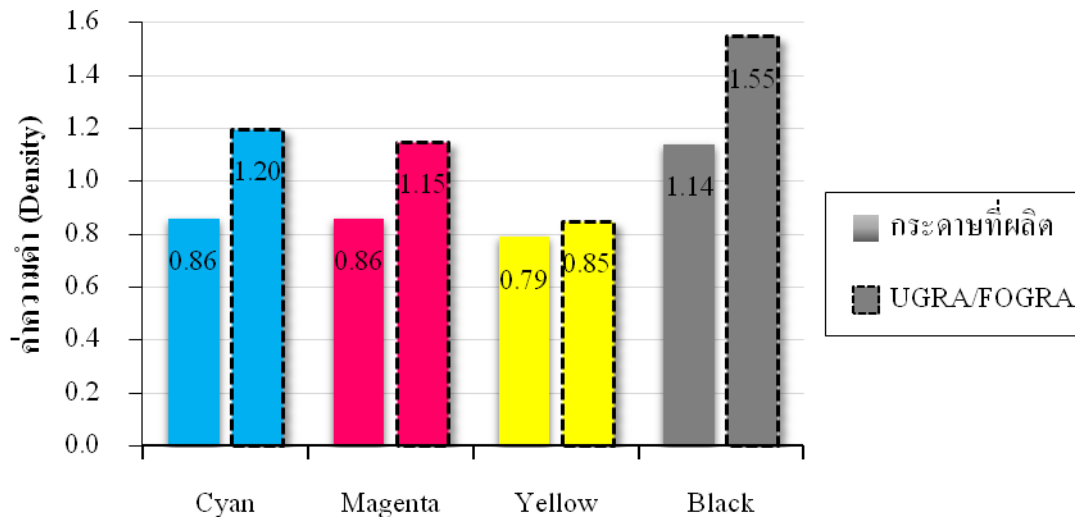


เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์

รูปที่ 4.23 ค่าความดำของหมึก (Density)

รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าความดำของหมึกพิมพ์บริเวณพื้นที่บ (Solid) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ในอัตราส่วนต่างๆ จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน เยื่อลำต้นมะพร้าว : เยื่อคาลิปต์ 100:0 มีค่าความดำของหมึกพิมพ์เฉลี่ยในแต่ละสีน้อยที่สุด ส่วนกระดาษที่ผลิตในอัตราส่วน 0:100 มีค่าความดำของหมึกพิมพ์เฉลี่ยในแต่ละสีมากที่สุด

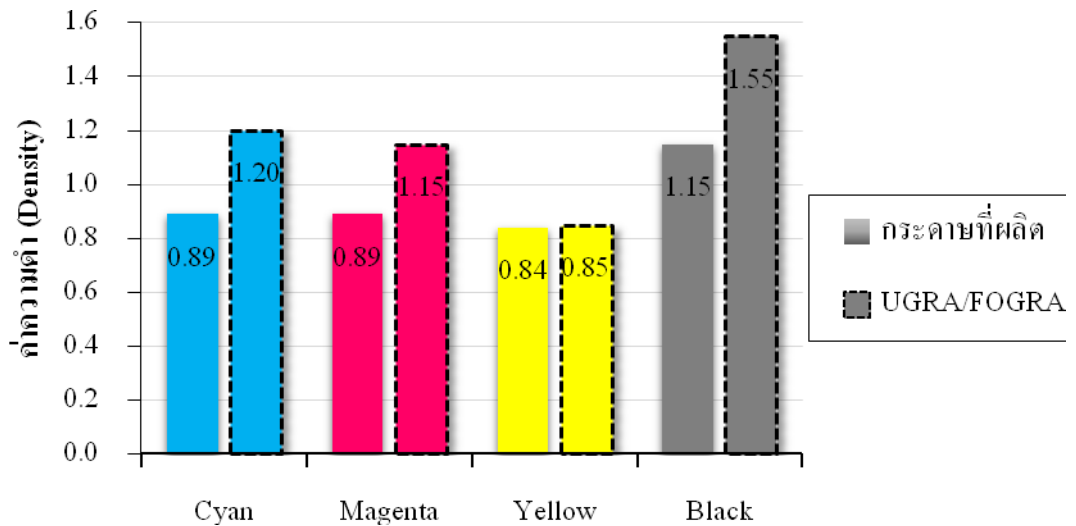
4.5.3.2 การศึกษาค่าความดำของหมึกพิมพ์ (Density) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 100:0



รูปที่ 4.24 ค่าความดำของหมึก (Density) ของกระดาษในอัตราส่วน 100:0

รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าความดำของหมึกพิมพ์บริเวณพื้นที่บ (Solid) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สในอัตราส่วน 100:0 กับค่าความดำมาตรฐาน UGRA/FOGRA ของกระดาษไม่เคลือบผิว [20] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตนั้นมีค่าความดำของหมึกพิมพ์ทุกสีน้อยกว่าค่ามาตรฐาน UGRA/FOGRA โดยหมึกพิมพ์สีดำ (Black) นั้นมีค่าความดำน้อยกว่ามาตรฐานมากกว่าทุกสี จากผลการทดลองพบว่า ค่าความดำของหมึกพิมพ์สีฟ้า (Cyan) มีค่าเท่ากับ 0.86 หมึกพิมพ์สีม่วงแดง (Magenta) มีค่าเท่ากับ 0.86 หมึกพิมพ์สีเหลือง (Yellow) มีค่าเท่ากับ 0.79 และหมึกพิมพ์สีดำ (Black) มีค่าเท่ากับ 1.14

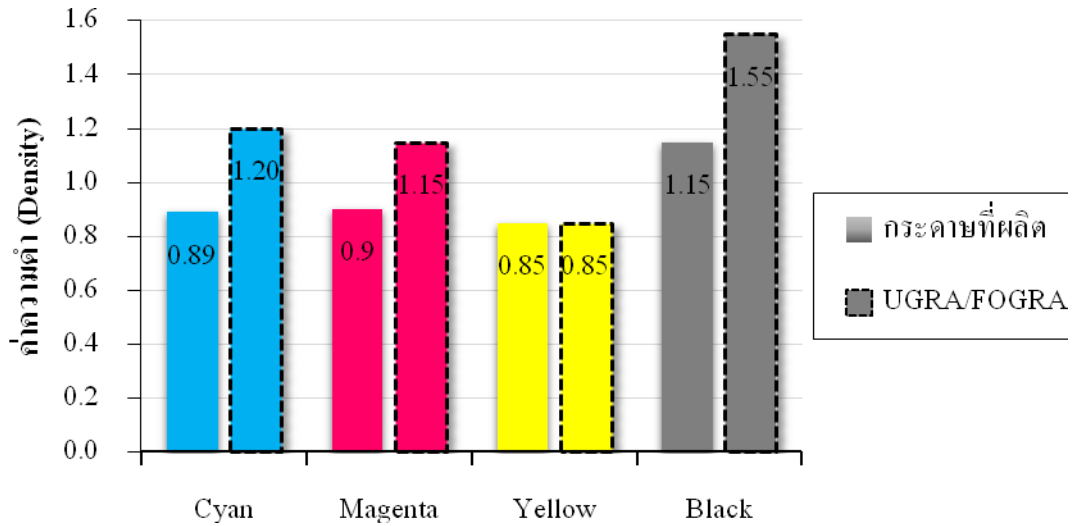
4.5.3.3 การศึกษาค่าความดำของหมึกพิมพ์ (Density) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 75:25



รูปที่ 4.25 ค่าความดำของหมึก (Density) ของกระดาษในอัตราส่วน 75:25

รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าความดำของหมึกพิมพ์บริเวณพื้นที่บ (Solid) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สในอัตราส่วน 75:25 กับค่าความดำมาตรฐาน UGRA/FOGRA ของกระดาษไม่เคลือบผิว [20] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตนั้นมีค่าความดำของหมึกพิมพ์ทุกสีน้อยกว่าค่ามาตรฐาน UGRA/FOGRA โดยหมึกพิมพ์สีดำ (Black) นั้นมีค่าความดำน้อยกว่ามาตรฐานมากกว่าทุกสี ส่วนหมึกพิมพ์สีเหลือง (Yellow) มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากที่สุด จากผลการทดลองพบว่าค่าความดำของหมึกพิมพ์สีฟ้า (Cyan) มีค่าเท่ากับ 0.89 หมึกพิมพ์สีม่วงแดง (Magenta) มีค่าเท่ากับ 0.89 หมึกพิมพ์สีเหลือง (Yellow) มีค่าเท่ากับ 0.84 และหมึกพิมพ์สีดำ (Black) มีค่าเท่ากับ 1.15

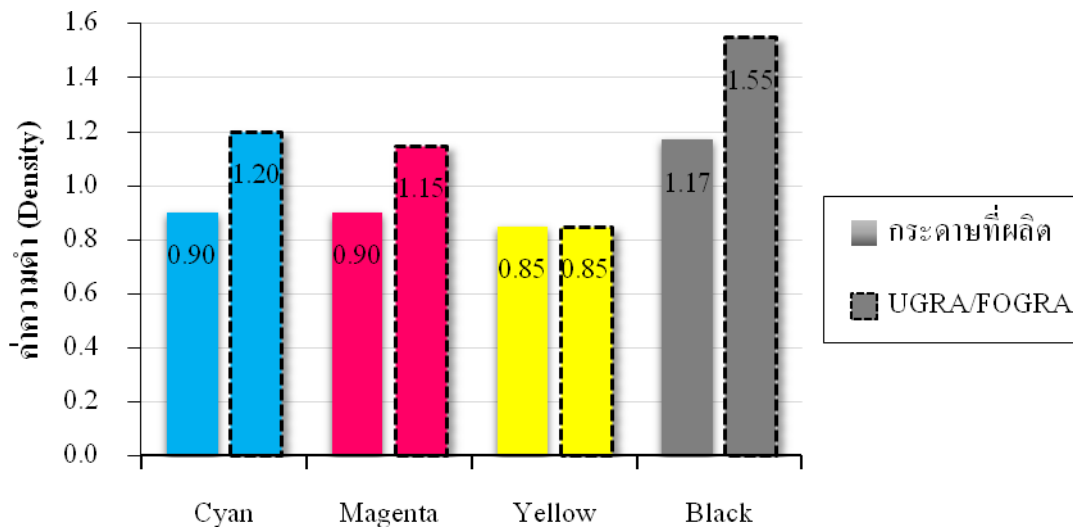
4.5.3.4 การศึกษาค่าความดำของหมึกพิมพ์ (Density) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 50:50



รูปที่ 4.26 ค่าความดำของหมึก (Density) ของกระดาษในอัตราส่วน 50:50

รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่าความดำของหมึกพิมพ์บริเวณพื้นที่ (Solid) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สในอัตราส่วน 50:50 กับค่าความดำมาตรฐาน UGRA/FOGRA ของกระดาษไม่เคลือบผิว [20] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตนั้นมีค่าความดำของหมึกพิมพ์ทุกสีน้อยกว่าค่ามาตรฐาน UGRA/FOGRA โดยหมึกพิมพ์สีดำ (Black) นั้นมีค่าความดำน้อยกว่ามาตรฐานมากกว่าทุกสี ส่วนหมึกพิมพ์สีเหลือง (Yellow) มีค่าเท่ากับค่ามาตรฐาน จากผลการทดลองพบว่า ค่าความดำของหมึกพิมพ์สีฟ้า (Cyan) มีค่าเท่ากับ 0.89 หมึกพิมพ์สีม่วงแดง (Magenta) มีค่าเท่ากับ 0.90 หมึกพิมพ์สีเหลือง (Yellow) มีค่าเท่ากับ 0.85 และหมึกพิมพ์สีดำ (Black) มีค่าเท่ากับ 1.15

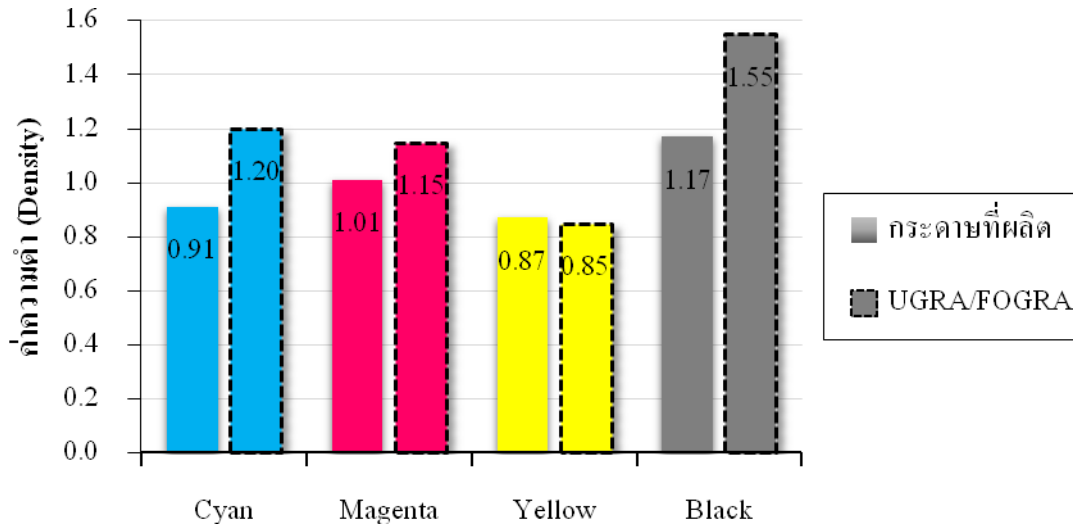
4.5.3.5 การศึกษาค่าความดำของหมึกพิมพ์ (Density) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 25:75



รูปที่ 4.27 ค่าความดำของหมึก (Density) ของกระดาษในอัตราส่วน 25:75

รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าความดำของหมึกพิมพ์บริเวณพื้นที่บ (Solid) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สในอัตราส่วน 25:75 กับค่าความดำมาตรฐาน UGRA/FOGRA ของกระดาษไม่เคลือบผิว [20] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตนั้นมีค่าความดำของหมึกพิมพ์ทุกสีน้อยกว่าค่ามาตรฐาน UGRA/FOGRA โดยหมึกพิมพ์สีดำ (Black) นั้นมีค่าความดำน้อยกว่ามาตรฐานมากกว่าทุกสี ส่วนหมึกพิมพ์สีเหลือง (Yellow) มีค่าเท่ากับค่ามาตรฐาน จากผลการทดลองพบว่า ค่าความดำของหมึกพิมพ์สีฟ้า (Cyan) มีค่าเท่ากับ 0.90 หมึกพิมพ์สีม่วงแดง (Magenta) มีค่าเท่ากับ 0.90 หมึกพิมพ์สีเหลือง (Yellow) มีค่าเท่ากับ 0.85 และหมึกพิมพ์สีดำ (Black) มีค่าเท่ากับ 1.17

4.5.3.6 การศึกษาค่าความดำของหมึกพิมพ์ (Density) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 0:100

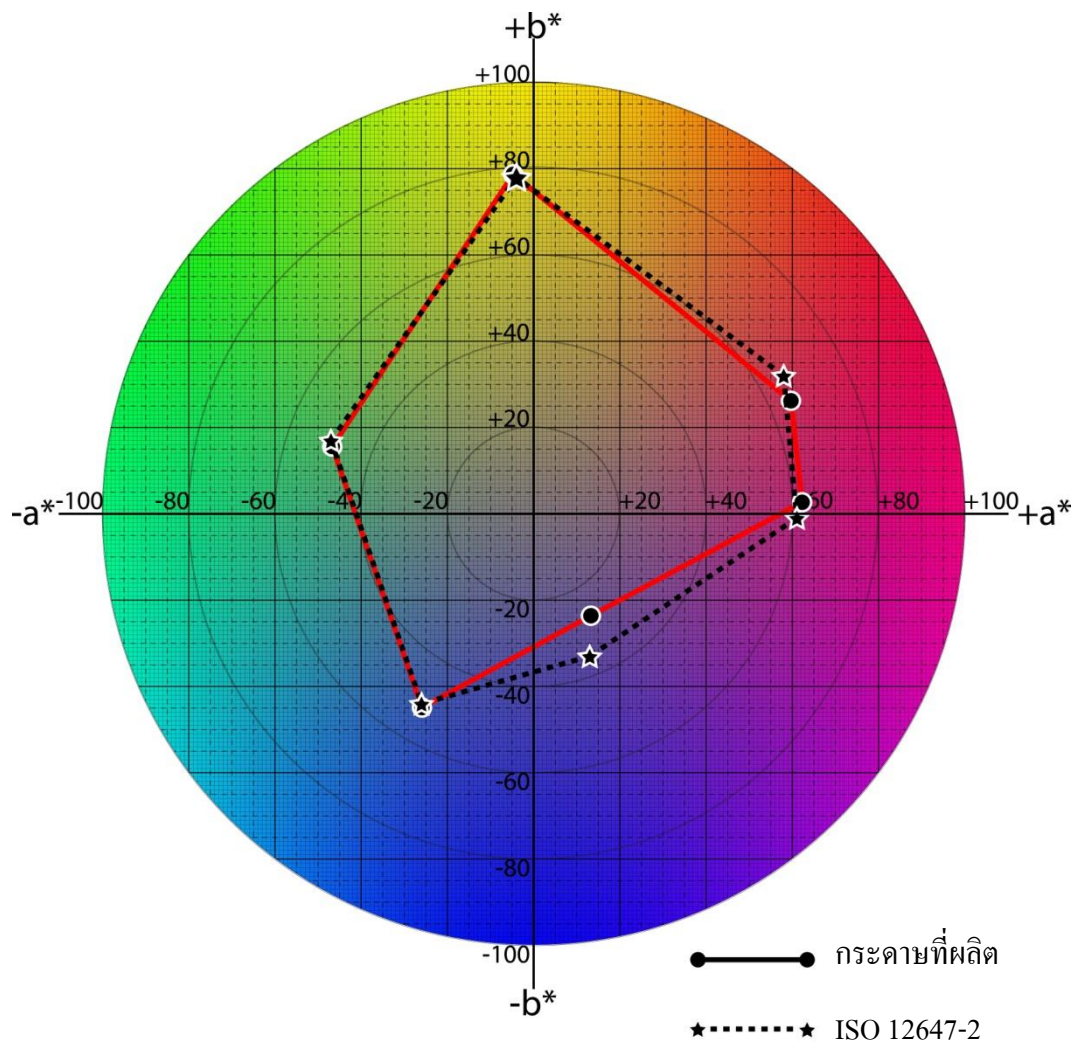


รูปที่ 4.28 ค่าความดำของหมึก (Density) ของกระดาษในอัตราส่วน 0:100

รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่าความดำของหมึกพิมพ์บริเวณพื้นที่บ (Solid) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์สในอัตราส่วน 0:100 กับค่าความดำมาตรฐาน UGRA/FOGRA ของกระดาษไม่เคลือบผิว [20] จะเห็นว่ากระดาษที่ผลิตนั้นมีค่าความดำของหมึกพิมพ์ทุกสีน้อยกว่าค่ามาตรฐาน UGRA/FOGRA โดยหมึกพิมพ์สีดำ (Black) นั้นมีค่าความดำน้อยกว่ามาตรฐานมากกว่าทุกสี ส่วนหมึกพิมพ์สีเหลือง (Yellow) มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย จากผลการทดลองพบว่า ค่าความดำของหมึกพิมพ์สีฟ้า (Cyan) มีค่าเท่ากับ 0.91 หมึกพิมพ์สีม่วงแดง (Magenta) มีค่าเท่ากับ 1.01 หมึกพิมพ์สีเหลือง (Yellow) มีค่าเท่ากับ 0.87 และหมึกพิมพ์สีดำ (Black) มีค่าเท่ากับ 1.17

4.5.4 การศึกษาค่าขอบเขตสี CIELAB (Color gamut)

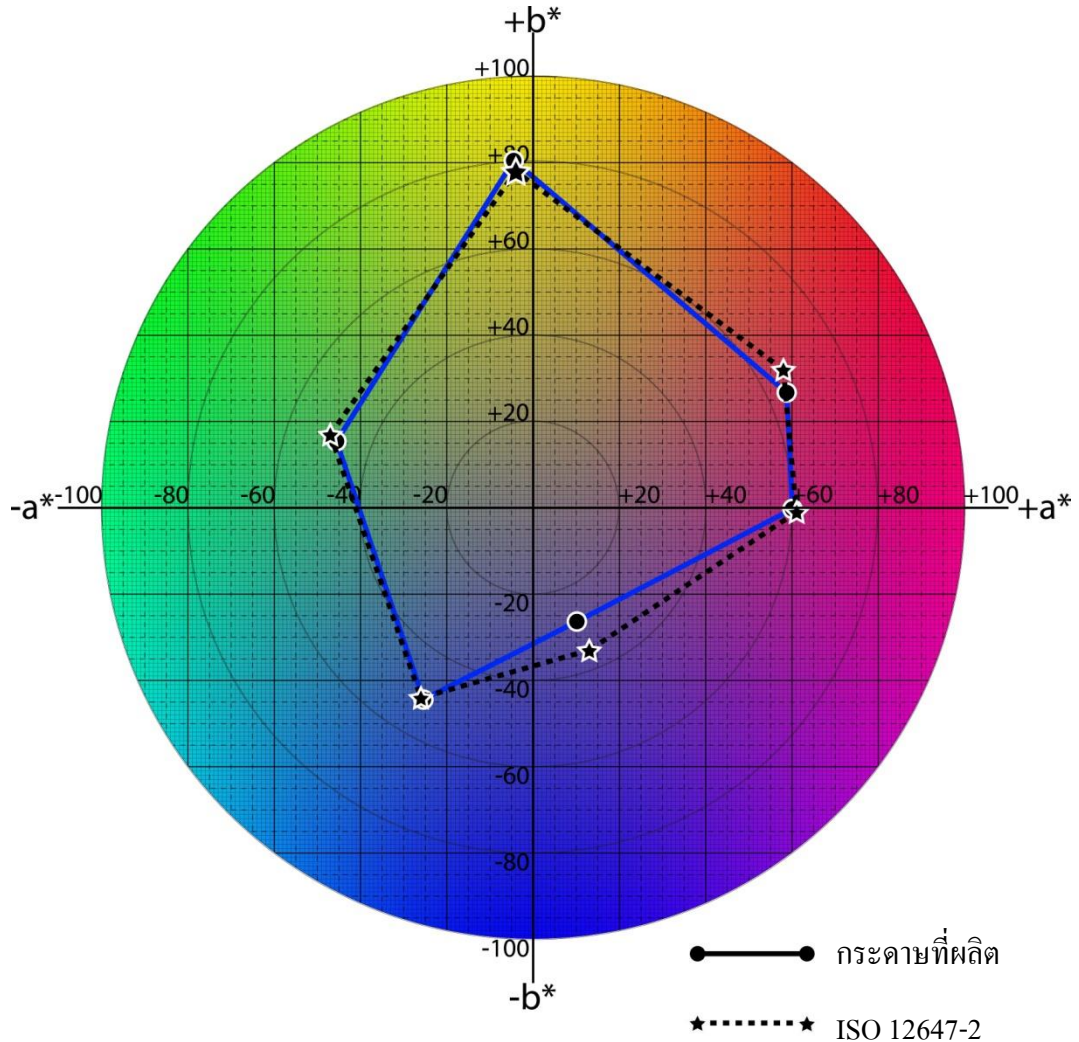
4.5.4.1 การศึกษาค่าขอบเขตสี $L^*a^*b^*$ (Color gamut) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 100:0



รูปที่ 4.29 ค่าขอบเขตสี $L^*a^*b^*$ (Color gamut) ของกระดาษในอัตราส่วน 100:0

รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าขอบเขตสีของกระดาษในอัตราส่วน 100:0 กับค่าขอบเขตสีตามมาตรฐานของ ISO 12647-2 : 2004 (Uncoated, white) จะเห็นว่าค่าขอบเขตสีของกระดาษที่ผลิตนั้นในช่วงสีฟ้า (Cyan), สีเขียว (Green), สีเหลือง (Yellow), และสีม่วงแดง (Magenta) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2 ในส่วนของสีแดง (Red) และสีน้ำเงิน (Blue) นั้นมีค่าขอบสีที่น้อยกว่าค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2

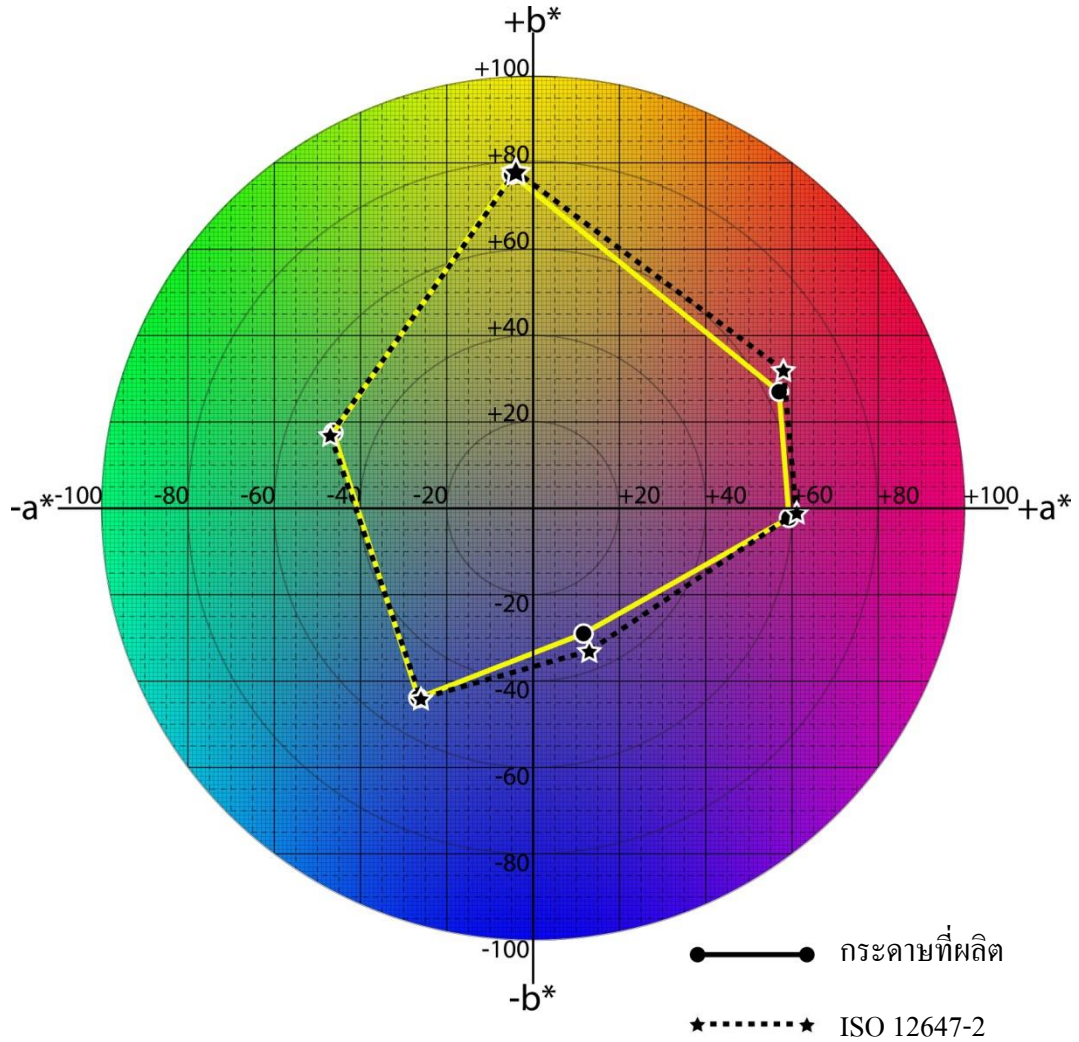
4.5.4.2 การศึกษาค่าขอบเขตสี $L^*a^*b^*$ (Color gamut) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 75:25



รูปที่ 4.30 ค่าขอบเขตสี $L^*a^*b^*$ (Color gamut) ของกระดาษในอัตราส่วน 75:25

รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่าขอบเขตสีของกระดาษในอัตราส่วน 75:25 กับค่าขอบเขตสีตามมาตรฐานของ ISO 12647-2 : 2004 (Uncoated, white) จะเห็นว่าค่าขอบเขตสีของกระดาษที่ผลิตนั้นในช่วงสีฟ้า (Cyan), สีเขียว (Green), สีเหลือง (Yellow), และสีม่วงแดง (Magenta) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2 ในส่วนของสีแดง (Red) และสีน้ำเงิน (Blue) นั้นมีค่าขอบสีที่น้อยกว่าค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2

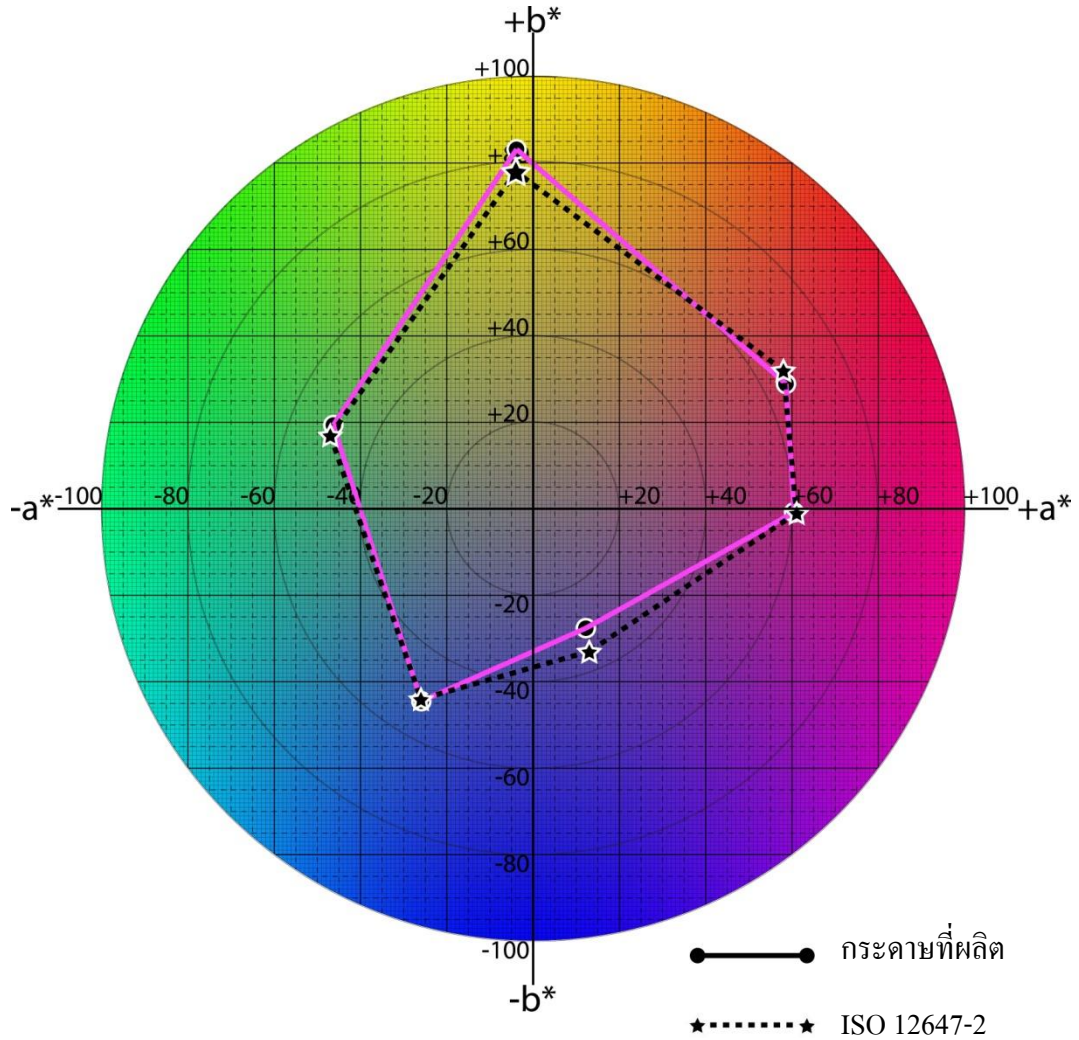
4.5.4.3 การศึกษาค่าขอบเขตสี L*a*b* (Color gamut) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 50:50



รูปที่ 4.31 ค่าขอบเขตสี L*a*b* (Color gamut) ของกระดาษในอัตราส่วน 50:50

รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่าขอบเขตสีของกระดาษในอัตราส่วน 50:50 กับค่าขอบเขตสีตามมาตรฐานของ ISO 12647-2 : 2004 (Uncoated, white) จะเห็นว่าค่าขอบเขตสีของกระดาษที่ผลิตนั้นในช่วงสีฟ้า (Cyan), สีเขียว (Green), สีเหลือง (Yellow), และสีม่วงแดง (Magenta) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2 ในส่วนของสีแดง (Red) และสีน้ำเงิน (Blue) นั้นมีค่าขอบสีที่น้อยกว่าค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2

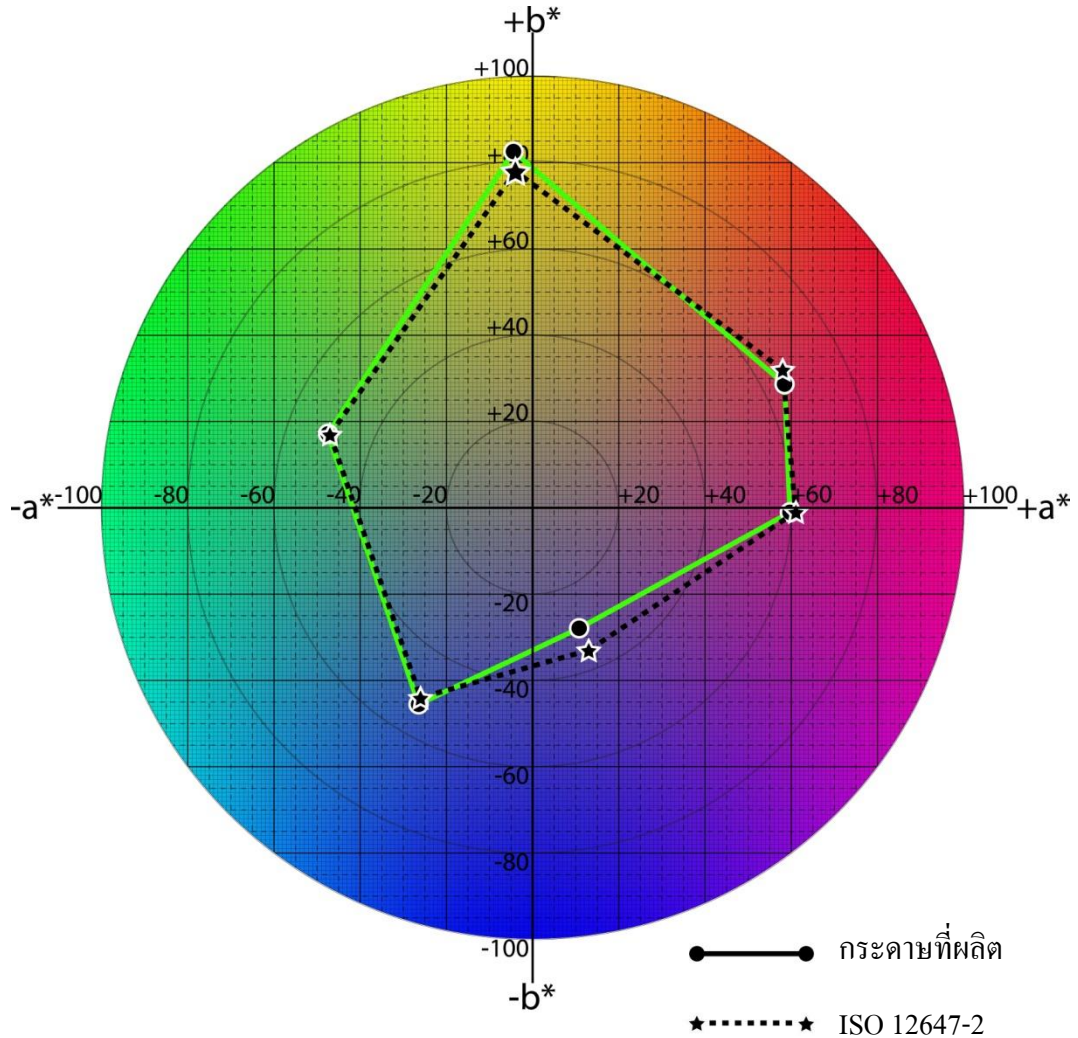
4.5.4.4 การศึกษาค่าขอบเขตสี $L^*a^*b^*$ (Color gamut) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำตันมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำตันมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 25:75



รูปที่ 4.32 ค่าขอบเขตสี $L^*a^*b^*$ (Color gamut) ของกระดาษในอัตราส่วน 25:75

รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่าขอบเขตสีของกระดาษในอัตราส่วน 25:75 กับค่าขอบเขตสีตามมาตรฐานของ ISO 12647-2 : 2004 (Uncoated, white) จะเห็นว่าค่าขอบเขตสีของกระดาษที่ผลิตนั้นในช่วงสีฟ้า (Cyan), สีเขียว (Green), สีเหลือง (Yellow), สีแดง (Red) และสีม่วงแดง (Magenta) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2 ในส่วนของสีน้ำเงิน (Blue) มีค่าขอบสีที่น้อยกว่าค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2

4.5.4.5 การศึกษาค่าขอบเขตสี $L^*a^*b^*$ (Color gamut) ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อคาลิปต์ส ในอัตราส่วน (เยื่อลำต้นมะพร้าว: เยื่อคาลิปต์ส) 0:100



รูปที่ 4.33 ค่าขอบเขตสี $L^*a^*b^*$ (Color gamut) ของกระดาษในอัตราส่วน 0:100

รูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่าขอบเขตสีของกระดาษในอัตราส่วน 0:100 กับค่าขอบเขตสีตามมาตรฐานของ ISO 12647-2 : 2004 (Uncoated, white) จะเห็นว่าค่าขอบเขตสีของกระดาษที่ผลิตนั้นในช่วงสีฟ้า (Cyan), สีเขียว (Green), สีเหลือง (Yellow), สีแดง (Red) และสีม่วงแดง (Magenta) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2 ในส่วนของสีน้ำเงิน (Blue) มีค่าขอบสีที่น้อยกว่าค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-2