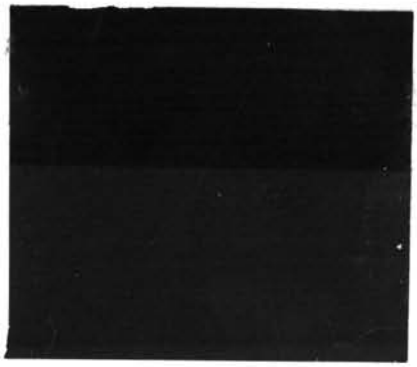
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบต้นกำเนิดรังสีเบตาที่นำมาใช้ในการวิจัย

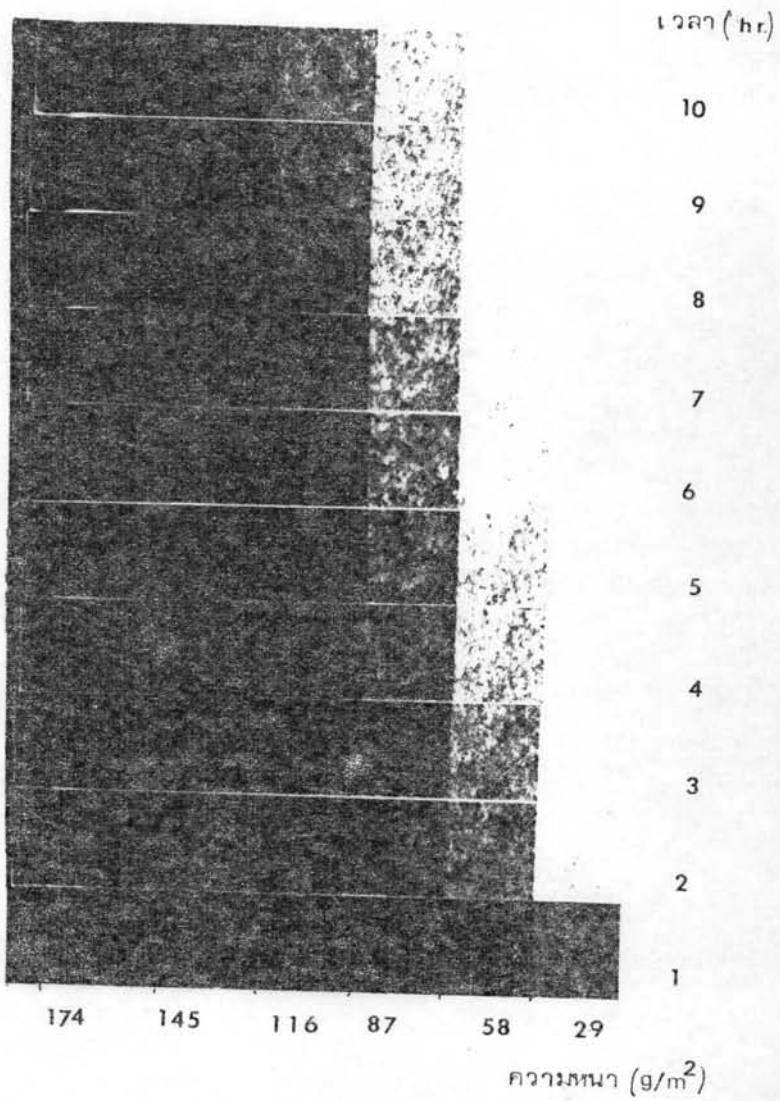
การที่จะทดสอบว่าต้นกำเนิดรังสีเบตาจาก C^{14} จะนำมาใช้ในการทำเรดิโอกราฟีได้หรือไม่นั้น ทำได้โดยนำเอา C^{14} วางบนฟิล์มรังสีเอกซ์เป็นเวลานาน 10 นาที เมื่อนำฟิล์มมาล้าง ผลปรากฏว่าฟิล์มบริเวณที่วาง C^{14} ไว้นั้นมีสีดำ ดังในรูป 4.1 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สามารถใช้รังสีเบตาจาก C^{14} มาทำเรดิโอกราฟีได้



รูป 4.1 ภาพที่เกิดจากการอาบฟิล์มรังสีเอกซ์ด้วย C^{14} จะเห็นความแตกต่างของภาพ ส่วนที่มีกระดาษวาง (ส่วนดำ) กับส่วนที่ถูกอาบรังสีโดยตรง (ส่วนขาว)

4.2 การทำ exposure chart สำหรับรังสีเบตา

การทำ exposure chart ทำได้โดย การถ่าย step wedge ด้วยรังสีเบตาจาก C^{14} ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 1 ถึง 9 ชั่วโมง เมื่อนำฟิล์มต่าง ๆ เหล่านั้นมาล้างตามขั้นตอนต่าง ๆ แล้ว จะเห็นว่าแต่ละขั้น (step) ที่ปรากฏบนฟิล์มมีความดำไม่เท่ากันดังในรูป 4.2 เมื่อนำเอาฟิล์มเหล่านั้นไปอ่านค่าความหนาแน่น โดยใช้เดนซิโตมิเตอร์ จะได้ผลดังแสดงในตาราง 4.1



รูป 4.2 ภาพถ่าย step wedge ที่ใช้เวลาตั้งแต่ 1 ถึง 9 ชั่วโมง

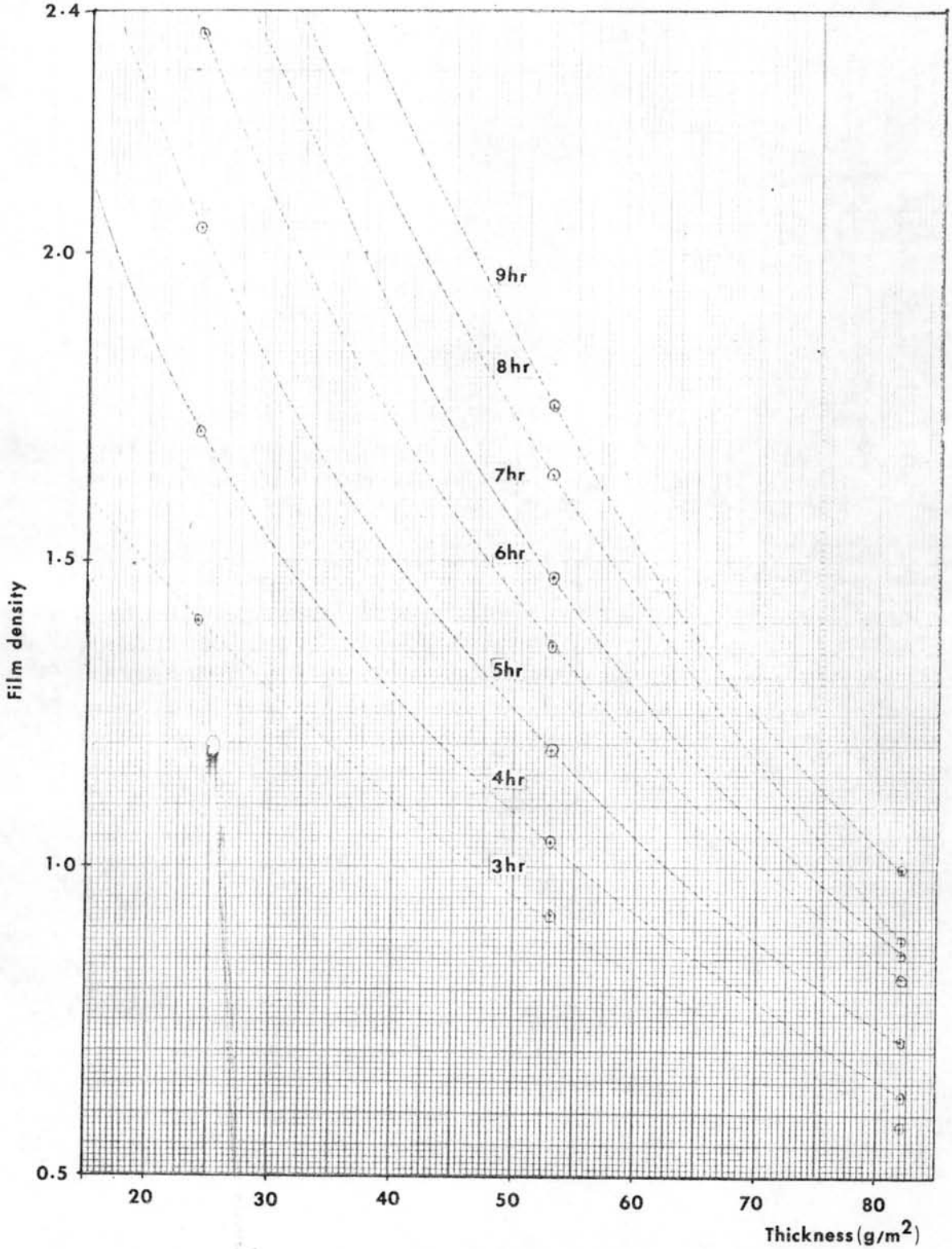
ตาราง 4.1

แสดงความหนาแน่นของฟิล์มที่เวลาและความหนาของกระดาษต่าง ๆ

จำนวนแผ่น	ความหนา (g/m^2)	เวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพ (ชั่วโมง)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	29.04	1.17	1.24	1.40	1.71	2.04	2.36	2.56	2.76	2.95
2	58.09	0.77	0.85	0.92	1.04	1.19	1.36	1.47	1.64	1.75
3	87.13	0.52	0.56	0.58	0.63	0.72	0.82	0.86	0.88	1.00
4	116.17	0.42	0.46	0.48	0.51	0.53	0.57	0.61	0.65	0.65
5	145.22	0.39	0.41	0.42	0.44	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51
6	174.24	0.35	0.39	0.40	0.43	0.43	0.44	0.44	0.46	0.45

จากการทดลองในตาราง 4.1 สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของฟิล์มกับความหนาของกระดาษในกระดาษกราฟแบบลีเนียร์ (linear) ดังแสดงในรูป 4.3

จากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของฟิล์ม กับความหนาของกระดาษ สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการถ่ายภาพ กับความหนาของกระดาษ โดยดูที่ความหนาแน่นฟิล์ม 1.5 และ 2 ดังแสดงในตาราง 4.2 และรูป 4.4



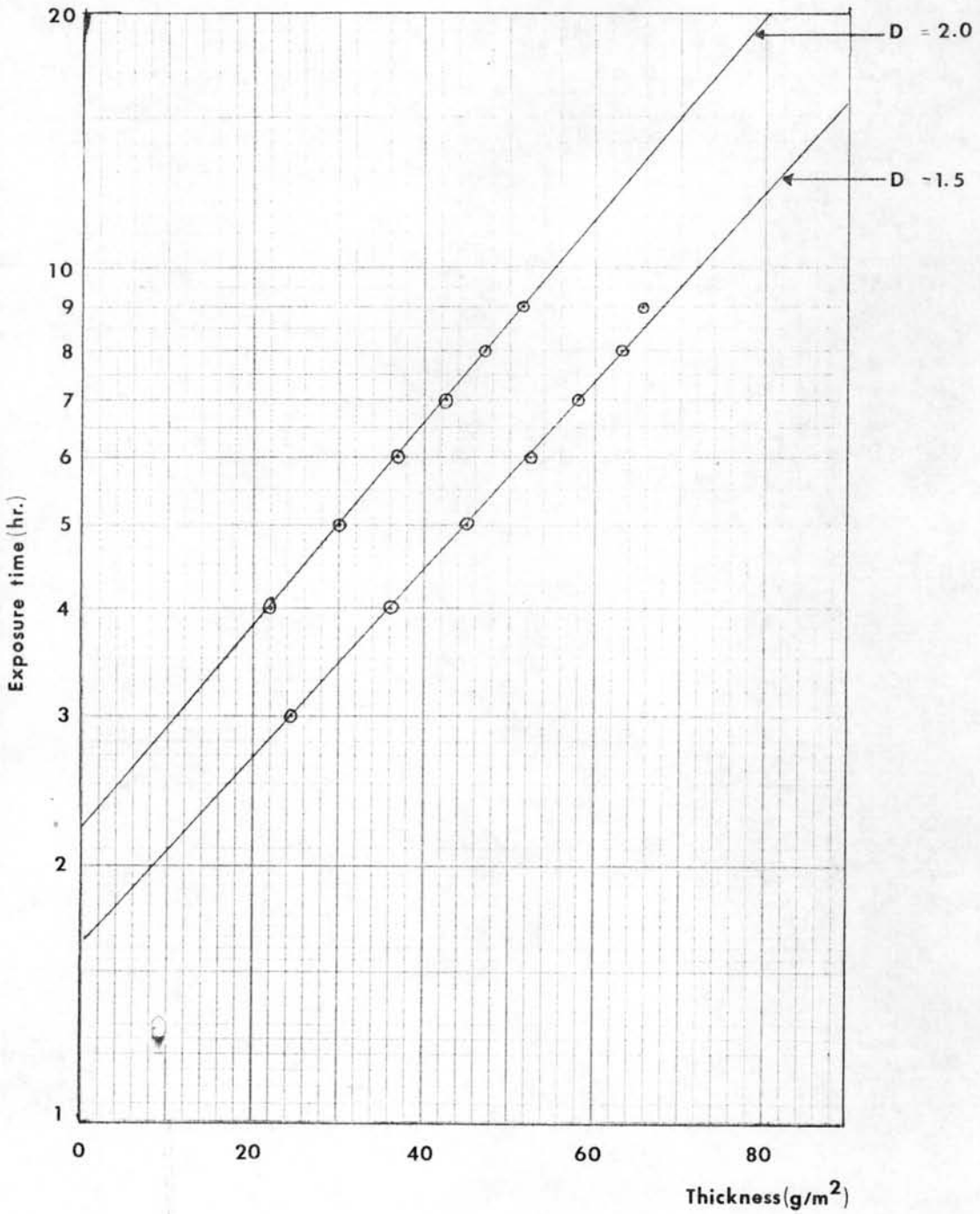
รูป 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของฟิล์มกับความหนาของกระดาษ

ตาราง 4.2

เวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพชิ้นงาน (ชั่วโมง) ที่ความหนาต่าง ๆ กัน

โดยความหนาแน่นของฟิล์มเป็น 1.5 และ 2 ตามลำดับ

เวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพ (ชั่วโมง)	ความหนาแน่นฟิล์ม 1.5	ความหนาแน่นฟิล์ม 2.0
	ความหนาของชิ้นงาน (กรัมต่อตารางเมตร)	ความหนาของชิ้นงาน (กรัมต่อตารางเมตร)
3	24.5	-
4	36.0	22.0
5	45.0	30.0
6	52.5	37.0
7	57.0	42.5
8	63.0	47.0
9	65.5	51.5

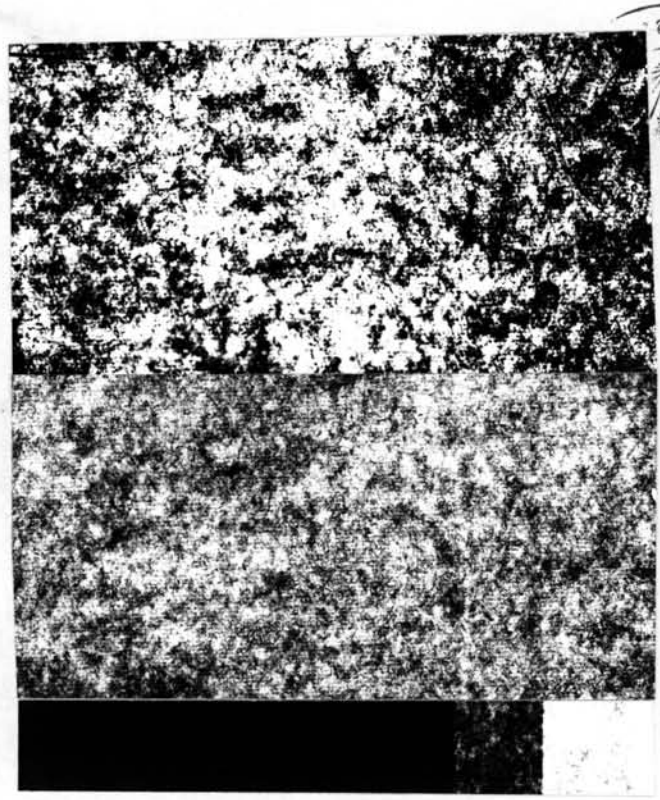


รูป 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพกับความหนาของกระดาษที่ความหนาแน่นฟิล์ม 1.5 และ 2

4.3 การถ่ายภาพชิ้นงาน

ในการถ่ายภาพชิ้นงานจะต้องหาเวลาในการถ่ายภาพของชิ้นงานที่ทราบความหนาแล้วจาก exposure chart เสียก่อน แล้วจึงทำการถ่ายภาพชิ้นงานนั้น ๆ เพื่อตรวจสอบเนื้อเยื่อ ตรวจสอบลายน้ำ หรือเปรียบเทียบลายน้ำในกระดาษ เปรียบเทียบเนื้อเยื่อของกระดาษ ที่มีความหนาขนาดเดียวกัน แต่จากโรงงานทำกระดาษต่างกัน

4.3.1 ถ่ายภาพเนื้อเยื่อของกระดาษที่มีความหนา 45 กรัมต่อตารางเมตร จากบริษัทเล่าฮั่วเยียงเปรียบเทียบระหว่างการใช้รังสีเบตา และการใช้ไฟในการตรวจสอบเนื้อเยื่อ ได้ผลดังแสดงในรูป 4.5



ก.

ข.

174 145 116 87 58 29 g/m^2

รูป 4.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการใช้ไฟจากเครื่องอัดรูป และการใช้รังสีเบตา ในการตรวจสอบเนื้อเยื่อ

ก. ใช้ไฟส่องผ่านชิ้นงานใน 1 วินาที

ข. ใช้รังสีเบตาถ่ายภาพในเวลา 5 ชั่วโมง โดยดูที่ความหนาแน่นเป็น 1.5 (x1.5)

4.3.2 ในการถ่ายภาพชิ้นงานนั้นต้องคำนึงถึงความดำของภาพบนฟิล์ม ซึ่งจะสามารถมองเห็นความแตกต่างได้ดีที่ความหนาแน่น เท่ากับ 2 และ 1.5 (x 2, 1.5)

เนื่องจากการกระจายของเนื้อเยื่อไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นภาพที่ปรากฏบนฟิล์ม จึงมีความดำไม่เท่ากันดังในรูป 4.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าบริเวณที่มีสีดำแสดงบริเวณที่เนื้อเยื่อมีความหนาแน่นมาก รังสีเบตาจะทะลุผ่านไปได้น้อยกว่าบริเวณที่มีสีขาว

รูป 4.6 แสดงการกระจายของเนื้อเยื่อของกระดาษ

การกระจายของเนื้อเยื่อของกระดาษแต่ละชนิดจะไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงสามารถตรวจสอบกระดาษชนิดต่าง ๆ ได้ โดยดูจากการกระจายของเนื้อเยื่อเหล่านั้น

4.3.2.1 ถ่ายภาพกระดาษขนาด 40 กรัมต่อตารางเมตร จากบริษัทเล่า-ฮั่วเยียง เพื่อดูเนื้อเยื่อ ซึ่งเมื่อดูจาก exposure chart แล้วผลปรากฏว่า ที่ความหนาแน่นเป็น 2 ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 7 ชั่วโมง และที่ความหนาแน่น 1.5 ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 4 ชั่วโมง ภาพที่ได้เป็นดังรูป 4.7 ก. และ ข.

4.3.2.2 ถ่ายภาพกระดาษขนาด 45 กรัมต่อตารางเมตร จากบริษัทเล่า-ฮั่วเยียง ซึ่งทั้งนี้ ใช้เวลาในการถ่ายภาพนาน 8 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่นเป็น 2 และ 5 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่นเป็น 1.5 ดังแสดงในรูป 4.8 ก. และ ข.

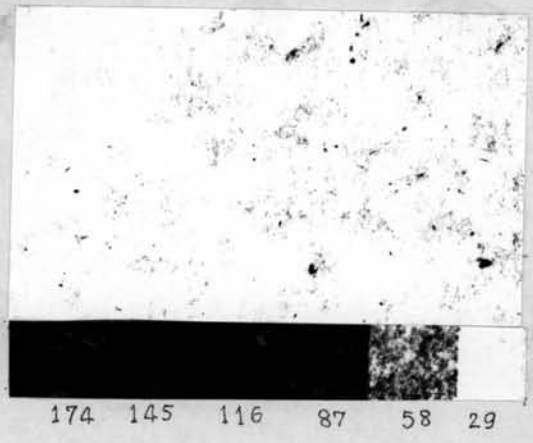
4.3.2.3 ถ่ายภาพกระดาษขนาด 52 กรัมต่อตารางเมตร จากโรงงานกระดาษบางปะอิน ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 9 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่นเป็น 2 และ 6 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่น 1.5 ดังแสดงในรูป 4.9 ก. และ ข.

4.3.2.4 ถ่ายภาพกระดาษขนาด 55 กรัมต่อตารางเมตร จากบริษัทเล่า-ฮั่วเยียง ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 10 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่นเป็น 2 และ 7 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่น 1.5 ดังแสดงในรูป 4.10 ก.และ ข.

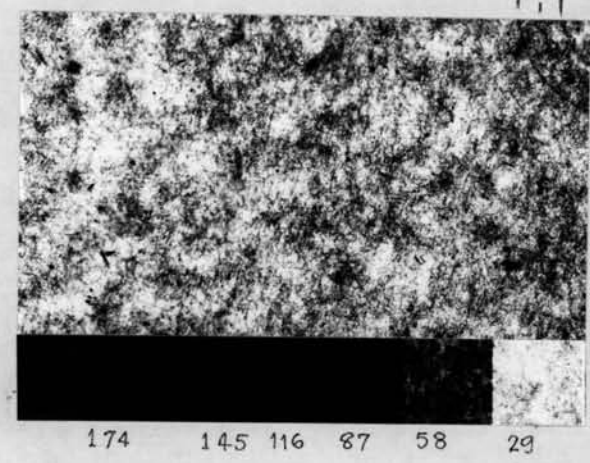
4.3.2.5 ถ่ายภาพกระดาษขนาด 60 กรัมต่อตารางเมตร จากโรงงานกระดาษบางปะอิน ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 12 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่น 2 และ 8 ชั่วโมงที่ความหนาแน่น 1.5 ดังแสดงในรูป 4.11 ก.และ ข.

4.3.2.6 ถ่ายภาพกระดาษขนาด 70 กรัมต่อตารางเมตร จากโรงงานกระดาษบางปะอิน ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 15 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่น 2 และ 10 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่น 1.5 ดังแสดงในรูป 4.12 ก.และ ข.

4.3.2.7 ถ่ายภาพกระดาษขนาด 80 กรัมต่อตารางเมตร จากโรงงานกระดาษบางปะอิน ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 20 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่น 2 และ 15 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่น 1.5 ดังแสดงในรูป 4.13 ก.และ ข.



ก.



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

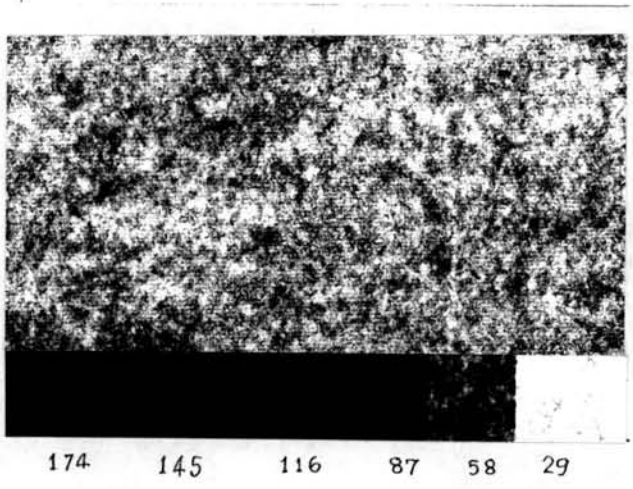
ข.

รูป 4.7 กระดาษขนาด 40 กรัมต่อตารางเมตร (บริษัทเล่าฮั่วเยียง)

ก. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 7 ชั่วโมง (x 2)

ข. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 4 ชั่วโมง (x 1.5)

ก.



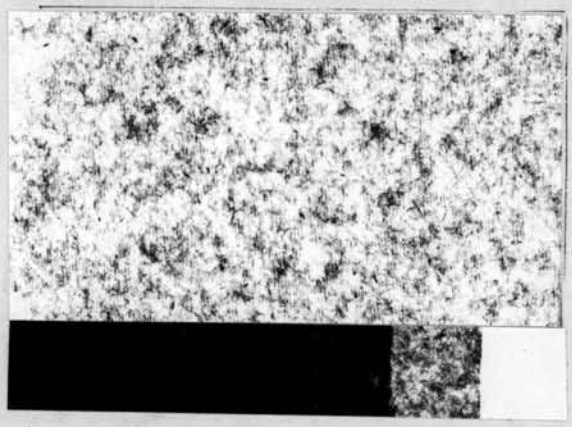
ข.

รูป 4.8 กระดาษขนาด 45 กรัมต่อตารางเมตร (บริษัทเล่าฮั่วเยียง)

ก. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 8 ชั่วโมง (x 2)

ข. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 5 ชั่วโมง (x 1.5)

ก.

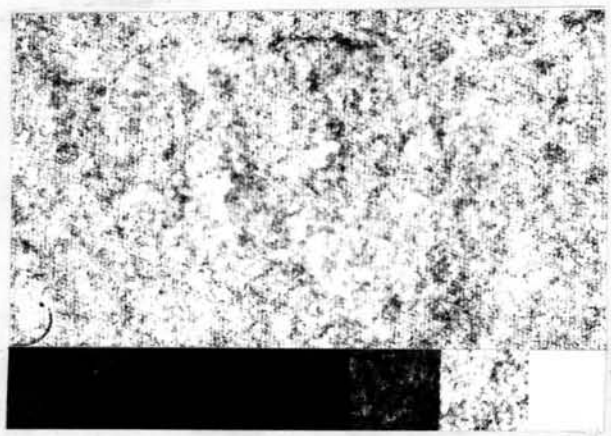


ข.

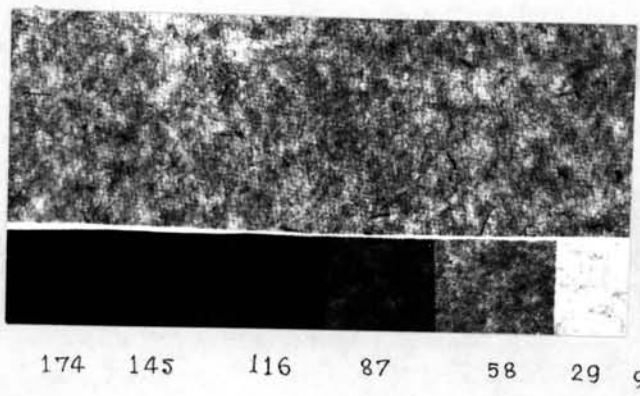
รูป 4.9 กระดาษขนาด 52 กรัมต่อตารางเมตร (โรงงานกระดาษบางปะอิน)

ก. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 9 ชั่วโมง (x 2)

ข. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 6 ชั่วโมง (x 1.5)



ก.

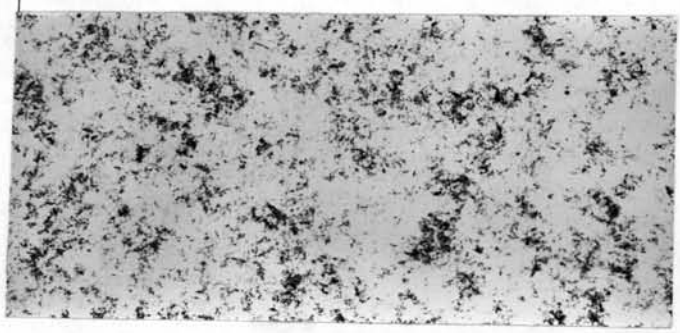


ข.

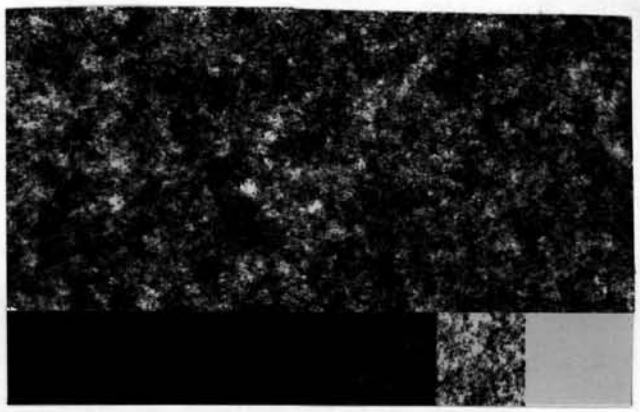
รูป 4.10 กระดาษขนาด 55 กรัมต่อตารางเมตร (บริษัทเล่าฮั่วเยียง)

ก. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 10 ชั่วโมง (x 2)

ข. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 7 ชั่วโมง (x 1.5)



ก.



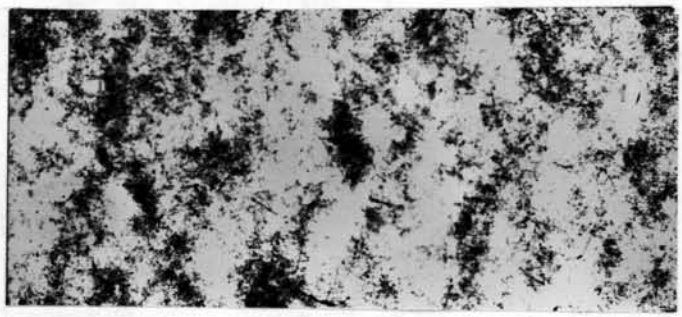
174 145 116 87 58 29 g/m^2

ข.

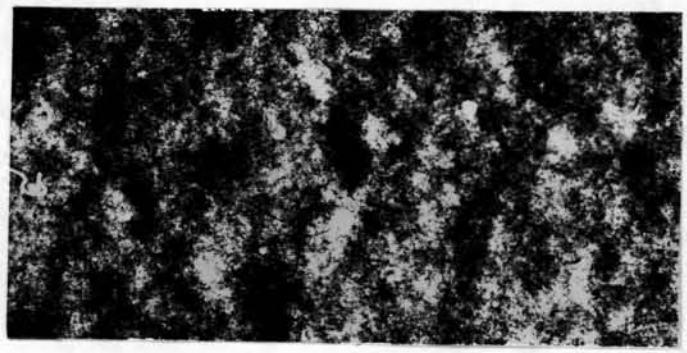
รูป 4.11 กระดาษขนาด 60 กรัมต่อตารางเมตร (จากโรงงานกระดาษบางปะอิน)

ก. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 12 ชั่วโมง (x 2)

ข. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 8 ชั่วโมง (x 1.5)



ก.

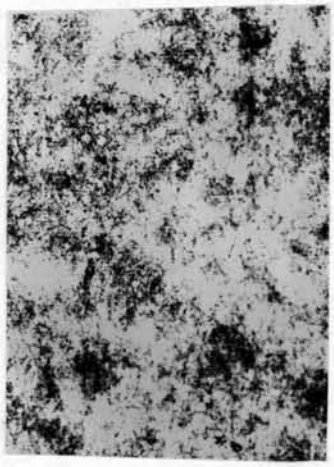


ข.

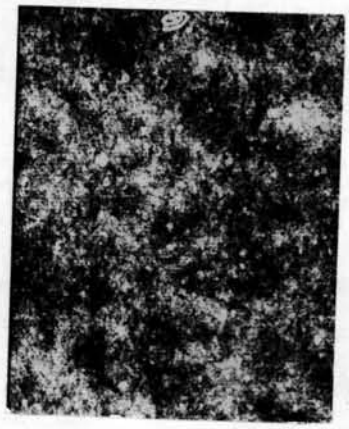
รูป 4.12 กระดาษ 70 กรัมต่อตารางเมตร (โรงงานกระดาษบางปะอิน)

ก. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 15 ชั่วโมง (x 2)

ข. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 10 ชั่วโมง (x 1.5)



ก.



ข.

รูป 4.13 กระดาษขนาด 80 กรัมต่อตารางเมตร (โรงงานกระดาษบางปะอิน)

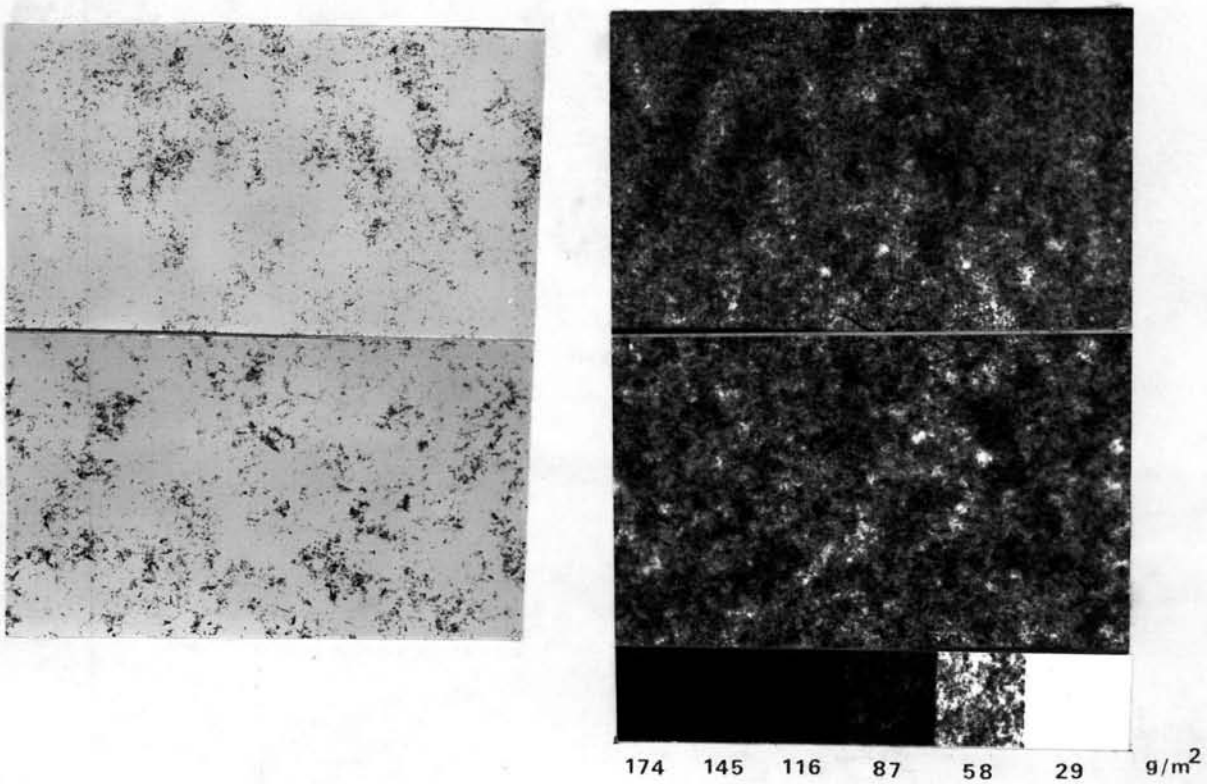
ก. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 20 ชั่วโมง (x 2)

ข. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 15 ชั่วโมง (x 1.5)

4.3.3 การถ่ายภาพชิ้นงานเพื่อเปรียบเทียบกระดาษที่มีความหนาเท่ากัน จากโรงงานทำกระดาษต่าง ๆ โดยดูที่ความหนาแน่นเป็น 2 และ 1.5

4.3.3.1 ถ่ายภาพกระดาษขนาด 60 กรัมต่อตารางเมตร จากบริษัทเล่าฮั่วเยียง และจากโรงงานกระดาษบางปะอิน ซึ่งปรากฏว่าที่ความหนาแน่นเป็น 2 ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 12 ชั่วโมง และที่ความหนาแน่นเป็น 1.5 ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 8 ชั่วโมง ดังแสดงในรูป 4.14 ก.และ ข.

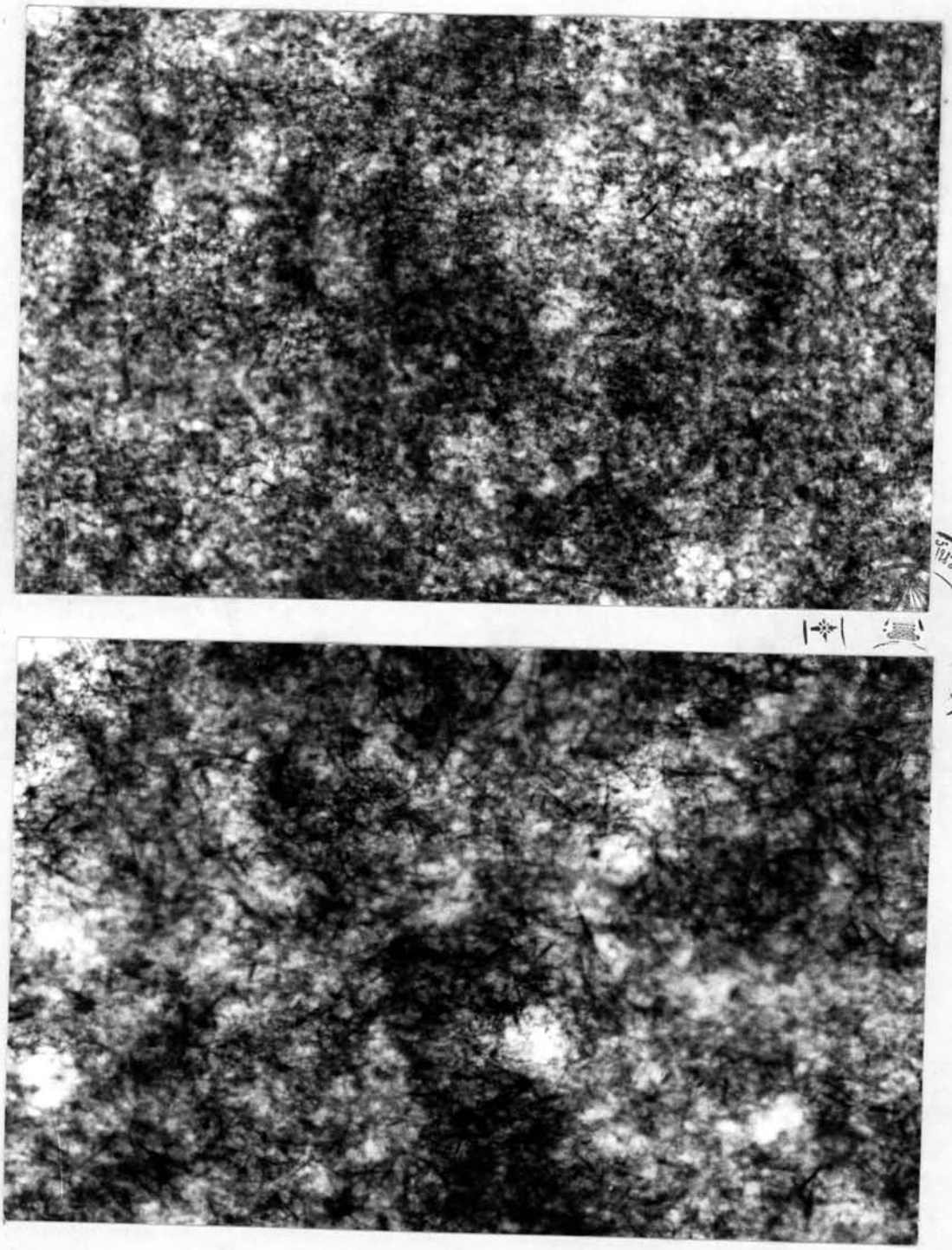
4.3.3.2 ถ่ายภาพกระดาษขนาด 80 กรัมต่อตารางเมตร จากโรงงานกระดาษบางปะอิน, และกระดาษโรเนียว ตรา ป.ต.อ. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 20 ชั่วโมงที่ความหนาแน่นเป็น 2 และ 15 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่นเป็น 1.5 ดังแสดงในรูป 4.15 ก.และ ข.



รูป 4.14 กระดาษขนาด 60 กรัมต่อตารางเมตร จากบริษัทเล่าฮั่วเยียง (รูปบน) และโรงงานกระดาษบางปะอิน (รูปล่าง)

ก. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 12 ชั่วโมง (x 2)

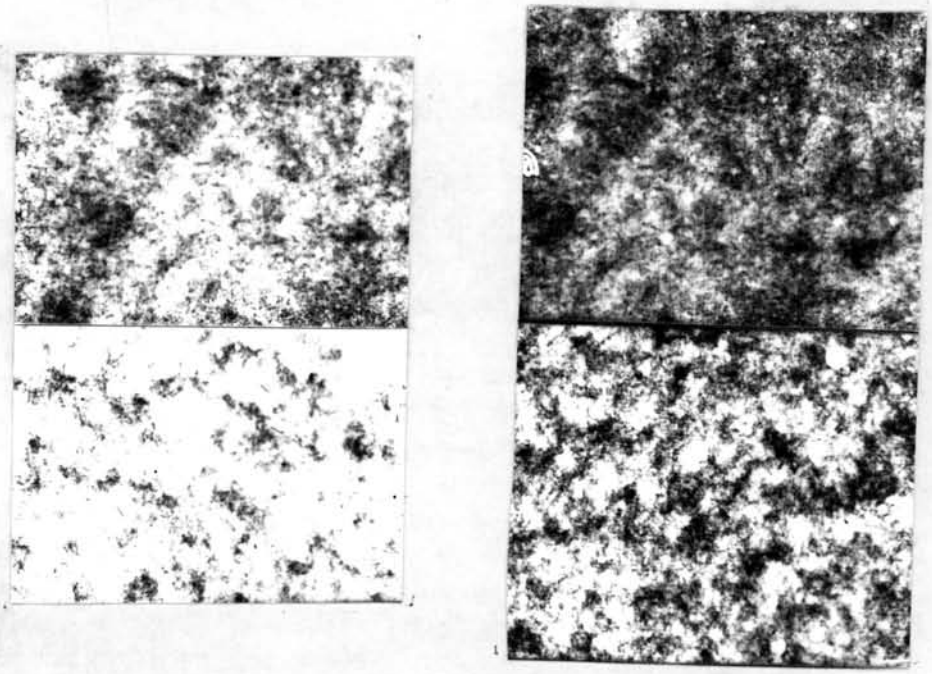
ข. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 8 ชั่วโมง (x 1.5)



ก.

ข.

รูป 4.15 ภาพขยายกระดาษขนาด 60 กรัมต่อตารางเมตร จากบริษัทเล่าฮั่วเยียง (ก) และโรงงานกระดาษบางปะอิน (ข) ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 8 ชั่วโมง (x 1.5)



ก.

ข.

รูป 4.16 กระดาษขนาด 80 กรัมต่อตารางเมตร จากโรงงานกระดาษบางปะอิน (รูปบน) และกระดาษโรเนียวตรา ป.ต.อ. (รูปล่าง)

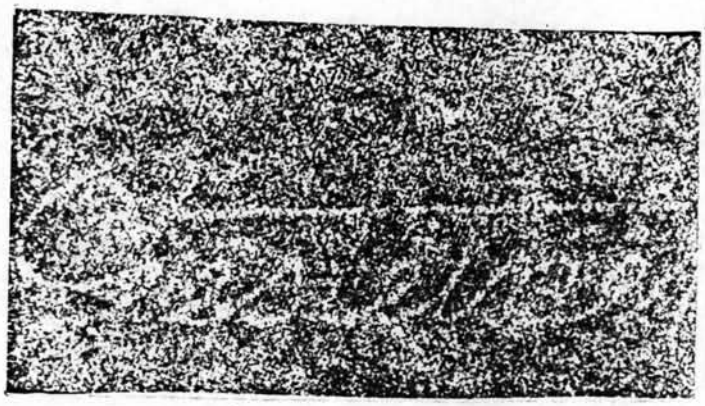
ก. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 20 ชั่วโมง (x 2)

ข. ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 15 ชั่วโมง (x 1.5)

4.3.4 การถ่ายภาพชิ้นงานเพื่อดูลายน้ำของกระดาษ โดยหาเวลาในการถ่ายภาพตาม exposure chart พบว่าการถ่ายภาพด้วยวิธีนี้ สามารถจะศึกษาลายน้ำของกระดาษได้ ดังแสดงในรูป 4.15-4.21

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.17 ภาพถ่ายลายน้ำในกระดาษใบเสร็จอราคายของบริษัทเคมีกิจ จำกัด ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 4 ชั่วโมง



รูป 4.18 ภาพถ่ายลายน้ำในกระดาษโรเนียวของบริษัทเกลเต็ทเนอร์
ใช้เวลาในการถ่ายภาพนาน 12 ชั่วโมง

รูป 4.19 ภาพถ่ายลายน้ำในกระดาษเยียนจดหมาย croxley
ใช้เวลาในการถ่ายภาพนาน 12 ชั่วโมง

รูป 4.20 ภาพถ่ายลายน้ำตรามหาวิทยาลัยยูทาห์ ใช้เวลาในการถ่ายภาพ นาน 48 ชั่วโมง

รูป 4.21 ภาพถ่ายลายน้ำตรามหาวิทยาลัยเนบราสกา ใช้เวลาในการถ่ายภาพ นาน 48 ชั่วโมง

4.3.5 การถ่ายภาพเปรียบเทียบลายน้ำในธนบัตรจริงและปลอม

จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.3.4 พบว่าเราสามารถจะใช้วิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีเบตานี้ ตรวจสอบลายน้ำในกระดาษได้ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นความแตกต่างของลายน้ำในธนบัตรจริง และธนบัตรปลอมได้ ดังแสดงในรูป 4.20

ก. ข.

รูป 4.22 เปรียบเทียบลายน้ำในธนบัตรใช้เวลาในการถ่ายภาพนาน 2 ชั่วโมง

ก. ธนบัตรจริง

ข. ธนบัตรปลอม

ก.

ข.

รูป 4.23 เปรียบเทียบลวดลายบนธนบัตร โดยถ่ายด้วยไฟอัดรูป

ก. ธนบัตรจริง

ข. ธนบัตรปลอม

4.3.6 การถ่ายภาพลายเซ็น รอยพิมพ์ดีดบนกระดาษ ผลปรากฏว่าไม่ปรากฏภาพลายเซ็นหรือรอยพิมพ์ดีด บนแผ่นเรดิโอแกรมทั้งสิ้น