

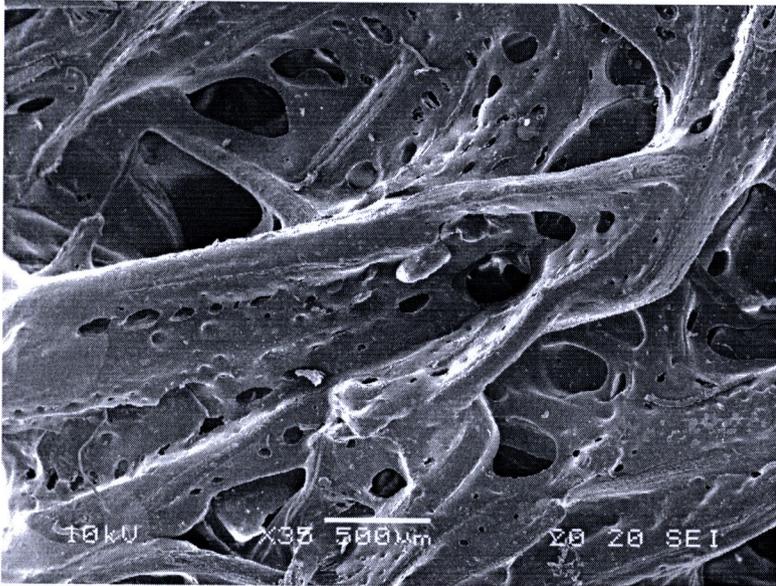
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ในการวิจัยได้เตรียมแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ด้วยน้ำยางธรรมชาติโดยใช้วิธีพ่นเคลือบประสาน ได้แผ่นฉนวนความร้อนที่มีขนาดกว้าง 20 cm ยาว 20 cm และหนา 1.5 cm ตามลำดับ โครงสร้างพื้นผิวของแผ่นฉนวนแสดงได้ดังภาพที่ 4.1 โดยลักษณะของแผ่นฉนวนความร้อนจะมีพื้นผิวหยาบ และเส้นใยยึดเกาะกันอย่างหลวมๆ และเมื่อวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดดังแสดงในภาพที่ 4.2 พบว่าพื้นผิวประกอบด้วยรูพรุนจำนวนมาก หลังจากนั้นแผ่นฉนวนความร้อนจะถูกนำไปทดสอบสมบัติต่อไปได้แก่ ความหนาแน่น การซึมน้ำ และการพองตัว อัตราการลามไฟ และการนำความร้อน



ภาพที่ 4.1 แสดงฉนวนความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์



ภาพที่ 4.2 แสดงภาพการวิเคราะห์พื้นผิวจนวนความร้อน
จากเส้นใยโพลีเอทิลีนด้วยกล้อง SEM

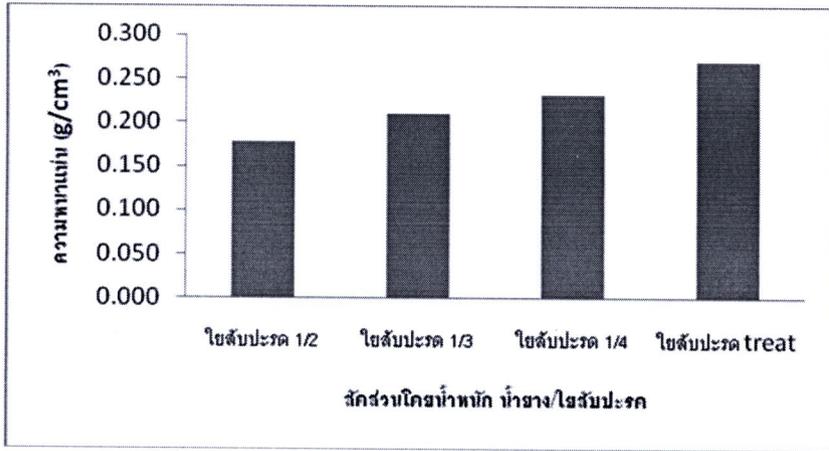
4.1 การทดสอบความหนาแน่น

ในการหาค่าความหนาแน่นของจนวนความร้อนจะใช้ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นจนวนความร้อนทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกลงไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 mm แผ่นจนวนความร้อนที่ใช้วัดประกอบด้วยแผ่นจนวนความร้อนที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยค่าอัตราส่วนของน้ำยาง/เส้นใยโพลีเอทิลีนดังนี้ 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:2 ที่ผสมด้วยสารบอแรกซ์ 10 wt% (treat) ค่าที่วัดได้แสดงได้ดังตารางที่ 4.1 และเขียนกราฟได้ดังภาพที่ 4.3 จากข้อมูลการวัดพบว่าค่าความหนาแน่นของแผ่นจนวนความร้อนที่เตรียมได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยโพลีเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเส้นใยมีผลทำให้เกิดการอัดตัวของแผ่นจนวนเพิ่มขึ้นทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยลดลงจึงทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น สำหรับแผ่นจนวนที่ผสมสารบอแรกซ์ได้ค่าความหนาแน่นมากที่สุดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารบอแรกซ์ที่ผสมลงในแผ่นไปช่วยทำให้เกิดการเรียงตัวของเส้นใยที่ยึดเกาะกันเป็นระเบียบมากยิ่งขึ้นทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยที่ยึดเกาะกันลดน้อยลงค่าความหนาแน่นจึงมีค่ามากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยดังนี้ ที่อัตราส่วนของน้ำยาง/เส้นใย 1:2 g/cm^3 ได้ค่าความหนาแน่น 0.178 ที่อัตราส่วน 1:3 ได้ 0.210

g/cm^3 ที่อัตราส่วน 1:4 ได้ 0.232 g/cm^3 และสำหรับแผ่นฉนวนที่ผสมสารบอแรกซ์ได้ค่าความหนาแน่น 0.269 g/cm^3 ค่าความหนาแน่นของแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่เตรียมได้นี้จะอยู่ในขนาดความหนาแน่นระดับต่ำเมื่อเทียบกับมาตรฐานความหนาแน่นของไม้อัด

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความหนาแน่นของฉนวนงาน

อัตราส่วนน้ำยา : เส้นใย	มวล (g)	ยาว (cm)	กว้าง (cm)	หนา (cm)	ปริมาตร (cm^3)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	เฉลี่ย
1:2	4.470	5.340	1.430	6.500	34.134	0.190	0.178
	5.020	5.420	1.400	6.600	38.092	0.173	
	4.980	5.340	1.420	6.400	37.762	0.169	
1:3	4.380	4.990	1.360	6.800	29.724	0.229	0.210
	3.570	5.220	1.480	5.600	27.580	0.203	
	4.050	4.650	1.580	5.900	29.755	0.198	
1:4	5.040	5.310	1.630	10.100	43.623	0.232	0.232
	5.490	5.570	1.630	12.100	49.844	0.243	
	4.740	5.310	1.550	8.600	39.013	0.220	
treat	3.460	5.460	1.160	5.900	21.914	0.269	0.269
	3.580	5.430	1.220	6.500	23.716	0.274	
	4.800	6.010	1.180	9.000	34.041	0.264	



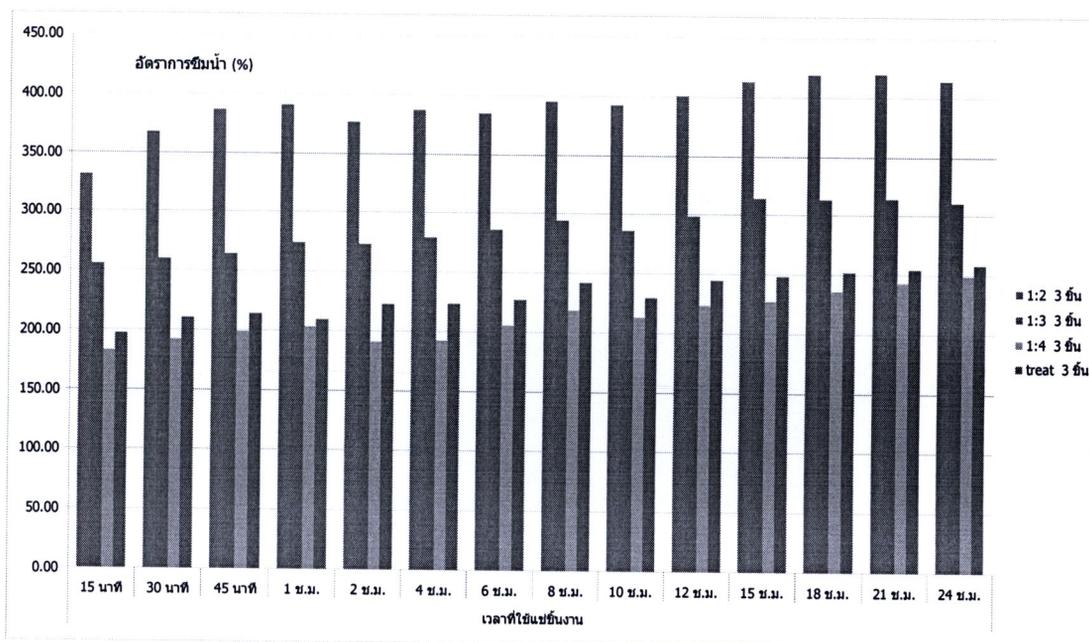
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับสัดส่วนโดยน้ำหนักของ น้ำยาง/เส้นใยโพลีเอสเตอร์

4.2 การทดสอบการซึมน้ำและการพองตัว

แผ่นฉนวนความร้อนที่ประกอบด้วยค่าอัตราส่วนของน้ำยาง/เส้นใยโพลีเอสเตอร์ 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:2 ที่ผสมด้วยสารบอแรกซ์ 10 wt% (treat) ถูกนำมาทดสอบค่าการซึมน้ำและค่าการพองตัวที่เวลาต่างๆดังนี้ 15 นาที, 30 นาที, 45 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง, 6 ชั่วโมง, 8 ชั่วโมง, 10 ชั่วโมง, 12 ชั่วโมง, 15 ชั่วโมง, 18 ชั่วโมง, 21 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.2 และเขียนกราฟได้ดังภาพที่ 4.4 จากข้อมูลการทดลองพบว่าค่าการซึมน้ำของแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์มีค่าสูงมากกว่า 100% ในทุกๆเวลาแช่ และทุกๆอัตราส่วนของกาวและเส้นใยทั้งนี้เนื่องมาจากแผ่นฉนวนความร้อนที่เตรียมได้จากงานวิจัยนี้มีค่านั่นเอง โดยค่าการดูดซึมน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้นในทุกๆอัตราส่วนของแผ่นฉนวนความร้อน แต่เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของกาวกับเส้นใยที่แตกต่างกันพบว่าค่าการซึมน้ำจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของเส้นใยมีค่ามากขึ้นทั้งนี้เนื่องจากที่อัตราส่วนเส้นใยสูงจะมีการจัดเรียงตัวของเส้นใยหนาแน่นมากซึ่งทำให้แผ่นฉนวนความร้อนมีความหนาแน่นมากและรูพรุนจึงน้อยลง ดังนั้นจึงมีผลให้การซึมน้ำลดลงนั่นเอง สำหรับค่าการพองตัวผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.3 และเขียนกราฟได้ดังภาพที่ 4.5 จะพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในทุกๆเวลาแช่ และทุกๆอัตราส่วนของน้ำยางและเส้นใย โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14 – 37%

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการซึมน้ำ

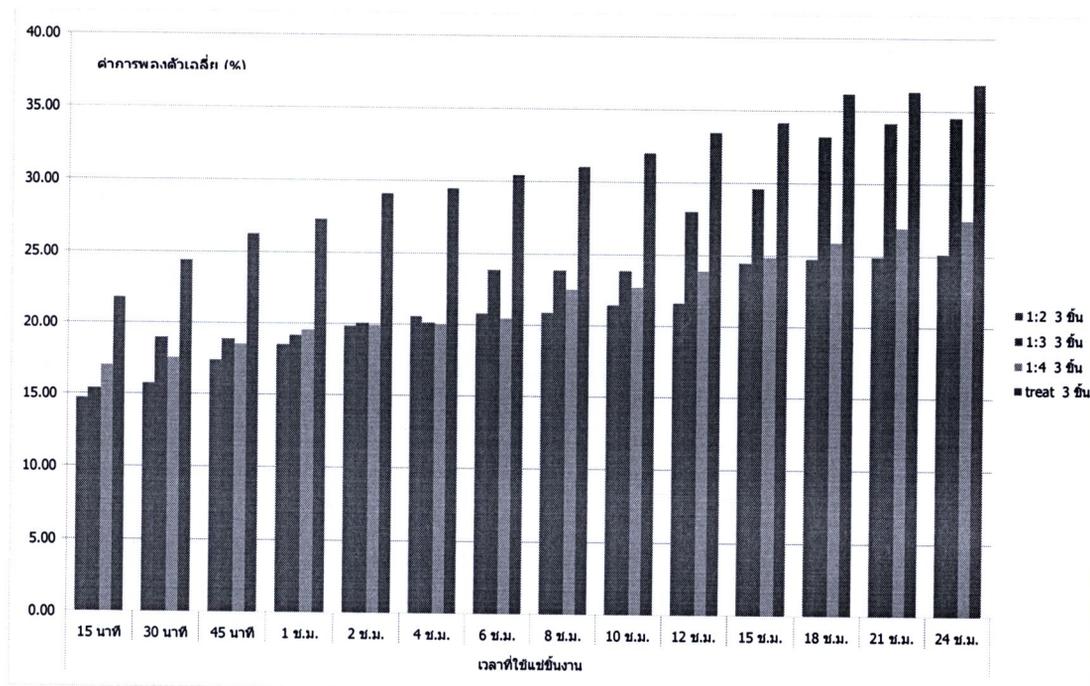
การซึม น้ำเฉลี่ย (%)	เวลาที่ให้เข้าน้ำ													
	15 นาที	30 นาที	45 นาที	1 ชม.	2 ชม.	4 ชม.	6 ชม.	8 ชม.	10 ชม.	12 ชม.	15 ชม.	18 ชม.	21 ชม.	24 ชม.
2:3 ชั้น	331.30	367.35	386.22	391.32	376.93	387.67	384.43	395.61	393.17	400.78	413.12	419.32	420.36	413.79
3:3 ชั้น	255.67	259.73	264.54	273.55	272.83	279.30	286.61	294.12	286.15	298.52	314.53	313.77	314.16	310.71
4:3 ชั้น	183.57	191.92	199.27	203.50	190.80	193.10	205.69	218.54	213.30	223.29	227.54	236.36	242.98	249.29
treat 3 ชั้น	197.45	210.20	213.90	209.63	222.56	223.77	227.15	242.35	229.97	244.66	247.97	251.52	254.66	258.17



ภาพที่ 4.4 แสดงค่าการซึมน้ำ

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการพองตัว

ค่าการพอง ตัวเฉลี่ย (%)	เวลาที่ใช้แช่ในงาน													
	15 นาที	30 นาที	45 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	4 ช.ม.	6 ช.ม.	8 ช.ม.	10 ช.ม.	12 ช.ม.	15 ช.ม.	18 ช.ม.	21 ช.ม.	24 ช.ม.
1:2 3 ชั้น	14.73	15.72	17.39	18.47	19.83	20.57	20.80	20.86	21.49	21.64	24.50	24.78	24.95	25.18
1:3 3 ชั้น	15.34	18.92	18.91	19.15	20.06	20.16	23.85	23.87	23.90	27.99	29.66	33.24	34.18	34.56
1:4 3 ชั้น	17.04	17.51	18.48	19.59	19.90	20.11	20.47	22.57	22.78	23.85	24.85	25.92	26.97	27.46
treat 3 ชั้น	21.82	24.44	26.29	27.34	29.13	29.50	30.46	31.05	32.01	33.47	34.21	36.21	36.36	36.88



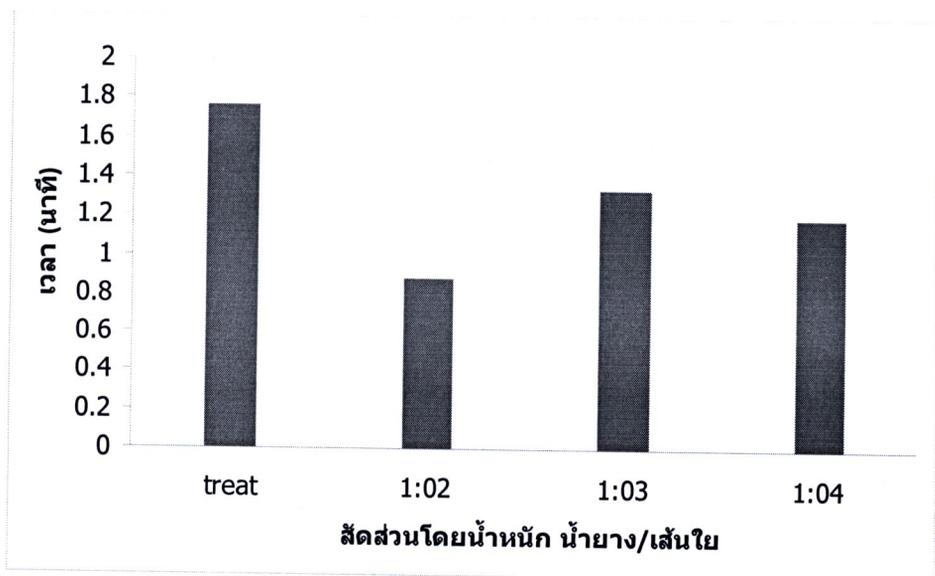
ภาพที่ 4.5 แสดงค่าการพองตัว

4.3 การทดสอบอัตราการลามไฟ

การทดสอบอัตราการลามไฟโดยใช้ชิ้นงาน คือแผ่นฉนวนที่ผลิตได้จากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ ตามมาตรฐาน ASTM D 635-98 โดยชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีขนาด กว้าง 13 mm ยาว 125 mm และมีความหนาในช่วง 3-15 mm โดยใช้ชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 5 ชิ้น ทำการทดสอบภายในห้องทดสอบ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 23-25 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ 50-55 % ใช้ก๊าซหุงต้ม (C_3H_8) เป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบโดยเริ่มจ่อเปลวไฟที่ปลายชิ้นงานตัวอย่างเป็นเวลา 30 วินาที แล้วจึงเริ่มทำการจับเวลาและดึงเปลวไฟออก ปล่อยให้เปลวไฟลามไปบนชิ้นงานตัวอย่างและหยุดทำการจับเวลาเมื่อเหลือชิ้นงานตัวอย่าง 25 mm นับจากปลายอีกข้างหนึ่งของชิ้นงานหรือจนกว่าไฟดับ จากนั้นนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยอัตราการลามไฟ ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.4 และเขียนกราฟได้ดังแสดงในภาพที่ 4.6 จากผลการทดลองพบว่าค่าอัตราการลามไฟจะมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของเส้นใยโพลีเอสเตอร์เพิ่มขึ้น และแผ่นฉนวนความร้อนที่ผสมบอแรกซ์จะมีค่าอัตราการลามไฟต่ำสุด โดยค่าอัตราการลามไฟจะมีค่าเฉลี่ยดังนี้ สำหรับฉนวนความร้อนที่อัตรา 1:2 มีค่าอัตราการลามไฟ 0.876 นาที ฉนวนความร้อนที่อัตรา 1:3 มีค่าอัตราการลามไฟ 1.336 นาที ฉนวนความร้อนที่อัตรา 1:4 มีค่าอัตราการลามไฟ 1.194 นาที และฉนวนความร้อนที่ผสมบอแรกซ์ มีค่าอัตราการลามไฟ 1.760 นาที ค่าอัตราการลามไฟที่ต่ำของฉนวนความร้อนนี้จะแสดงถึงคุณสมบัติที่ดีของฉนวนสำหรับการทนการลุกไหม้ติดไฟนั่นเอง สำหรับแผ่นฉนวนความร้อนที่ผสมบอแรกซ์จะมีค่าอัตราการลามไฟต่ำสุดนั้นอาจจะเป็นเพราะว่าบอแรกซ์จะทำหน้าที่เป็นสารหน่วงไฟ ซึ่งไปเคลือบอยู่บนพื้นผิวของเส้นใยและเป็นฉนวนกั้นบริเวณผิวสัมผัสของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่สัมผัสกับไฟได้น้อยลงจึงทำให้อัตราการลุกติดไฟช้าลงนั่นเอง

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าทดสอบอัตราการลามไฟ

สัปดาห์	ชั้นที่ 1 เวลา(นาที)	ชั้นที่ 2 เวลา(นาที)	ชั้นที่ 3 เวลา(นาที)	ชั้นที่ 4 เวลา(นาที)	ชั้นที่ 5 เวลา(นาที)	เฉลี่ย เวลา(นาที)	S.D.
treat	2.04	1.59	1.58	2.12	1.47	1.76	0.297237
1_2	1.03	0.51	0.55	1.18	1.11	0.876	0.320593
1_3	1.2	1.16	1.48	1.45	1.39	1.336	0.146731
1_4	1.11	1.13	1.37	1.03	1.33	1.194	0.147919



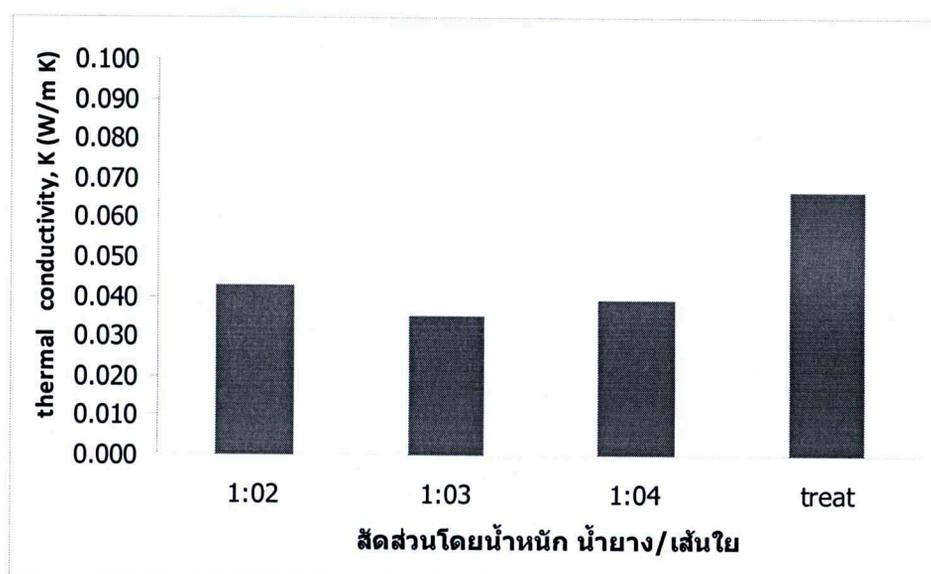
ภาพที่ 4.6 แสดงค่าทดสอบอัตราการลามไฟ

4.4 การทดสอบค่าการนำความร้อน

การทดสอบการนำความร้อนของแผ่นฉนวนจะเป็นการทดสอบที่สำคัญมากที่สุดเพราะจะเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของฉนวนความร้อนที่เตรียมได้ว่าจะมีคุณภาพเป็นอย่างไร โดยในการทดสอบนี้จะยึดตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C177-97 ใช้ชิ้นงานทดสอบเป็นแผ่นฉนวนความร้อนที่ประกอบด้วยค่าอัตราส่วนของน้ำยาง/เส้นใยโพลีเอสเตอร์ 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:2 ที่ผสมด้วยสารบอแรกซ์ (treat) ที่มีขนาดกว้าง 20 cm ยาว 20 cm และหนา 1.5 cm ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.5 และเขียนกราฟได้ดังแสดงในภาพที่ 4.7 จากผลการทดสอบพบว่าแผ่นฉนวนความร้อนที่เตรียมจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์มีค่าการนำความร้อนต่ำมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.04 – 0.07 W/m.K และฉนวนความร้อนที่อัตราส่วนของน้ำยาง/เส้นใย = 1:3 จะมีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด และฉนวนความร้อนที่ผสมสารบอแรกซ์จะมีค่าการนำความร้อนมากที่สุด โดยที่ฉนวนความร้อนอัตราส่วน 1:2 มีค่าการนำความร้อน 0.043 W/m.K ฉนวนความร้อนอัตราส่วน 1:3 มีค่าการนำความร้อน 0.035 W/m.K ฉนวนความร้อนอัตราส่วน 1:4 มีค่าการนำความร้อน 0.039 W/m.K ฉนวนความร้อนอัตราส่วน 1:2 ผสมสารบอแรกซ์มีค่าการนำความร้อน 0.067 W/m.K การที่ฉนวนความร้อนที่ผสมสารบอแรกซ์มีค่าการนำความร้อนมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะแผ่นฉนวนความร้อนมีการจัดเรียงตัวของเส้นใยมีความเป็นระเบียบและยึดเกาะกันอย่างหนาแน่นมากกว่าแผ่นฉนวนความร้อนอัตราส่วนอื่นๆจึงทำให้มีการส่งผ่านความร้อนได้คือนั้นเอง สำหรับฉนวนความร้อนอัตราส่วน 1:3 มีค่าการนำความร้อนต่ำสุดแสดงว่าอัตราส่วนนี้สำหรับแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์มีค่าเหมาะสมมากที่สุดสำหรับคุณภาพของฉนวนความร้อนที่ดี นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของฉนวนความร้อนอื่นๆ กับฉนวนที่เตรียมจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และฉนวนความร้อนที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ดังแสดงในตารางที่ 4.6 จะพบว่าฉนวนความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าฉนวนความร้อนที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ และแผ่นฉนวนความร้อนที่เตรียมจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ เช่นฉนวนความร้อนที่เตรียมจากเชื้อสาขขาว มีค่าการนำความร้อน 0.0586 W/m.K ฉนวนความร้อนที่เตรียมจากฟางข้าว มีค่าการนำความร้อน 0.0564 W/m.K และฉนวนความร้อนที่เตรียมจากขานอ้อยมีค่าการนำความร้อน 0.0724 W/m.K นี้แสดงว่าฉนวนความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่เตรียมได้จากงานวิจัยนี้มีศักยภาพมากในการผลิตเป็นฉนวนความร้อนที่มีคุณภาพสูง

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าทดสอบการนำความร้อน

อัตราส่วนน้ำยาง : เส้นใย	thermal conductivity (K) (W/m .K)
1:2	0.0428
1:3	0.0354
1:4	0.0393
treat	0.0668



ภาพที่ 4.7 แสดงค่าทดสอบการนำความร้อน

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของวัสดุฉนวนความร้อน

วัสดุฉนวนความร้อน	thermal conductivity (K) (W/m. K)
แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดธรรมดา หน้า 9 มม.	0.3058
แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดธรรมดา หน้า 12 มม.	0.3188
แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดพีวีซี	0.2113
แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดทนไฟ	0.3533
แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดอูมิเนียมฟอร์ย	0.3215
แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดทนความชื้น	0.2973
แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดปรุกลาย	0.2888
แผ่นใยแก้ว	0.0410
แผ่นฉนวนยางหนา 52.60 มม.	0.0483
แผ่นโฟมหนา 11.32 มม.	0.0408
แผ่นโฟมหนา 24.20 มม.	0.0532
แผ่นโฟมหนา 50.17 มม.	0.0473
แผ่นไม้อัดหนา 10.05 มม.	0.2298
แผ่นกระดาษชานอ้อยหนา 10 มม.	0.2460
แผ่นฉนวนความร้อนจากเชื้อสาดขาว	0.0586
แผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยโบริสประรด	0.0354
แผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว	0.0564
แผ่นฉนวนความร้อนจากชานอ้อย	0.0724