บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการสังเคราะห์เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร

4.1.1 ผลของเวลาและอุณหภูมิที่มีต่อค่าของกรดในกระบวนการดัดแปรเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการดัดแปรเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน โดยใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 30 40 50 และ 60 นาที ดังนั้นจึงออกแบบการทดลองได้ 12 การทดลอง และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าของกรดที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา	ค่าของกรดที่เวลาในการทำปฏิกิริยาต่างกัน			
	30 นาที	40 นาที	50 นาที	60 นาที
50 องศาเซลเซียส	642.83	613.20	590.24	550.67
60 องศาเซลเซียส	613.20	585.38	540.39	-
70 องศาเซลเซียส	607.04	564.67	-	-

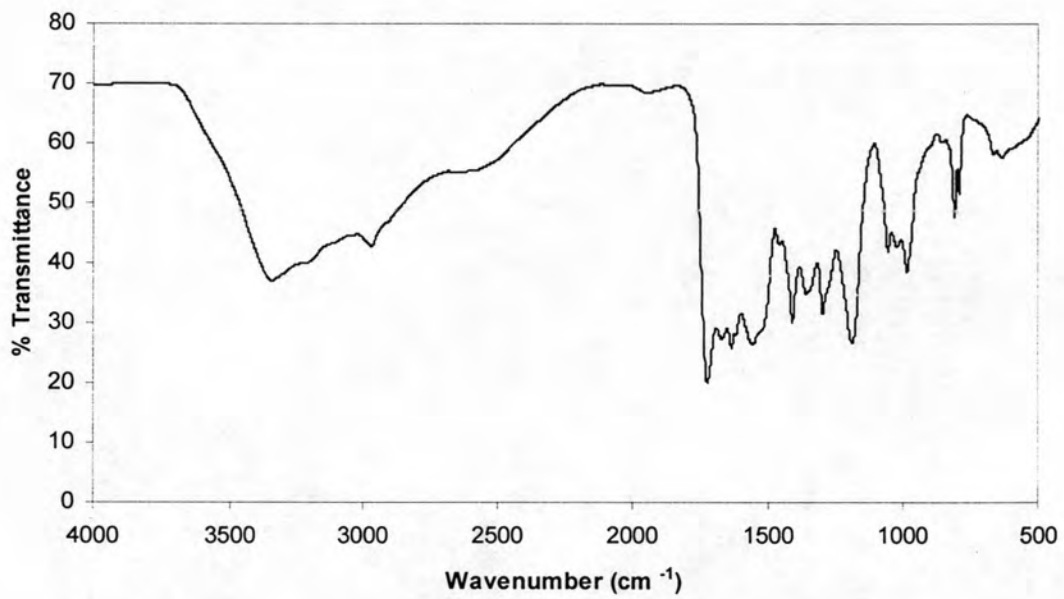
จากตารางที่ 4.1 เมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจาก 30 นาที เป็น 40 นาทีและ 50 นาที พบว่าในกระบวนการดัดแปรเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินมีค่าของกรดลดลงตามลำดับ เนื่องจากเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นมีการทำปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอกซิลกับหมู่ไฮดรอกไซด์ แล้วเปลี่ยนไปเป็นหมู่เอสเทอร์มากขึ้น ดังนั้นค่าของกรดที่พบในปฏิกิริยาจึงลดลง โดยค่าของกรดจะมีแนวโน้มลดลงทั้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 50 นาที และที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60 นาทีนั้น เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่ได้จากปฏิกิริยาเกิดเป็นเจลขึ้นจึงไม่สามารถทดสอบค่าของกรดได้ ส่วนการทดลองที่ใช้อุณหภูมิในการดัดแปรเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส จะยังไม่พบลักษณะการเกิดเจลตลอดทั้งการทดลอง

การวิเคราะห์หาค่าของกรด สามารถบอกได้ว่ามีปริมาณหมู่คาร์บอกซิลอยู่เท่าใดในปฏิกิริยาการดัดแปรเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน การเหลือหมู่คาร์บอกซิลมากแสดงว่าเกิดปฏิกิริยา

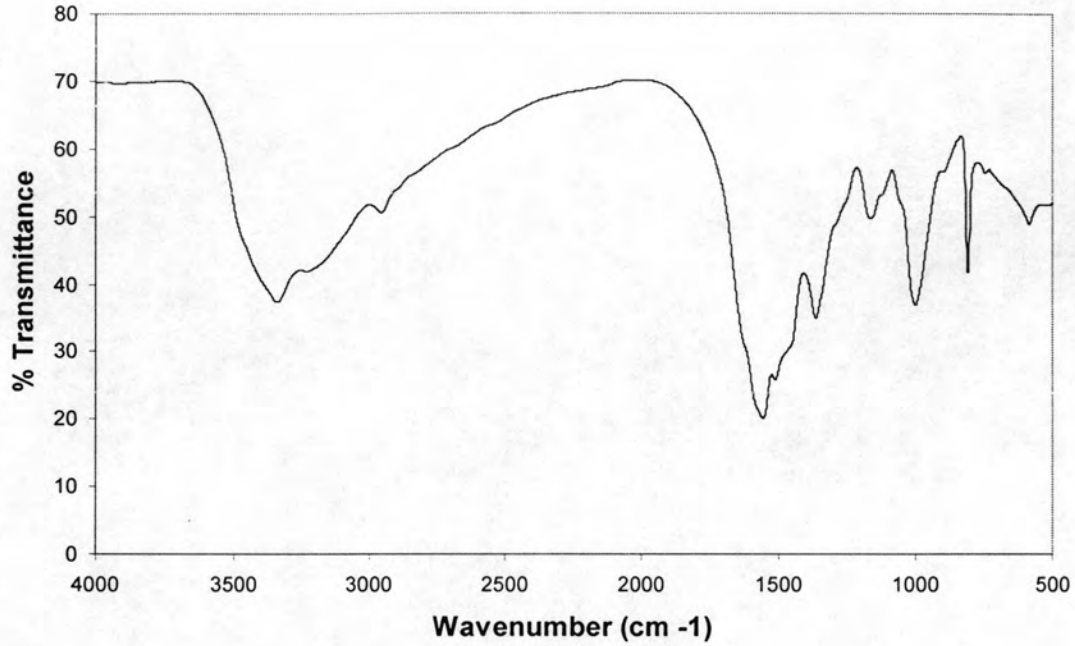
การดัดแปรเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่ำ เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินที่ดัดแปรเกิดได้น้อย ดังนั้นในขั้นตอนนี้ จึงควรเลือกภาวะในการดัดแปรเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน คือ ใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียสที่เวลา 50 นาที

4.1.2 การศึกษาคุณลักษณะของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยเทคนิค FTIR

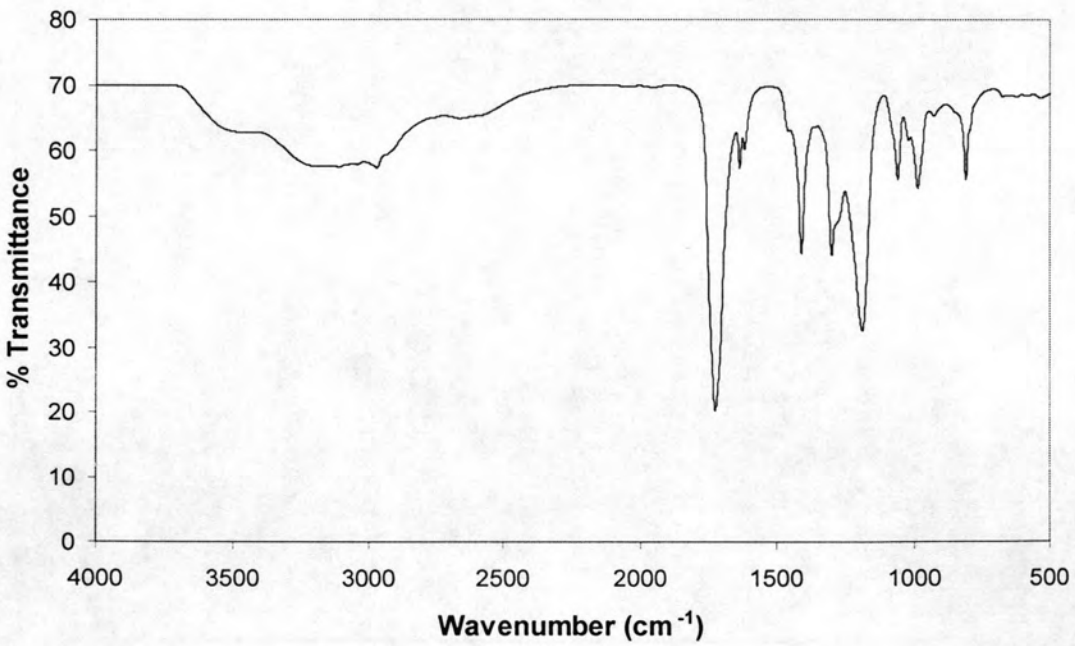
ศึกษาคุณลักษณะของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยเทคนิค FTIR ได้ผลสเปกตรัมแสดงดังรูปที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรกับเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินและกรดอะคริลิกบริสุทธิ์ใน รูปที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งได้แสดงค่าความถี่ของพีกต่างๆ ในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แสดงสเปกตรัม FTIR ของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร ที่ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 50 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 แสดงสเปกตรัม FTIR ของสารตั้งต้นเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน



รูปที่ 4.3 แสดงสเปกตรัม FTIR ของสารตั้งต้นกรดอะคริลิก

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณลักษณะของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน กรดอะคริลิกและเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่วิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค FTIR

ความถี่ (cm^{-1})	สารที่ทดสอบคุณลักษณะ			หมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏ
	เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน	กรดอะคริลิก	เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร	
3338	✓	×	✓	2^0 N-H Streaching
3229	✓	×	✓	-OH Streaching
3110	×	✓	✓	-OH
3042	×	✓	✓	-OH
2972	×	✓	✓	$-CH_2-$ Aliphatic
2957	✓	×	✓	$-CH_2-$ Streaching
2660	×	✓	✓	Overtone acid
1725	×	✓	✓	−C=O (Acid)
1683	×	×	✓	−C=O (Ester)
1636	×	✓	✓	C=C Streaching
1618	×	✓	✓	C=C Streaching
1558	✓	×	✓	N-H Bending
1514	✓	×	✓	N-H Bending
1364	✓	×	✓	C-N Streaching
1299	×	✓	✓	C-O Streaching
1189	×	✓	✓	C-O Symmetric
1003	✓	×	×	C-O (1^0 OH)
986	×	✓	✓	C-H ($-CH_2-$)
811	✓	✓	✓	C-H Out of plane (Acrylic) N-H Out of plane (Melamine)
793	×	✓	✓	C-H Out of plane (Acrylic)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร ปรากฏพีกที่ 3338, 3229, 2973, 2957, 2660, 1725, 1636, 1618, 1558, 1514, 1364, 1299, 1189, 986 และ 811 cm^{-1} แต่มีการหายไปของพีกที่ประมาณ 1003 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินที่แสดงหมู่ฟังก์ชัน C-O (1^0 OH) ของ $-CH_2OH$ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก $-CH_2OH$ ได้เข้าทำปฏิกิริยากับ –COOH ของกรดอะคริลิกแล้วกลายเป็นหมู่เอสเทอร์ ทำให้พีกที่แสดงตำแหน่งหมู่ฟังก์ชัน C-O (1^0 OH) ของ $-CH_2OH$ หายไป และพบว่าเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรปรากฏพีกที่ 1683 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกที่แสดงหมู่ฟังก์ชัน C=O ของ เอสเตอร์ในเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร

4.2 การทดสอบความหนืดของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่ใช้เป็นสารยึดในสูตรสารเคลือบผิว

ทำการสังเคราะห์เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 50 นาที โดยใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกเป็น 1:8 แล้วนำเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินที่เตรียมได้มาทำการเตรียมของผสมของเมลามีน - ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกแตกต่างกัน 3 อัตราส่วน คือ 1:8, 1:11 และ 1:14 แล้วนำมาทดสอบความหนืดของของผสมด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield และแสดงผลค่าความหนืดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงความหนืดของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรสูตรต่างๆ

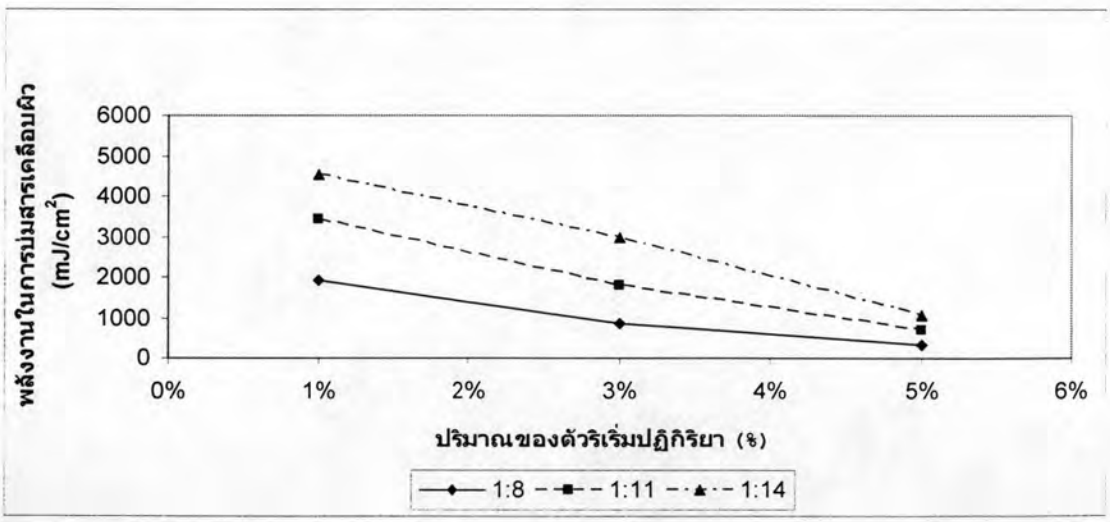
อัตราส่วนเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน ต่อกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยโมล)	**ความหนืดเฉลี่ย** (centipoises)
1:8	4300
1:11	3633
1:14	1267

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าความหนืดของของผสมเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณกรดอะคริลิก ซึ่งความหนืดของเมลามีนฟอร์มาลีไฮด์ดัดแปรนี้มีผลต่อความยากง่ายในการเคลือบฟิล์มลงบนวัสดุ คือ เมื่อสารเคลือบผิวมีความหนืดต่ำจะสามารถเคลือบฟิล์มลงบนวัสดุได้ง่ายกว่าสารเคลือบผิวที่มีความหนืดสูง

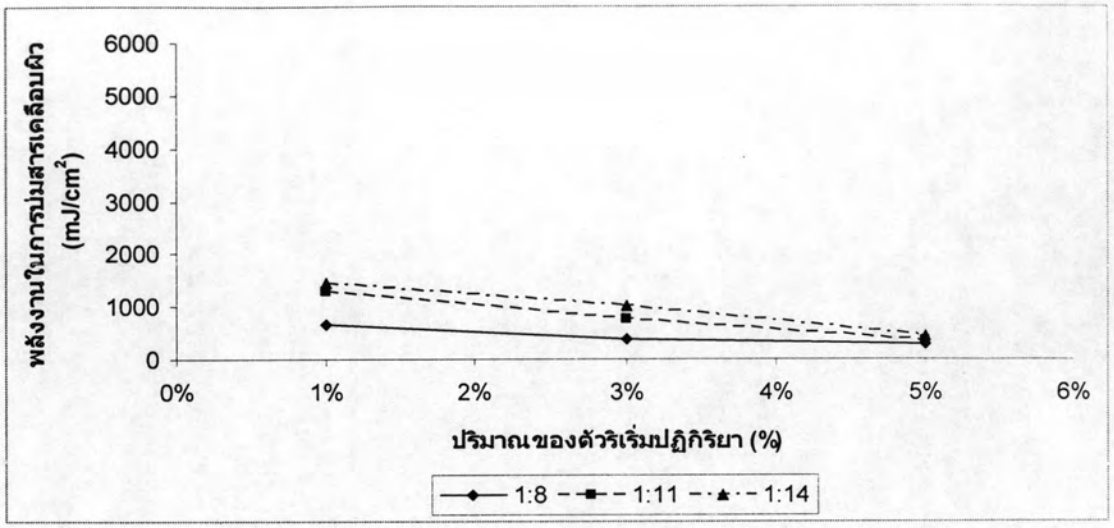
4.3 ผลของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงต่อสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร

4.3.1 ผลของปริมาณเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

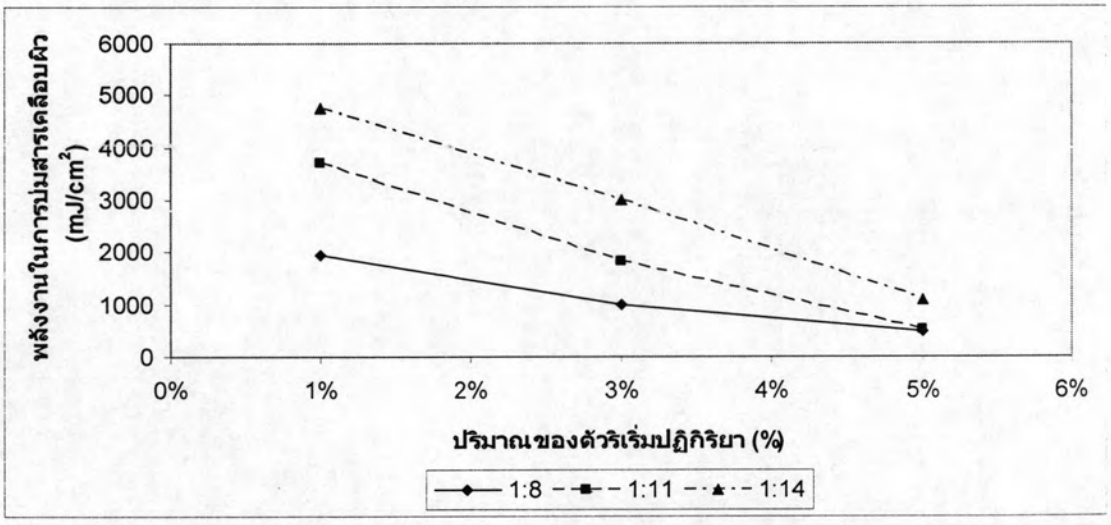
ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาพลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรให้แห้ง โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1:8, 1:11 และ 1:14 และผสมตัวริเริ่มปฏิกิริยาต่างๆ 5 ชนิด โดยมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาต่างกัน 3 ระดับ คือ 1%, 3% และ 5% โดยน้ำหนักของสูตร การทดลองเริ่มจากการเตรียมสารเคลือบผิวและปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตร ลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต บันทึกค่าพลังงานที่ต่ำที่สุดที่ใช้ในการแห้งตัวของสารเคลือบผิวแต่ละสูตร สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.3 และผลการศึกษาพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.4 ถึง 4.8



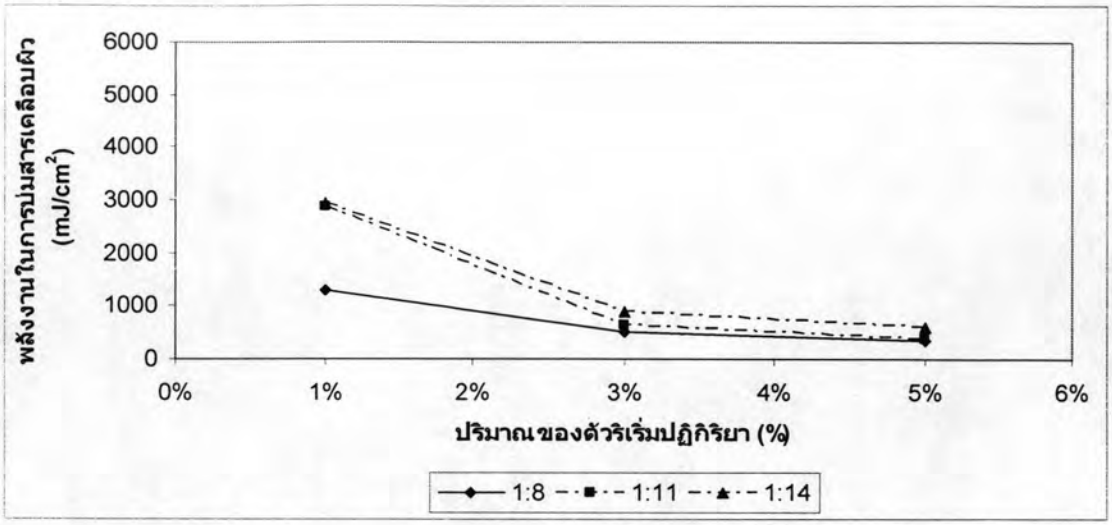
รูปที่ 4.4 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 1



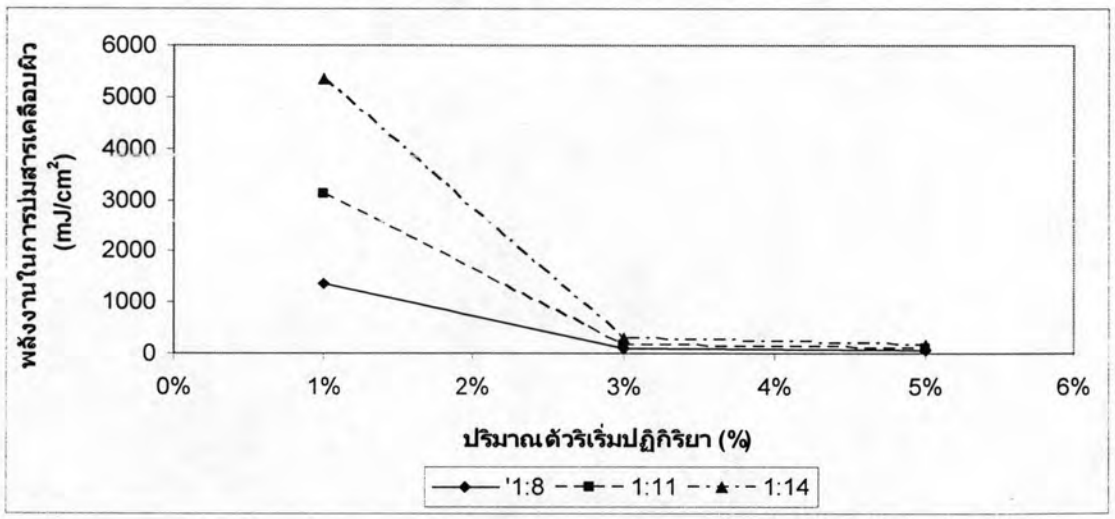
รูปที่ 4.5 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 2



รูปที่ 4.6 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 3



รูปที่ 4.7 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 4



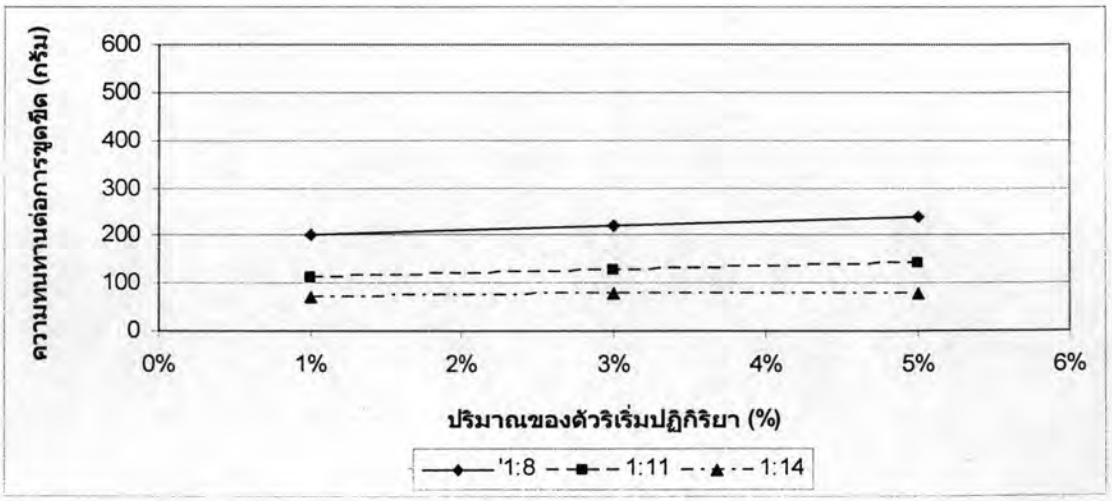
รูปที่ 4.8 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 5

จากรูปที่ 4.4 ถึง 4.8 พบว่า ในกระบวนการบ่มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เมื่อมีการใช้ปริมาณของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่างกัน จะทำให้ใช้พลังงานในการแห้งตัวของฟิล์มต่างกัน กล่าวคือ อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 ใช้พลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวต่ำสุด กับทุกชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลองและเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาในสูตร พบว่า แนวโน้มการใช้พลังงานในการแห้งตัวลดลง ซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกันทั้ง

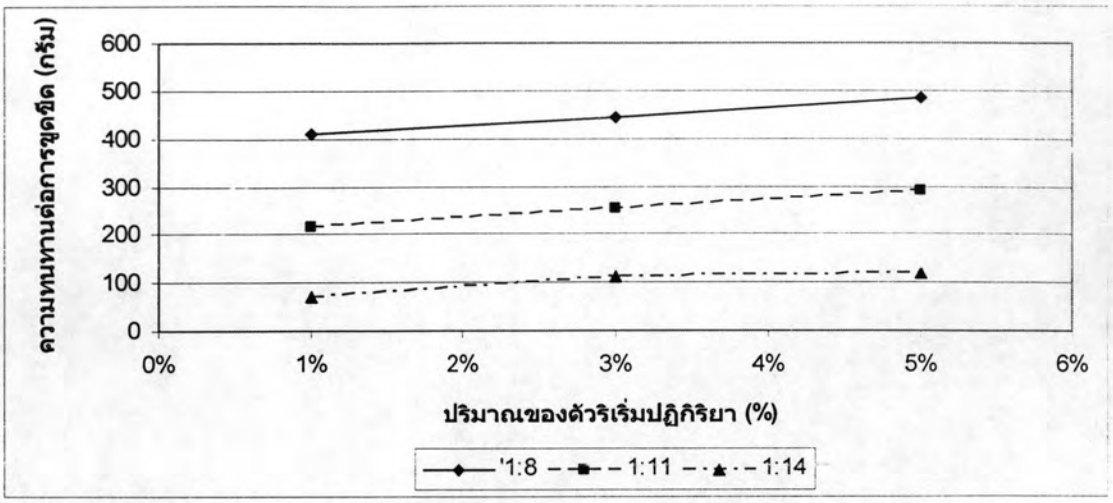
5 ชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยา สำหรับอัตราส่วน 1:11 และ อัตราส่วน 1:14 จะใช้พลังงานในการแห้งตัวเพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อสัดส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินมากขึ้น จะทำให้สัดส่วนของอะคริเลตในเรซินดัดแปรลดลง ซึ่งปริมาณอะคริเลตในเรซินดัดแปรมีความสำคัญต่อการแห้งตัวด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต จึงทำให้ต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการทำให้ฟิล์มสารเคลือบผิวแห้งตัว

4.3.2 ผลของปริมาณเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อความทนทานต่อการขูดขีดของสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

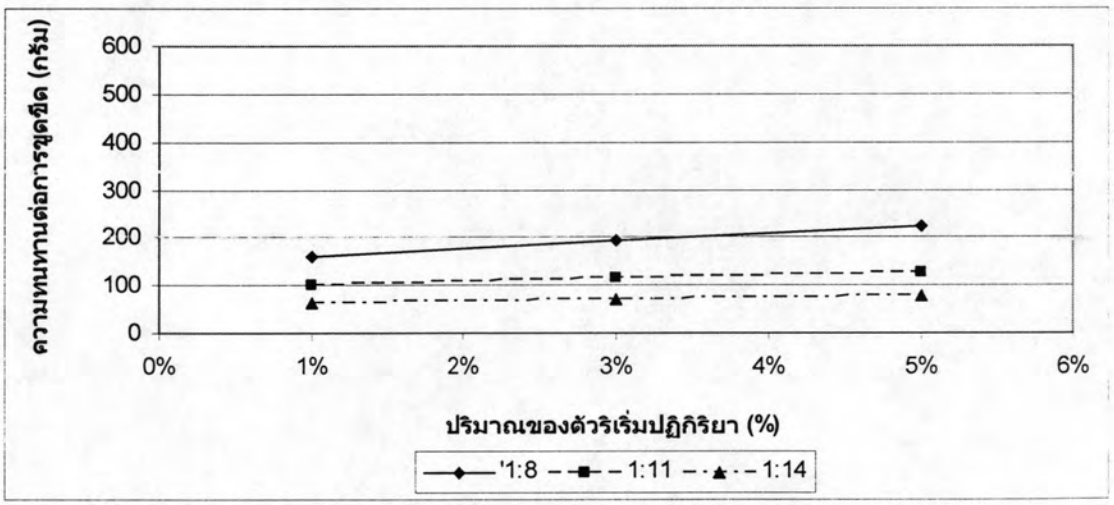
ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1:8, 1:11 และ 1:14 และผสมกับตัวริเริ่มปฏิกิริยาต่างๆ 5 ชนิด โดยมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาต่างกัน 3 ระดับ คือ 1%, 3% และ 5% โดยน้ำหนักของสูตร ทำการทดลองโดยเริ่มจากการเตรียมสารเคลือบผิวและปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตรลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อให้ฟิล์มแห้งตัว จากนั้นทิ้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาทดสอบความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิว โดยอิงมาตรฐาน ASTM D 5178-98 สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.3 และผลการศึกษาความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.9 ถึง 4.13



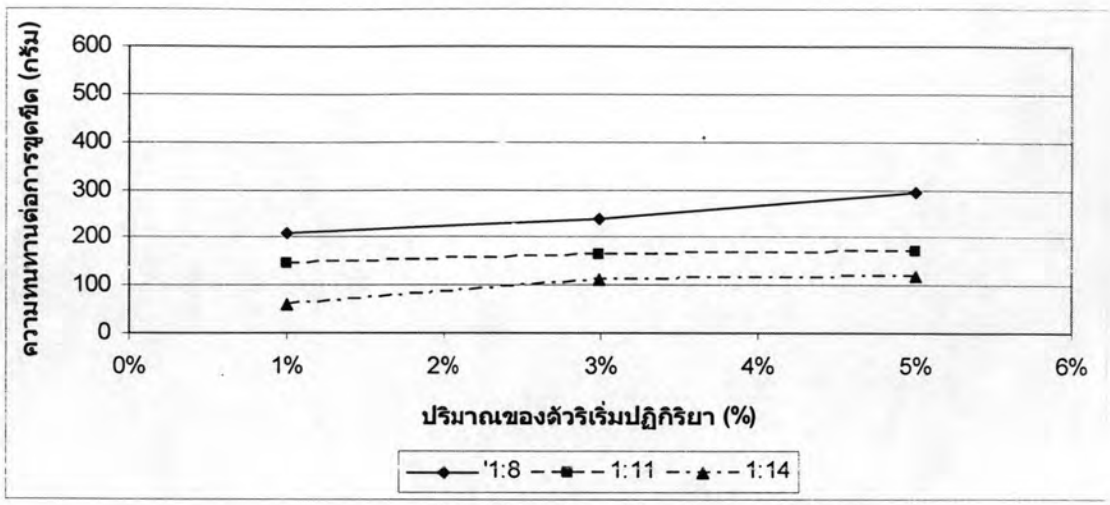
รูปที่ 4.9 ความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 1



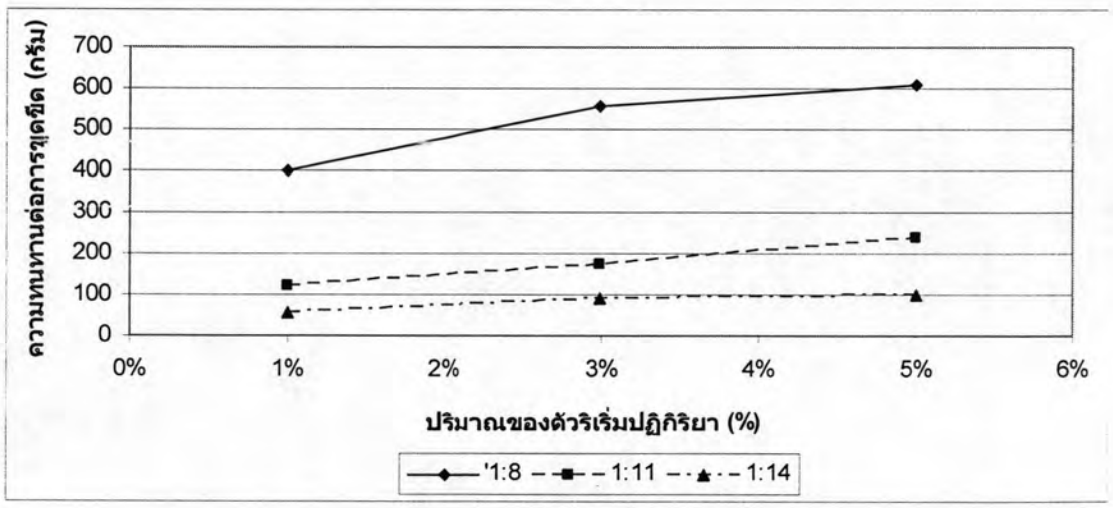
รูปที่ 4.10 ความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 2



รูปที่ 4.11 ความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 3



รูปที่ 4.12 ความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 4



รูปที่ 4.13 ความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 5

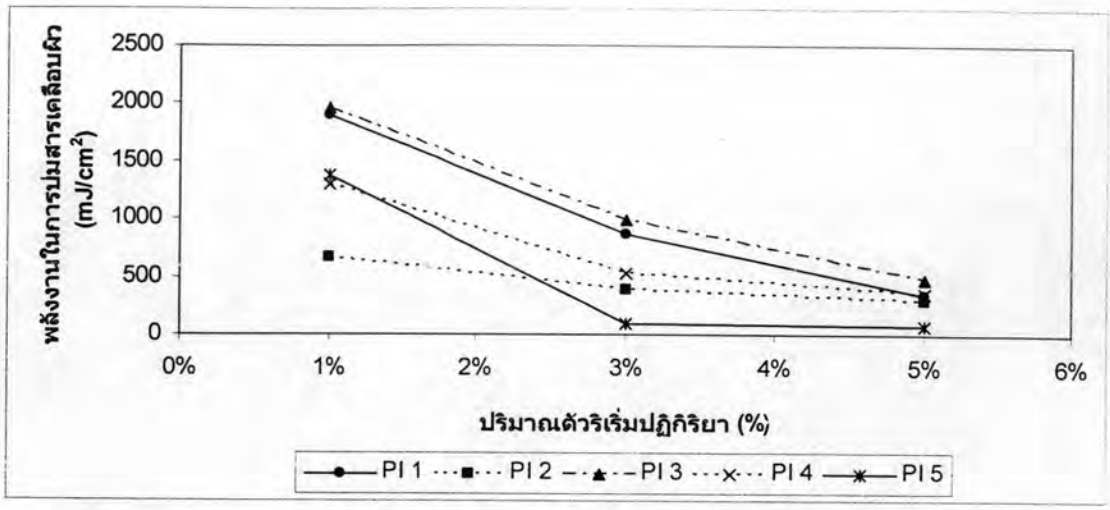
และจากรูปที่ 4.9 ถึง 4.13 พบว่า ในกระบวนการบ่มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัล-ดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เมื่อมีการใช้ปริมาณของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่างกัน จะทำให้ความทนทานต่อการขูดขีดของสารเคลือบผิวต่างกัน กล่าวคือ เมื่อใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 สารเคลือบผิวจะมีความทนทานต่อการขูดขีดมากที่สุดกับทุกชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลอง ทั้งนี้เนื่องมาจาก เมื่อปริมาณของ

เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินมากขึ้นจะทำให้โครงสร้างทางเคมีภายในสารเคลือบผิวเกิดการเชื่อมโยงกันของสายโซ่ได้มากขึ้น สารเคลือบผิวจึงแข็งแรงและทนการขูดขีดได้ดี และเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาในสูตร จาก 1% เป็น 3% และ 5% พบว่า ความทนทานต่อการขูดขีดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นเมื่อใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 5 ที่อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 ความทนทานต่อการขูดขีดจะเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากผลของปริมาณเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินในสูตรและผลของโครงสร้างทางเคมีของตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 5 ที่มีวงแหวนจำนวนมาก จึงทำให้สารเคลือบผิวทนทานต่อการขูดขีดได้ดีขึ้น

ดังนั้นจากการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินที่มีผลต่อพลังงานในการแห้งตัวและความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิว ในหัวข้อ 4.3.1 ถึง 4.3.2 พบว่า สูตรสารเคลือบผิวที่มีอัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 ใช้พลังงานในการแห้งตัวต่ำที่สุดและมีความทนทานต่อการขูดขีดสูงที่สุดกับทุกชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสง

4.3.3 ผลของชนิดและปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงในสูตรสารเคลือบผิวต่อพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

จากการศึกษาผลของปริมาณของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัว ในหัวข้อ 4.3.1 พบว่า อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 ใช้พลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตในการแห้งตัวต่ำที่สุด ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงทำการพิจารณาผลของชนิดและปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงต่อพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของสารเคลือบผิวที่มีอัตราส่วนระหว่างเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 โดยการผสมเมลามีนฟอร์มัล-ดีไฮด์เรซินดัดแปรที่อัตราส่วนระหว่างเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินกับกรดอะคริลิกที่ 1:8 กับตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงต่างกัน 5 ชนิด คือ PI 1,PI 2, PI 3, PI 4 และ PI 5 ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาต่างกัน 3 ระดับ คือ 1%, 3% และ 5% โดยน้ำหนักของสูตร ทำการเตรียมสารเคลือบผิวและปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตร ลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต บันทึกค่าพลังงานที่ต่ำที่สุดที่ใช้ในการแห้งตัวของสารเคลือบผิวแต่ละสูตร สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.3 และผลการศึกษาพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.14

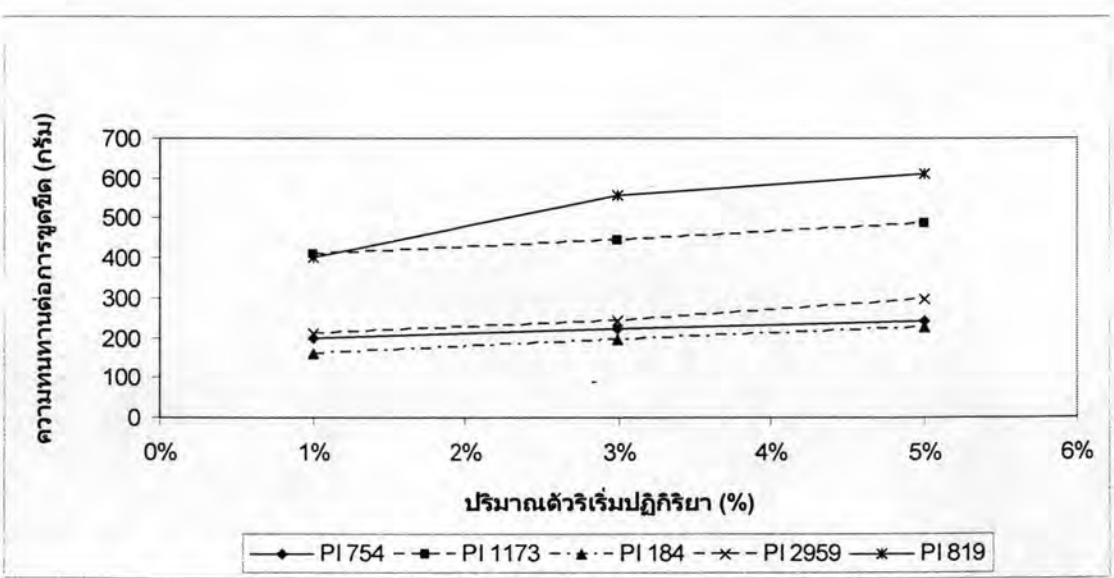


รูปที่ 4.14 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกเป็น 1:8 ในตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 4.14 พบว่า ในกระบวนการบ่มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เมื่อมีการใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงต่างชนิดกัน ในปริมาณที่แตกต่างกัน จะทำให้ใช้พลังงานในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวต่างกัน โดยพบว่าสูตรสารเคลือบผิวที่ผสมเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรกับตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 5 มีแนวโน้มการใช้พลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตในการแห้งตัวต่ำกว่าตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิดอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 5 เป็นตัวที่ใช้ในกลุ่มสารเคลือบสี ดังนั้นจึงมีความว่องไวกว่าตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เมื่อลดปริมาณตัวริเริ่มในสูตรสารเคลือบผิวลงเป็น 1% สูตรที่มีตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 5 กลับใช้พลังงานในการแห้งตัวใกล้เคียงกับตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิดอื่นๆ และที่ปริมาณตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่ 1% ตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่ใช้พลังงานต่ำสุดในการแห้งตัวคือ PI 2 ซึ่งตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 ที่ความเข้มข้น 3% และ 5% จะใช้พลังงานในการแห้งตัวต่ำเป็นรองต่อจาก PI 5 และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาพบว่า เมื่อปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาในสูตรสารเคลือบผิวมากขึ้นจะใช้พลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวลดลง ในทุกๆ ชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยา ทั้งนี้เนื่องมาจาก เมื่อปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยามากขึ้นจะทำให้เกิดการแตกตัวของตัวริเริ่มปฏิกิริยาแล้วกลายเป็นอนุมูลอิสระมากขึ้นจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันได้เร็วขึ้นกว่าเดิม

4.3.4 ผลของชนิดและปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงในสูตรสารเคลือบผิวต่อความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

จากการศึกษาผลของปริมาณของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ในหัวข้อ 4.3.2 พบว่า อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 มีความทนทานต่อการขูดขีดมากที่สุด ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงทำการพิจารณาผลของชนิดและปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงต่อความทนทานต่อการขูดขีดของสารเคลือบผิวที่มีอัตราส่วนระหว่างเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงต่างกัน 5 ชนิด คือ PI 1,PI 2, PI 3, PI 4 และ PI 5 ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาต่างกัน 3 ระดับ คือ 1%, 3% และ 5% โดยน้ำหนักของสูตร ทำการเตรียมสารเคลือบผิวและปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตรลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อให้ฟิล์มแห้งตัว จากนั้นทิ้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาทดสอบความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิว โดยอิงมาตรฐาน ASTM D 5178-98 สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.3 และผลการศึกษาความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 ในตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 4.15 พบว่า ในกระบวนการบ่มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เมื่อมีการใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงต่างชนิดกัน ในปริมาณที่แตกต่างกันจะทำให้ความทนทานต่อการขูดขีดของสารเคลือบผิวต่างกัน กล่าวคือ สูตรสารเคลือบผิวที่ผสมเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรกับตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 5 ที่ 3% และ 5% จะมีความทนทานต่อการขูดขีดมากกว่าตัวริเริ่มปฏิกิริยาอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องมาจาก ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 5 มีโครงสร้างทางเคมีที่มีวงแหวนหลายวง จึงเป็นการเสริมความทนทานต่อการขูดขีดให้กับสารเคลือบผิว และยังเป็นตัวที่ใช้พลังงานในการบ่มฟิล์มให้แห้งน้อยที่สุด (มีความว่องไวต่อแสงอัลตราไวโอเลตมาก) ทำให้ไม่มีพลังงานเหลือไปทำลายสายโซ่อื่นๆ ภายในสารเคลือบผิว จึงทำให้มีความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวมาก และสูตรสารเคลือบผิวที่ทนทานต่อการขูดขีดรองลงมาคือ สูตรสารเคลือบผิวที่มีตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 และ PI 4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยา พบว่า สูตรสารเคลือบผิวที่มีตัวริเริ่มปฏิกิริยา 5% ในทุกๆ ชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยาจะมีความทนทานต่อการขูดขีดได้มากที่สุด เนื่องมาจาก เมื่อปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาในสูตรสารเคลือบผิวมากขึ้น จะเกิดร่างแหภายในโครงสร้างของสารเคลือบผิวมาก ทำให้สารเคลือบผิวมีความแข็งแรงและความทนทานต่อการขูดขีดได้ดีขึ้น

ดังนั้นจากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.3.1. ถึง 4.3.4 สามารถสรุปได้ว่า สูตรสารเคลือบผิวในการเตรียมสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่ใช้พลังงานในการแห้งตัวต่ำที่สุดและมีความทนทานต่อการขูดขีดมากที่สุด คือ สูตรที่มีอัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 5 และ PI 2 แต่เนื่องจากเมื่อพิจารณาถึงสีของฟิล์มสารเคลือบผิวที่มีตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 5 เป็นองค์ประกอบแล้วพบว่า ฟิล์มสารเคลือบผิวมีสีเหลือง ดังนั้นตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่ควรใช้ในการศึกษาผลของสารเจือจางต่อไปคือ PI 2 และ PI 4 ที่ปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยา 5 เปอร์เซ็นต์

4.4 ผลของสารเจือจางต่อสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร

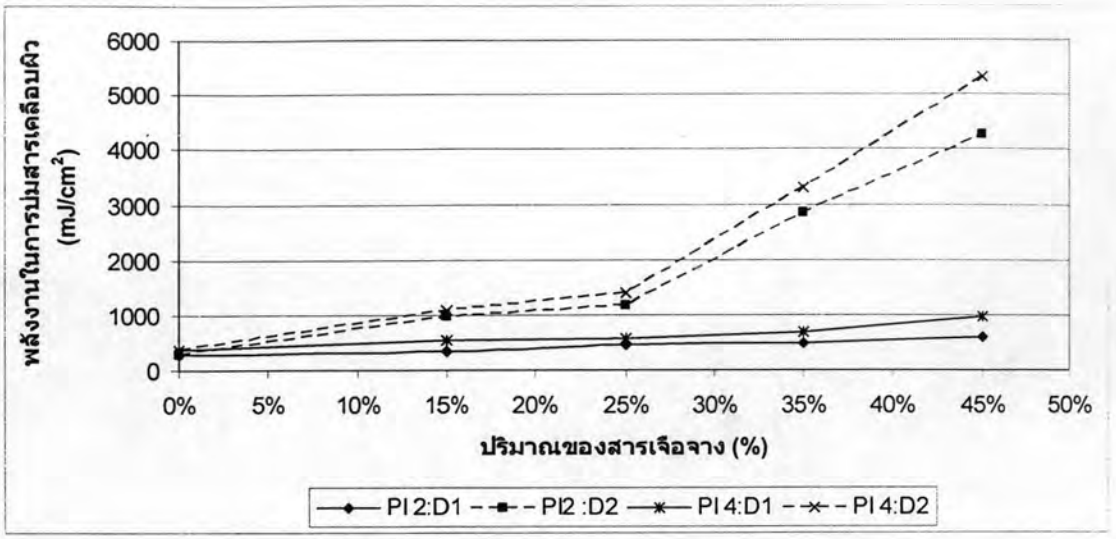
องค์ประกอบพื้นฐานของสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจะมีด้วยกัน 3 ส่วน คือ โอลิโกเมอร์หรือพรีโพลิเมอร์, ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงและสารเจือจาง โดยจุดประสงค์หลักในการเติมสารเจือจาง เนื่องจากช่วยในการปรับความหนืดของสูตรสารเคลือบผิว ทำให้สารเคลือบผิวสามารถเคลือบได้ง่ายขึ้นและใช้ปรับปรุงสมบัติบางประการของสารเคลือบผิว

ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรและสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของสารเคลือบผิวกับชนิดและปริมาณของสารเจือจาง

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.3.1 – 4.3.4 จะทราบถึงชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยา ปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยา และอัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิก ที่ทำให้ได้สารเคลือบผิวที่มีความทนทานต่อการขูดขีดมากที่สุดและใช้พลังงานในการแห้งตัวของสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตน้อยที่สุด นั่นคือสูตรสารเคลือบผิวที่ใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 และ PI 4 ที่มีปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยา คือ 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้สารเคลือบผิวสูตรดังกล่าวมาใช้ศึกษาผลกระทบของสารเจือจางในสูตรสารเคลือบผิวต่อสมบัติของสารเคลือบผิว

4.4.1 ผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจางในสูตรต่อพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาพลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรซึ่งมีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบให้เป็นฟิล์มแห้ง โดยใช้สารเจือจางต่างกัน 2 ชนิด คือ D 1 และ D 2 ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารเจือจางต่างกัน 4 ระดับ คือ 15% 25% 35% และ 45% และทำการทดลองโดยใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิก ชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยาและปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาตามสูตรสารเคลือบผิวที่เลือกมาจากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.3.1 – 4.3.4 นั่นคือสูตรสารเคลือบผิวที่ใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 และ PI 4 ที่มีปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยา คือ 5 เปอร์เซ็นต์ การทดลองเริ่มจากการการเตรียมสูตรสารเคลือบผิวตามสูตรดังกล่าว และปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตรลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต บันทึกค่าพลังงานที่ต่ำที่สุดที่ใช้ในการแห้งตัวของสารเคลือบผิวแต่ละสูตร สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.4 และผลการศึกษาพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.15



รูปที่ 4.16 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ

PI 2 : D 1 หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 1

PI 2 : D 2 หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 2

PI 4 : D 1 หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 1

PI 4 : D 1 หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 2

จากรูปที่ 4.16 พบว่า ในกระบวนการบ่มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เมื่อมีการเติมสารเจือจางลงไปในสูตรสารเคลือบผิวเพื่อปรับความหนืดให้เหมาะสมกับการใช้งาน จะทำให้ใช้พลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวมากกว่าสูตรสารเคลือบผิวที่ไม่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากสารเจือจางเป็นเพียงแค่โมโนเมอร์เท่านั้น โดยจากรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่า สารเจือจางชนิด D 2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ จะใช้พลังงานในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวมากกว่าสารเจือจางชนิด D 1 เนื่องจากสารเจือจางชนิด D 2 มีหมู่ที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเพียง 2 หมู่ แต่สารเจือจางชนิด D 1 มีหมู่ที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา 3 หมู่ ดังนั้นสารเจือจางชนิด D 1 จึงว่องไวในการ

เกิดปฏิกิริยามากกว่าและใช้พลังงานในการบ่มสารเคลือบผิวให้แห้งต่ำกว่า และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณของสารเจือจางในสูตรสารเคลือบผิว พบว่า สูตรสารเคลือบผิวที่มีปริมาณของสารเจือจางชนิด D 1 15 % จะใช้พลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบต่ำที่สุด คือ 338 มิลลิจูลต่อตารางเซนติเมตร

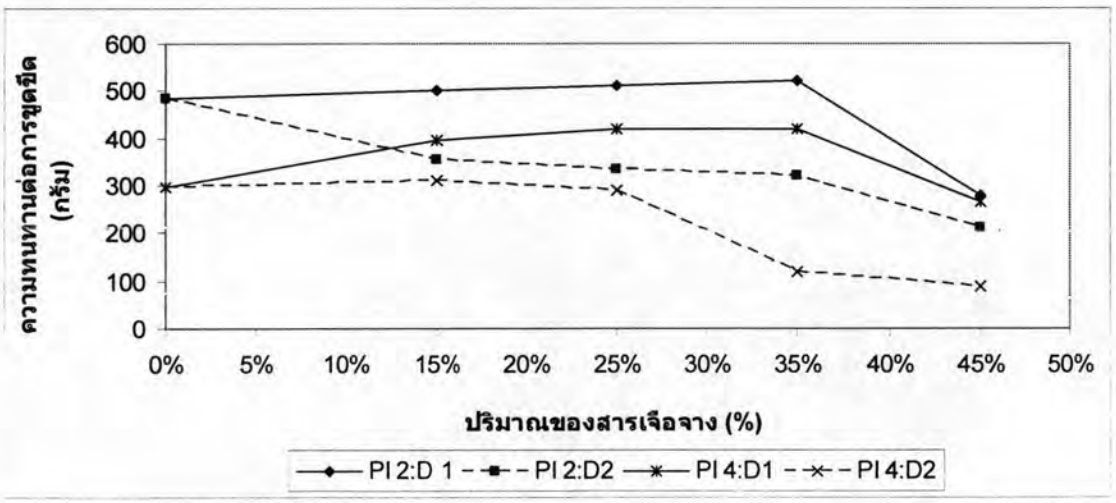
4.4.2 ผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจางในสูตรต่อสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรซึ่งมีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้สารเจือจางต่างกัน 2 ชนิด คือ D 1 และ D 2 ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารเจือจางต่างกัน 4 ระดับ คือ 15% 25% 35% และ 45% และทำการทดลองโดยใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิก ชนิดของตัวริเริ่มปฏิกิริยาและปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาตามสูตรสารเคลือบผิวที่เลือกมาจากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.3.1 – 4.3.4 นั่นคือสูตรสารเคลือบผิวที่ใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 และ PI 4 ที่มีปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยา คือ 5 เปอร์เซ็นต์ การทดลองเริ่มจากการการเตรียมสูตรสารเคลือบผิวตามสูตรดังกล่าว และปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตร ลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพต่างๆ คือ ความทนทานต่อการขูดขีด, ความมันเงาของฟิล์มสารเคลือบผิว, ความทนทานต่อการยึดติดกันของฟิล์มสารเคลือบผิว, ความทนทานต่อน้ำโดยทดสอบในลักษณะแช่น้ำ, ความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆและความติดแน่นของฟิล์มเคลือบผิวกับวัสดุที่ต้องการเคลือบ สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพต่างๆ สามารถแสดงดังตารางที่ 3.4 และผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิวแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.17 ถึง ภาพที่ 4.18 และตารางที่ 4.4 ถึง ตารางที่ 4.8

4.4.2.1 ผลของชนิดของสารเจือจางในสูตรต่อความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรซึ่งมีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้สารเจือจางต่างกัน 2 ชนิด คือ D 1 และ D 2 ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารเจือจางต่างกัน 4 ระดับ คือ 15% 25% 35% และ 45% โดย

น้ำหนักของสูตร ทำการเตรียมสูตรสารเคลือบผิวโดยใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 และ PI 4 ที่มีปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาคือ 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเจือจางชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน แล้วนำไปทดสอบความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวโดยทำการปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตร ลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อให้ฟิล์มแห้งตัว จากนั้นทิ้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาทดสอบความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวโดยอิงมาตรฐาน ASTM D 5178-98 บันทึกค่าน้ำหนักที่น้อยที่สุดที่ทำให้ฟิล์มเคลือบผิวเกิดรอยขีดข่วน สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.5 และผลการศึกษาความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.17



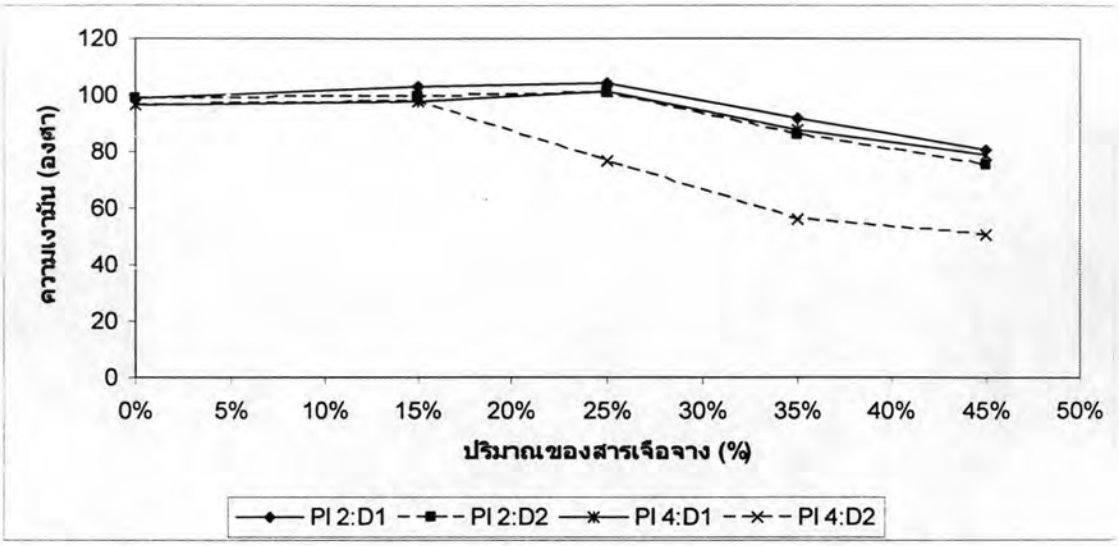
รูปที่ 4.17 ความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ

จากรูปที่ 4.17 พบว่า ในกระบวนการบ่มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เมื่อมีการใช้สารเจือจางต่างชนิดกัน ที่ปริมาณแตกต่างกัน ทำให้ความทนทานต่อการขูดขีดของสารเคลือบผิวต่างกัน กล่าวคือ สารเคลือบผิวที่มีสารเจือจางชนิด D 1 จะมีความทนทานต่อการขูดขีดของสารเคลือบผิวสูงกว่าสารเจือจางชนิด D 2 เนื่องจากสารเจือจางชนิด D 1 มีหมู่ที่สามารถทำให้เกิดการเชื่อมโยงของสายโซ่ภายในสารเคลือบผิวได้มากกว่าจึงทำให้ได้ฟิล์มที่แข็งแรงกว่าสารเคลือบผิวที่มีสารเจือจางชนิด D 2 เป็นองค์ประกอบ และยิ่งปริมาณของสารเจือจางชนิด D 1 มากขึ้นจาก 15% ถึง 35% จะทำให้ความสามารถในการ

ทนทานต่อการขูดขีดของสารเคลือบผิวสูงขึ้น เนื่องมาจากสารเจือจาง D 1 มีหมู่ที่ว่องไวในการเกิดการเชื่อมโยงสายโซ่ภายในสารเคลือบผิวเข้าด้วยกันทำให้ฟิล์มสารเคลือบผิวแข็งแรงขึ้น แต่ที่ปริมาณสารเจือจางชนิด D 1 45% จะทำให้เกิดความไม่เข้ากันของสารเจือจางชนิด D 1 และเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร ทำให้ฟิล์มสารเคลือบผิวที่ได้มีลักษณะไม่เข้ากัน ผิวของฟิล์มมีลักษณะฝืด ขาวขุ่น จึงทำให้ความทนทานต่อการขูดขีดต่ำลง ในส่วนของสารเจือจางชนิด D 2 จะมีแนวโน้มของความทนทานต่อการขูดขีดต่างกันคือ ยิ่งปริมาณของ D 2 มากขึ้น จาก 15% ถึง 45% พบว่า สารเคลือบผิวก็จะทนต่อการขูดขีดต่ำลง เนื่องจากสารเจือจางชนิด D 2 มีหมู่ที่ยืดหยุ่นและมีหมู่ที่ว่องไวต่อการเกิดการเชื่อมโยงต่ำกว่าจึงทำให้สารเคลือบผิวที่ได้ไม่มีความแข็งแรงแต่มีความยืดหยุ่น จากรูปที่ 4.16 พบว่า สูตรสารเคลือบผิวที่ใช้สารเจือจางชนิด D 1 15%, 25% และ 35% ที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาPI 2 จะมีความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวมากกว่าสูตรสารเคลือบผิวอื่นๆ คือ สามารถทนทานการขูดขีดได้ 500 กรัม, 510 กรัม และ 520 กรัม ตามลำดับ

4.4.2.2 ผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจางในสูตรต่อความเงามันของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาความเงามันของฟิล์มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรซึ่งมีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้สารเจือจางต่างกัน 2 ชนิด คือ D 1 และ D 2 ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารเจือจางต่างกัน 4 ระดับ คือ 15% 25% 35% และ 45% โดยน้ำหนักของสูตรและทำการเตรียมสารเคลือบผิวที่ใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 และ PI 4 ที่มีปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยา คือ 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเจือจางชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน แล้วนำไปทดสอบความเงามันของฟิล์มสารเคลือบผิวโดยทำการปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตร ลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อให้ฟิล์มแห้งตัว จากนั้นทิ้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาทดสอบความเงามันของฟิล์มสารเคลือบผิว โดยอิงมาตรฐาน ASTM D 523 บันทึกค่าความเงามันของฟิล์มสารเคลือบผิว ในแต่ละสูตรสารเคลือบผิวแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบความเงามันของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.4 และผลการศึกษาความเงามันของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงผลได้ดังภาพที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ความเงามันของสารเคลือบผิวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ

PI 2 : D 1 หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 1

PI 2 : D 2 หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 2

PI 4 : D 1 หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 1

PI 4 : D 1 หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 2

จากรูปที่ 4.18 พบว่า ในกระบวนการบ่มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ เมื่อมีการใช้ตัวสารเจือจางต่างชนิดกัน ที่ปริมาณแตกต่างกัน ทำให้ความเงามันของสารเคลือบผิวต่างกัน กล่าวคือ สูตรสารเคลือบผิวที่ใช้สารเจือจางชนิด D 1 จะให้ความเงามันที่สูงกว่าสูตรสารเคลือบผิวที่ใช้สารเจือจางชนิด D 2 ทั้งนี้เนื่องจากสารเคลือบผิวที่มีสารเจือจางชนิด D 2 จะใช้พลังงานในการบ่มให้สารเคลือบผิวแห้งสูงกว่า ทำให้พื้นผิวของฟิล์มมีความเรียบน้อยกว่าสูตรสารเคลือบผิวที่ใช้สารเจือจางชนิด D 1 และเมื่อพิจารณาปริมาณของสารเจือจาง พบว่า สารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีปริมาณของสารเจือจาง 15% และ 25% ของ

ทั้งสารเจือจางชนิด D 2 และสารเจือจางชนิด D 1 จะทำให้สารเคลือบผิวมีความเงามันมากขึ้นแต่เมื่อใช้ปริมาณของสารเจือจาง 35% และ 45% พบว่า สารเคลือบผิวกลับมีความเงาลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก ในช่วงที่ใช้ปริมาณสารเจือจาง 15% ถึง 25% สารเคลือบผิวจะมีความหนืดที่เหมาะสมในการเคลือบสามารถไหลได้ดี ทำให้ความเรียบของฟิล์มสารเคลือบบนแผ่นพลาสติกมีมากขึ้น รวมถึงสารเจือจางที่ใช้มีสมบัติในการเพิ่มความเงามันอยู่ภายในตัวเอง แต่เมื่อใช้ในปริมาณมากขึ้นที่ 35% ถึง 45% พบว่า สารเจือจางจะไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินที่ดัดแปร ทำให้ฟิล์มที่เคลือบลงบนแผ่นพลาสติกด้านและขาวขุ่น ซึ่งส่งผลให้ค่าความมันเงาของสารเคลือบผิวลดลง จากรูปที่ 4.17 พบว่า สูตรสารเคลือบผิวที่ใช้สารเจือจางชนิด D 1 15% ถึง 25% ที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 จะมีความเงามันของฟิล์มสารเคลือบผิวมากกว่าสูตรสารเคลือบผิวอื่นๆ คือ 102.8 และ 104.2 ตามลำดับ

4.4.2.3 ผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจางในสูตรต่อความสามารถในการยึดติดของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาความสามารถในการยึดติดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรซึ่งมีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้สารเจือจางต่างกัน 2 ชนิด คือ D 1 และ D 2 ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารเจือจางต่างกัน 4 ระดับ คือ 15% 25% 35% และ 45% โดยน้ำหนักของสูตรและทำการเตรียมสารเคลือบผิวที่ใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 และ PI 4 ที่มีปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาคือ 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเจือจางชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน แล้วนำไปทดสอบความสามารถในการยึดติดของฟิล์มสารเคลือบผิวโดยเตรียมสารเคลือบผิวแล้วทำการปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตร ลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อให้ฟิล์มแห้งตัว จากนั้นทิ้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาทดสอบความสามารถในการยึดติดของฟิล์มสารเคลือบผิว โดยอิงมาตรฐาน ASTM D 3359-95 Method B บันทึกค่าความสามารถในการยึดติดของฟิล์มสารเคลือบผิว โดยเปรียบเทียบความบกพร่องของฟิล์มที่ได้จากการทดสอบกับรูปที่ 3.8 สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบความสามารถในการยึดติดของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.4 และผลการศึกษาความสามารถในการยึดติดของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการยึดติดของสารเคลือบผิวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ

สูตร	อัตราส่วนของเมลามีนเรซินดัดแปร	ตัวริเริ่มปฏิกิริยา	ปริมาณตัวริเริ่มปฏิกิริยา	ชนิดสารเจือจาง	ปริมาณสารเจือจาง	การยึดติด (B)
1	1:8	PI 2	5%	-	-	2B
2	1:8	PI 2	5%	D 1	15%	1B
3	1:8	PI 2	5%	D 1	25%	0B
4	1:8	PI 2	5%	D 1	35%	0B
5	1:8	PI 2	5%	D 1	45%	0B
6	1:8	PI 2	5%	D 2	15%	0B
7	1:8	PI 2	5%	D 2	25%	0B
8	1:8	PI 2	5%	D 2	35%	0B
9	1:8	PI 2	5%	D 2	45%	0B
10	1:8	PI 4	5%	-	-	2B
11	1:8	PI 4	5%	D 1	15%	1B
12	1:8	PI 4	5%	D 1	25%	0B
13	1:8	PI 4	5%	D 1	35%	0B
14	1:8	PI 4	5%	D 1	45%	0B
15	1:8	PI 4	5%	D 2	15%	0B
16	1:8	PI 4	5%	D 2	25%	0B
17	1:8	PI 4	5%	D 2	35%	0B
18	1:8	PI 4	5%	D 2	45%	0B

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ในกระบวนการบ่มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบจะทำให้ได้สารเคลือบผิวที่มีความสามารถในการยึดติดที่ต่ำกว่าสารเคลือบผิวที่ไม่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ (2B) ทั้งนี้เนื่องจากสารเจือจางชนิด D 2 มีโครงสร้างทางเคมีที่ยืดหยุ่น จึงทำให้ฟิล์มสารเคลือบผิวที่ได้หลุดติดเทปใสที่ใช้ในการทดลองออกมาได้ง่าย ในทางตรงกันข้ามสารเจือจางชนิด D 1 จะทำให้สารเคลือบผิวมีความเปราะมากขึ้น ทำให้ความสามารถในการยึดติดต่ำลง และเมื่อพิจารณาผลของ

ปริมาณ พบว่า เมื่อสารเคลือบผิวในสูตรที่ประกอบด้วยปริมาณของสารเจือจางชนิด D 1 ที่ 15% จะยังมีความสามารถในการยึดติดกับแผ่นพลาสติกอยู่ในระดับ 1B แต่เมื่อมีปริมาณมากขึ้น จาก 25% ถึง 35% จะทำให้สารเคลือบผิวมีความเปราะมากขึ้นและไม่สามารถยึดติดกับแผ่นพลาสติกได้ ในส่วนของสารเจือจางชนิด D 2 พบว่า ไม่มีความสามารถในการยึดติดกับแผ่นพลาสติกเลยไม่ว่าจะใช้ในปริมาณใดก็ตาม ดังนั้นสูตรสารเคลือบผิวที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบที่มีความสามารถในการยึดติดมากที่สุด คือ สารเคลือบผิวที่ใช้สารเจือจางชนิด D 1 15% จะมีความสามารถในการยึดติดกับแผ่นพลาสติกได้ดีที่สุด คือ 1B โดยที่สูตรอื่นๆ แทบจะไม่มีการยึดติดกับแผ่นพลาสติก

4.4.2.4 ผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจางในสูตรต่อความทนทานต่อน้ำของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาความทนทานต่อน้ำของฟิล์มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรซึ่งมีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสี-อัลตราไวโอเลต โดยใช้สารเจือจางต่างกัน 2 ชนิด คือ D 1 และ D 2 ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารเจือจางต่างกัน 4 ระดับ คือ 15% 25% 35% และ 45% โดยน้ำหนักของสูตรและทำการทดลองโดยเตรียมสารเคลือบผิวที่ใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 และ PI 4 ที่มีปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาคือ 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเจือจางชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน แล้วนำไปทดสอบความทนทานต่อน้ำของฟิล์มสารเคลือบผิวโดยทำการปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตร ลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อให้ฟิล์มแห้งตัว จากนั้นทิ้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาทดสอบความทนทานต่อน้ำของฟิล์มสารเคลือบผิว โดยอิงมาตรฐาน ASTM D 870-02 สังเกตุลักษณะของฟิล์มสารเคลือบผิวเมื่อเวลาผ่านไป บันทึกค่าความทนทานต่อน้ำของฟิล์มสารเคลือบผิว สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบความทนทานต่อน้ำของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.4 และผลการศึกษาความทนทานต่อน้ำของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความทนทานต่อน้ำของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ

สูตรสารเคลือบผิว	ความทนทานต่อน้ำเมื่อทดสอบในลักษณะการแช่น้ำ			
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน
PI 2 _0%	1	2	3	4
PI 2_15% D 1	0	0	0	0
PI 2_25% D 1	0	0	0	0
PI 2_35% D 1	0	0	0	0
PI 2_45% D 1	4	4	4	5
PI 2_15% D 2	0	0	0	0
PI 2_25% D 2	0	0	0	0
PI 2_35% D 2	0	0	0	0
PI 2_45% D 2	4	4	4	5
PI 4_0%	1	2	3	4
PI 4_15% D 1	0	0	0	0
PI 4_25% D 1	0	0	0	0
PI 4_35% D 1	0	0	0	0
PI 4_45% D 1	4	4	4	5
PI 4_15% D 2	0	0	0	0
PI 4_25% D 2	3	3	3	4
PI 4_35% D 2	4	4	4	5
PI 4_45% D 2	4	4	4	5

หมายเหตุ

0 : ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

1 : มีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อยมาก

2 : มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สามารถสังเกตได้

3 : มีการเปลี่ยนแปลงปานกลาง

4 : มีการเปลี่ยนแปลงมาก

5 : มีการเปลี่ยนแปลงมากอย่างเห็นได้ชัดเจน

PI 2_0% : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 โดยที่ไม่มีสารเจือจางเป็นส่วนประกอบ

PI 4_0% : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 4 และใช้สารเจือจางชนิด D 1 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 2_%D 2 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิดPI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 2 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 2_%D 1 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิดPI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 1 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 4_%D 2 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 4 และใช้สารเจือจางชนิด D 2 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 4_%D 1 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 4 และใช้สารเจือจางชนิด D 1 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

จากตารางที่ 4.5 พบว่า เมื่อมีการใช้สารเจือจางเข้ามาเป็นองค์ประกอบในสูตรสารเคลือบผิวจะทำให้ฟิล์มของสารเคลือบผิวสามารถทนทานต่อน้ำได้ดีกว่าสารเคลือบผิวที่ไม่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบและเมื่อพิจารณาถึงชนิดและปริมาณของสารเจือจางที่แตกต่างกัน พบว่า สารเคลือบผิวที่ใช้สารเจือจางชนิด D 1 จะมีความทนทานต่อน้ำได้ดีไม่ว่าจะใช้กับตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิดใดแต่เมื่อปริมาณสารเจือจางมากขึ้นจนถึงระดับ 45% จะทำให้ความทนทานต่อน้ำลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากเกิดความไม่เข้ากันของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรและสารเจือจางชนิด D 1 ทำให้สารเคลือบมีลักษณะด้าน ขาวขุ่น แต่ในกรณีของการใช้สารเจือจางชนิด D 2 พบว่า สามารถทนน้ำได้ดีแต่ที่ปริมาณสารเจือจางระดับ 45% ความทนทานต่อน้ำจะลดลงเมื่อใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 แต่เมื่อใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 4 กับสารเจือจางชนิด D 2 พบว่าทนน้ำได้ดีที่ 15% ของ D 2 ถ้าใช้ปริมาณของสารเจือจางชนิด D 2 สูงกว่า 15% ความทนทานต่อน้ำจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด

4.4.2.5 ผลของชนิดของสารเจือจางในสูตรต่อความทนทานต่อการติดกันของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาความทนทานต่อการติดกันของฟิล์มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรซึ่งมีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้สารเจือจางต่างกัน 2 ชนิด คือ D 1 และ D 2 ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารเจือจางต่างกัน 4 ระดับ คือ 15% 25% 35% และ 45% โดยน้ำหนักของสูตรและทำการทดลองโดยเตรียมสารเคลือบผิวที่ใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 และ PI 4 ที่มีปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยา คือ 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเจือจางชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน แล้วนำไปทดสอบความทนทานต่อการติดกันของฟิล์มสารเคลือบผิวโดยทำการเตรียมสารเคลือบผิวและปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตร ลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อให้ฟิล์มแห้งตัว จากนั้นทิ้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาทดสอบความทนทานต่อการติดกันของฟิล์มสารเคลือบผิว โดยอิงมาตรฐาน ASTM D 2793-99 สังเกตุลักษณะของฟิล์มสารเคลือบผิวเมื่อเวลาผ่านไปว่ามีการติดกันของฟิล์มเคลือบผิวในแต่ละผิวสัมผัสหรือไม่ บันทึกความทนทานต่อการติดกันของฟิล์มสารเคลือบผิว สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบความทนทานต่อการติดกันของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.4 และผลการศึกษาความทนทานต่อการติดกันของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความทนทานต่อการติดกันของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ

สูตรสารเคลือบผิว	ความทนทานต่อการติดกันของสารเคลือบผิว			
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน
PI 2 _0%	1	2	2	2
PI 2_15% D 1	0	0	0	0
P! 2_25% D 1	0	0	0	0
PI 2_35% D 1	0	0	0	0
PI 2_45% D 1	2	4	4	4
PI 2_15% D 2	0	0	0	0
PI 2_25% D 2	0	0	0	0
PI 2_35% D 2	0	0	0	0
PI 2_45% D 2	2	4	4	4
PI 4_0%	1	2	2	2
PI 4_15% D 1	0	0	0	0
PI 4_25% D 1	0	0	0	0
PI 4_35% D 1	0	0	0	0
PI 4_45% D 1	2	4	4	4
PI 4_15% D 2	0	0	0	0
PI 4_25% D 2	2	4	4	4
PI 4_35% D 2	2	4	4	4
PI 4_45% D 2	2	4	4	4

หมายเหตุ

ไม่มีการติดกันของผิววัสดุกับฟิล์มสารเคลือบผิวพบแต่การติดกันของผิวฟิล์มเคลือบด้วยกันเอง

0 : ไม่มีการติดกันเลย

1 : มีการติดกันน้อยมาก สามารถสังเกตได้ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของผิวสัมผัส

2 : มีการติดกันเล็กน้อย สามารถสังเกตได้ประมาณ 1-5 เปอร์เซ็นต์ของผิวสัมผัส

3 : มีการติดกันปานกลาง สามารถสังเกตได้ประมาณ 5-20 เปอร์เซ็นต์ของผิวสัมผัส

4 : มีการติดกันมาก สามารถสังเกตได้ประมาณ 20-50 เปอร์เซ็นต์ของผิวสัมผัส

5 : มีการติดกันมากอย่างเห็นได้ชัดเจน สามารถสังเกตได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของผิวสัมผัส

PI 2_0% : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 โดยที่ไม่มีสารเจือจางเป็นส่วนประกอบ

PI 4_0% : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 4 และใช้สารเจือจางชนิด D 1 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 2_%D 2 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิดPI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 2 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 2_%D 1 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิดPI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 1 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 4_%D 2 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 4 และใช้สารเจือจางชนิด D 2 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 4_%D 1 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 4 และใช้สารเจือจางชนิด D 1 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

จากตารางที่ 4.6 พบว่า เมื่อมีการใช้สารเจือจางเข้ามาเป็นองค์ประกอบในสูตรสารเคลือบผิวจะทำให้ฟิล์มของสารเคลือบผิวสามารถทนทานต่อการติดกันของผิวสัมผัสได้ดีกว่าสารเคลือบผิวที่ไม่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบและเมื่อพิจารณาผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจาง พบว่า สารเคลือบผิวที่ใช้สารเจือจางชนิด D 1 จะมีความทนทานต่อการติดกันของผิวสัมผัสแต่เมื่อปริมาณของสารเจือจางมากขึ้นจนถึงระดับ 45% จะทำให้ความทนทานต่อการติดกันของผิวสัมผัสลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากเกิดความไม่เข้ากันของเมลามีนฟอร์มัล-ดีไฮด์เรซินดัดแปรและสารเจือจางชนิด D 1 แต่ในกรณีของการใช้สารเจือจางชนิด D 2 พบว่าสารเคลือบผิวมีความทนทานต่อการติดกันของผิวสัมผัสได้ดีจนถึงปริมาณสารเจือจางที่ระดับ 45% ความทนทานต่อการติดกันของผิวสัมผัสจะลดลงเมื่อใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 แต่เมื่อใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 4 กับสารเจือจางชนิด D 2 พบว่าสารเคลือบผิวสามารถทนทานต่อการติดกันของผิวสัมผัสได้ดีที่ 15% ของ D 2 ถ้าใช้ปริมาณของสารเจือจางชนิด D 2 สูงกว่า 15% ความทนทานต่อการติดกันของผิวสัมผัสจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากความไม่เข้ากันของสารเจือจางชนิด D 2 และเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร

4.4.2.6 ผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจางในสูตรต่อความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรซึ่งมีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้สารเจือจางต่างกัน 2 ชนิด คือ D 1 และ D 2 ซึ่งในแต่ละชนิดจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารเจือจางต่างกัน 4 ระดับ คือ 15% 25% 35% และ 45% และทำการทดลองโดยเตรียมสารเคลือบผิวที่ใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 และ PI 4 ที่มีปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาคือ 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเจือจางชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน แล้วนำไปทดสอบความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิว โดยการเตรียมสารเคลือบผิวและทำการปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตร ลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อให้ฟิล์มแห้งตัว จากนั้นทิ้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาทดสอบความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิว โดยอิงมาตรฐาน ASTM D 5402-93 สังเกตุลักษณะของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากทำการขัดถูด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ว่ามีการเปลี่ยนแปลงของฟิล์มเคลือบผิวหรือไม่โดยสังเกตุการเปลี่ยนแปลงของความมันเงา, ความทนต่อการขีดข่วนและสังเกตุลักษณะภายนอกของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละสูตรสารเคลือบผิว บันทึกความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิว สูตรสารเคลือบผิวทั้งหมดที่เตรียมเพื่อทดสอบความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงดังตารางที่ 3.4 และผลการศึกษาความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิวสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการทนการขัดถูด้วยของสารเคลือบผิวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ

สูตรสารเคลือบผิว	ลักษณะที่เปลี่ยนไปของสารเคลือบผิวเมื่อขัดถูด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ											
	น้ำกลั่น			โทลูอีน			ไซลีน			อะซีโตน		
	ทนขูดขีด	ความเงา	ลักษณะผิวฟิล์ม	ทนขูดขีด	ความเงา	ลักษณะผิวฟิล์ม	ทนขูดขีด	ความเงา	ลักษณะผิวฟิล์ม	ทนขูดขีด	ความเงา	ลักษณะผิวฟิล์ม
PI 2 _0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 2_15%D 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 2_25%D 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 2_35%D 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 2_45%D 1	2	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4	5
PI 2_15%D 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 2_25%D 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 2_35%D 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 2_45%D 2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
PI 4_0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 4_15%D 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 4_25%D 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 4_35%D 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 4_45%D 1	2	3	3	3	3	5	4	4	5	5	5	5
PI 4_15%D 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI 4_25%D 2	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PI 4_35%D 2	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4	5	5
PI 4_45%D 2	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5

หมายเหตุ (ความทนต่อการขูดขีดห่างกัน 1-10 กรัม ถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง
ความเงามันห่างกัน 1-5 ถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง)
0 : ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
1 : มีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อยมาก
2 : มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สามารถสังเกตได้
3 : มีการเปลี่ยนแปลงปานกลาง
4 : มีการเปลี่ยนแปลงมาก
5 : มีการเปลี่ยนแปลงมากอย่างเห็นได้ชัดเจน

PI 2_0% : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 โดยที่ไม่มีสารเจือจางเป็นส่วนประกอบ

PI 4_0% : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 4 และใช้สารเจือจางชนิด D 1 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 2_%D 2 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิดPI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 2 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 2_%D 1 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิดPI 2 และใช้สารเจือจางชนิด D 1 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 4_%D 2 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 4 และใช้สารเจือจางชนิด D 2 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

PI 4_%D 1 : หมายถึง สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 4 และใช้สารเจือจางชนิด D 1 เป็นองค์ประกอบตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุ

จากตารางที่ 4.7 พบว่า สารเคลือบผิวที่ไม่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบสามารถทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ น้ำกลั่น โทลูอีน ไซลีนและอะซีโตนได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารเคลือบผิวที่ผ่านการบ่มให้แห้งด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตในงานวิจัยนี้เป็นสารเคลือบผิวที่เป็นพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมเซตทำให้มีสมบัติในการละลายในตัวทำละลายชนิดต่างๆ ต่ำ ผิวของสารเคลือบผิวจึงไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อนำตัวทำละลายต่างๆ มาขัดถูภายในระยะเวลาอันสั้น ส่วนสารเคลือบผิวที่ใช้สารเจือจางชนิด D 1 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 จะให้ผลเช่นเดียวกับการใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 4 คือ จะมีความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ แต่เมื่อปริมาณ

ของสารเจือจางชนิด D 1 มากขึ้นจนถึงระดับ 45% จะทำให้ความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ในกรณีของการใช้สารเจือจางชนิด D 2 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 2 พบว่า สารเคลือบผิวมีความทนทานต่อการขัดถูได้ดีจนถึงปริมาณสารเจือจางที่ระดับ 45% แต่เมื่อใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา PI 4 กับสารเจือจางชนิด D 2 พบว่าสารเคลือบผิวสามารถทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายได้ดีที่ 15% ของ D 2 ถ้าใช้ปริมาณของสารเจือจางชนิด D 2 สูงกว่า 15% แล้ว ความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายจะลดลงอย่าง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากความ ไม่เข้ากันของสารเจือจางชนิด D 2 และเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร

ดังนั้นจากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.4.1, ถึง 4.4.2.6 สามารถสรุปได้ว่า สูตรสารเคลือบผิวที่ใช้ในการเตรียมสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจากเมลามีนเรซินดัดแปรที่มีสมบัติทางกายภาพที่ดีและใช้พลังงานในการแห้งของฟิล์มสารเคลือบผิวต่ำควรมีอัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ PI 2 เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยมี D 1 เป็นสารเจือจางที่ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์

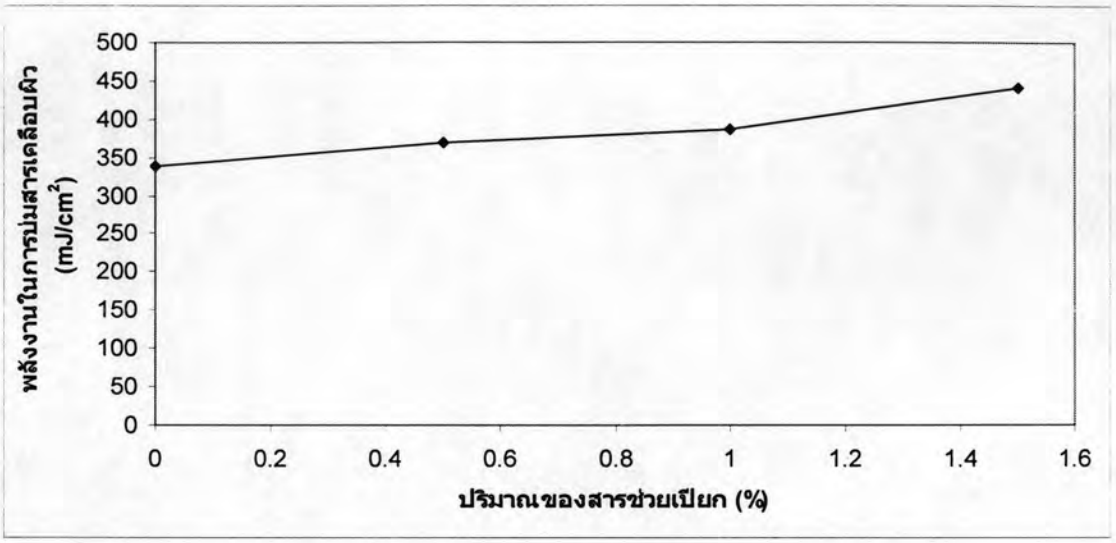
4.5. ผลของสารช่วยเปียก (wetting agent) ต่อสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่มีสารเจือจางและสารเติมแต่งเป็นองค์ประกอบ

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.4.1 ถึง 4.4.2.6 สามารถสรุปได้ว่า สูตรสารเคลือบผิวที่ใช้ในการเตรียมสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจากเมลามีนเรซินดัดแปรที่มีสมบัติทางกายภาพที่ดีและใช้พลังงานในการแห้งของฟิล์มสารเคลือบผิวต่ำควรมีอัตราส่วนของเมลามีน - ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินต่อกรดอะคริลิกที่ 1:8 และใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยมี D 1 เป็นสารเจือจางที่ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้สูตรสารเคลือบผิวดังกล่าวมาศึกษาผลของสารช่วยเปียกในสูตรสารเคลือบผิวต่อสมบัติของสารเคลือบ

4.5.1 ผลของปริมาณของสารช่วยเปียกในสูตรต่อพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาพลังงานที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิวด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปร โดยใช้ปริมาณของสารช่วยเปียกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.5%, 1.0% และ 1.5% และมีองค์ประกอบอื่นๆ แสดงดังตารางที่ 3.5 การทดลองเริ่มจากปาดสารเคลือบผิวที่เตรียมได้ ด้วยเครื่องปาดฟิล์มที่ความหนา 30 ไมโครเมตร ลงบนแผ่นพลาสติกแล้วทำการบ่มสารเคลือบผิวโดยใช้เครื่องบ่มสารเคลือบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต บันทึกค่าพลังงานที่ต่ำ

ที่สุดที่ใช้ในการแห้งตัวของสารเคลือบผิวแต่ละสูตร และผลการศึกษาพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบแสดงผลได้ดังรูปที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางและสารช่วยเปียกเป็นองค์ประกอบ

จากรูปที่ 4.19 ในกระบวนการบ่มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางและสารช่วยเปียกเป็นองค์ประกอบ เมื่อปริมาณของสารเจือจางแตกต่างกัน พบว่า สารเคลือบผิวที่มีสารช่วยเปียกอยู่ในสูตรจะใช้พลังงานในการแห้งตัวด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตมากกว่าสารเคลือบผิวที่ไม่มีสารช่วยเปียกเล็กน้อย โดยพบว่าสูตรสารเคลือบผิวที่มีสารช่วยเปียก 0.5% จะใช้พลังงานในการแห้งตัวของฟิล์มเคลือบผิวต่ำที่สุด คือ 369 มิลลิจูลต่อตารางเมตร

4.5.2 ผลของปริมาณของสารช่วยเปียกในสูตรสารเคลือบผิวต่อสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของสารเคลือบผิวหลังผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรซึ่งมีสารเจือจางและสารช่วยเปียกเป็นองค์ประกอบหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งจะทำการทดลองโดยใช้ปริมาณของสารช่วยเปียกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.5%, 1.0% และ 1.5% และมีองค์ประกอบอื่นๆ แสดงดังตารางที่ 3.5 แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพต่างๆ คือ ความทนทานต่อการขูดขีด, ความมันเงาของฟิล์มสารเคลือบผิว, ความทนทานต่อการยึดติดกับของฟิล์มสารเคลือบผิว, ความทนทานต่อน้ำโดยทดสอบในลักษณะแช่น้ำ, ความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆและความติดแน่นของฟิล์ม

เคลือบผิวกับวัสดุที่ต้องการเคลือบ และผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิวแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลของปริมาณของสารช่วยเปียกในสูตรต่อพลังงานที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิวด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตและสมบัติต่างๆ ของสารเคลือบผิว

รายการทดสอบ	สูตรที่ 1 สารช่วยเปียก (0.5%)	สูตรที่ 2 สารช่วยเปียก (1.0%)	สูตรที่ 3 สารช่วยเปียก (1.5%)	สูตรที่ 4 สารช่วยเปียก (0.0%)
ความทนทานต่อการขูดขีด (กรัม)	485	470	455	500
ความมันเงา	104.2	103.6	102.9	102.8
การยึดติด (B)	1B	1B	0B	1B
ความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ	✓	✓	✓	✓
ความทนทานต่อน้ำ	✓	✓	✓	✓
ความทนทานต่อการติดกัน	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ

✓ หมายถึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากการทดสอบด้วยกระบวนการต่างๆ

จากตารางที่ 4.8 ในกระบวนการบ่มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีสารเจือจางและสารช่วยเปียกเป็นองค์ประกอบ เมื่อปริมาณของสารเจือจางแตกต่างกัน โดยพบว่า สูตรสารเคลือบผิวที่มีปริมาณของสารช่วยเปียก 0.5 % จะมีความแข็งแรงมากกว่า สูตรสารเคลือบผิวที่มีปริมาณของสารช่วยเปียก 1.0 % และ 1.5 % แต่ต่ำกว่าสูตรสารเคลือบผิวที่ไม่มีสารช่วยเปียกเนื่องจากโครงสร้างของสารช่วยเปียกไปขัดขวางการเกิดร่างแหภายในสารเคลือบผิวทำให้สารเคลือบผิวเกิดร่างแหน้อยลงจึงทำให้ทนต่อการขูดขีดได้ลง

ส่วนสมบัติอื่นๆ เช่น ความมันเงา, การยึดติดของฟิล์ม, การทนต่อการขัดถูด้วยตัวทำละลายต่างๆ, ความทนต่อน้ำและความทนต่อการติดกันของฟิล์ม ใกล้เคียงกันกับสมบัติทางกายภาพในสูตรสารเคลือบผิวที่ไม่มีสารช่วยเปียก

4.6 การทดสอบสมบัติทางความร้อนของฟิล์มสารเคลือบผิวด้วยเทคนิค TGA

จากการทดสอบสมบัติทางความร้อนของฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มในสภาวะต่างกัน คือ ฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มที่อุณหภูมิห้อง, ฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงผลทางความร้อนดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิการสลายตัวของสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยภาวะต่างกัน ที่ร้อยละการสลายตัวที่ 20 และ 50

สารเคลือบผิว	เปอร์เซ็นต์ที่หายไปของน้ำหนักสาร (% weight loss)	
	20 % weight loss	50 % weight loss
สารเคลือบผิวที่บ่มที่อุณหภูมิห้อง	สลายตัวที่ 225 ^{0}C	สลายตัวที่ 340 ^{0}C
สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสี UV	สลายตัวที่ 279 ^{0}C	สลายตัวที่ 360 ^{0}C
สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสี UVและมีสารเจือจาง D 1	สลายตัวที่ 300 ^{0}C	สลายตัวที่ 418 ^{0}C
สารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสี UV สารเจือจาง D 1 และสารเปียกผิว	สลายตัวที่ 300 ^{0}C	สลายตัวที่ 418 ^{0}C

จากตารางที่ 4.9 เมื่อพิจารณาที่ % weight loss เท่ากับ 20 พบว่า สารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มที่อุณหภูมิห้อง มีอุณหภูมิการสลายตัว เท่ากับ 225 องศาเซลเซียส ในขณะที่ ฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มีอุณหภูมิการสลายตัวเท่ากับ 279 องศาเซลเซียส และ เมื่อพิจารณาที่ % weight loss เท่ากับ 50 พบว่า สารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มที่อุณหภูมิห้อง มีอุณหภูมิการสลายตัว เท่ากับ 340 องศาเซลเซียส ในขณะที่ ฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มีอุณหภูมิการสลายตัวเท่ากับ 360 องศาเซลเซียส แสดงว่า สารเคลือบผิวที่บ่มด้วย

รังสีอัลตราไวโอเลตมีความสามารถในการทนความร้อนมากกว่าสารที่บ่มที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากมีการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันได้มากกว่า

และเมื่อพิจารณาความสามารถในการทนความร้อนของฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์และมีสารเจือจางชนิด D 1 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์และมีสารเจือจางชนิด D 1 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถทนความร้อนได้มากกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก สารเจือจางชนิด D 1 ช่วยทำให้เกิดการเชื่อมโยงกันของสายโซ่ภายในโครงสร้างของฟิล์มสารเคลือบผิวมากขึ้น ทำให้ฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์และมีสารเจือจางชนิด D 1 15 เปอร์เซ็นต์ ทนความร้อนได้สูง

ในส่วนของฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์และมีสารเจือจางชนิด D 1 15 เปอร์เซ็นต์ กับ ฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซินดัดแปรที่เกิดการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาชนิด PI 2 ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ สารเจือจางชนิด D 1 15 เปอร์เซ็นต์และสารช่วยเปียก 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความสามารถในการทนความร้อนได้เท่ากัน แสดงว่าสารช่วยเปียกที่เติมลงไปไม่มีผลต่อสมบัติทางความร้อนของฟิล์มสารเคลือบผิว