

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตงานวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	4
ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้	4
ทฤษฎีเรื่องน้ำยาธรรมชาติ	14
ทฤษฎีเรื่องผักตบชวา	21
ทฤษฎีเรื่องสารหน่วงไฟ	24
ทฤษฎีเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ	26
ทฤษฎีการสร้างสมมติฐาน ทดสอบสมมติฐาน	33
ทฤษฎีการวิเคราะห์ความแปรปรวน	39
งานวิจัยและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง	48
อุปกรณ์และวิธีการ	52
อุปกรณ์	52
วิธีการ	58
ผลและวิจารณ์	72
สรุปและข้อเสนอแนะ	91
สรุป	91
ข้อเสนอแนะ	92
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	94

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	96
ภาคผนวก ก การประเมินผลอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวนจากการปรับปรุง เส้นใยผักตบชวาด้วยสารละลาย Borax โดยการวิเคราะห์ข้อมูล แบบ ANOVA จากโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab Release 13.20	97
ภาคผนวก ข การประเมินผลอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวนจากการปรับปรุง น้ำยางธรรมชาติด้วยสารละลายซิงค์บอเรทโดยการวิเคราะห์ข้อมูล แบบ ANOVA จากโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab Release 13.20	108
ภาคผนวก ค Material Safety Data Sheet (MSDS) of Borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$): Sodium tetraborate decahydrate, disodium tetraborate decahydrate, borax decahydrate, Borax 10 Mol	120
ภาคผนวก ง มาตรฐาน ASTM D 635-98	127
ภาคผนวก จ มาตรฐาน ASTM C177-97	134
ภาคผนวก ฉ นิยามศัพท์	157
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	160

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างจุดควบไฟของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ	5
2	แสดงค่าความสามารถในการนำความร้อนของสารบางชนิด	8
3	เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำยาง	15
4	ตัวอย่างสูตรการทำน้ำยางคงรูปโดยใช้ซัลเฟอร์	20
5	ตัวอย่างสูตรการทำน้ำยางคงรูปโดยไม่ใช้ซัลเฟอร์	21
6	ลักษณะและคุณสมบัติของผักตบชวา	22
7	สมบัติที่เหมือนกันของเซลลูโลสธรรมชาติ	27
8	การตั้งสมมติฐานกรณีทดสอบแบบสองด้าน	34
9	การตั้งสมมติฐานกรณีทดสอบแบบด้านเดียวทางขวา	35
10	การตั้งสมมติฐานกรณีทดสอบแบบด้านทางซ้าย	35
11	ข้อมูลปัจจัยเดียวสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน	43
12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว เมื่อจำนวนค่าสังเกต ในแต่ละทรีทเมนต์ไม่เท่ากัน	46
13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว เมื่อจำนวนค่าสังเกต ในแต่ละทรีทเมนต์เท่ากัน	46
14	ผลการขึ้นรูปแผ่นฉนวน (แบบไม่เติมสารหน่วงไฟ)	74
15	ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติผสมน้ำ	75
16	แสดงลักษณะของแผ่นฉนวนที่ได้จากการผสมน้ำยางด้วยน้ำ (โดยน้ำหนัก)	75
17	การขึ้นรูปของเส้นใยผักตบชวาที่แช่สารบอแรกซ์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	77
18	ตาราง ANOVA แสดงความแปรปรวนของอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวน	78
19	การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวน	78
20	ตาราง ANOVA แสดงความแปรปรวนของอัตราการลามไฟ ของแผ่นยางธรรมชาติ	79
21	การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของอัตราการลามไฟของแผ่นยางธรรมชาติ ที่ผสมบอแรกซ์	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	ตาราง ANOVA แสดงความแปรปรวนของอัตราการลามไฟของแผ่นยางธรรมชาติที่ผสมซิงค์บอเรท (Zinc Borate)	81
23	เปรียบเทียบเชิงซ้อนของอัตราการลามไฟของแผ่นยางธรรมชาติที่ผสมซิงค์บอเรท (Zinc Borate)	82
24	ผลการขึ้นรูปแผ่นฉนวนของใยผักตบชวาหุ้มไฟต่อน้ำยางธรรมชาติหุ้มไฟ	83
25	เปรียบเทียบเชิงซ้อนอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวนที่มีความหนาแน่นต่าง ๆ	87
26	แสดงผลค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนแบบไม่เติมและเติมสารหุ้มไฟกับแผ่นฉนวนใยแก้ว	88
ตารางผนวกที่		
ก1	ตาราง ANOVA แสดงความแปรปรวนของอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวน	106
ก2	การเปรียบเทียบเชิงซ้อนของอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวน	107
ข1	ANOVA แสดงความแปรปรวนของอัตราการลามไฟของแผ่นยางธรรมชาติ	117
ข2	เปรียบเทียบเชิงซ้อนค่าอัตราการลามไฟ (Burn rate) ของแผ่นยางธรรมชาติที่ผสมซิงค์บอเรท (Zinc Borate)	118

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สามเหลี่ยมองค์ประกอบของการเกิดไฟ	5
2	แสดงการส่งผ่านความร้อนโดยการนำความร้อน	8
3	แสดงการส่งผ่านความร้อนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยการพาความร้อน	9
4	แสดงการส่งผ่านความร้อนโดยการแผ่รังสี ซึ่งจะเกิดขึ้นทุกทิศทุกทาง	10
5	แสดงผลของระยะทางในการแผ่รังสีความร้อนที่มีต่อปริมาณความร้อน	10
6	Stage การเกิดไฟ	13
7	โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ	16
8	ผักตบชวา	23
9	โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลเซลลูโลส	27
10	เส้นใยเซลลูโลสในธรรมชาติที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืช	28
11	โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส	32
12	ขอบเขตที่จะปฏิเสธสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ (H_0)	37
13	เครื่องปั่นพริกแห้ง	52
14	หม้อสแตนเลส	52
15	นาฬิกาจับเวลา	53
16	ตู้อบ	53
17	เครื่องปั่นกวนน้ำยาง	54
18	หม้อบดบดอลมิด (Ball Mill)	54
19	เครื่องหมุนบดบดอลมิด (Ball Mill)	55
20	เครื่องชั่งดิจิตอล	55
21	ถาดอลูมิเนียมขนาด 15x18x1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร	56
22	ชุดทดสอบสมบัติอัตราการลามไฟ	56
23	เครื่องทดสอบค่าการนำความร้อน	57
24	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)	57
25	ลักษณะผักตบชวาแห้งที่หั่นแล้ว	58
26	การปั่นผักตบชวากับเครื่องปั่นพริกแห้งให้เป็นฝอย (Spraying)	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	การกวนเส้นใยผักตบชวาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	59
28	การเตรียมน้ำยางธรรมชาติสูตรเบ้ายาง	62
29	ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นฉนวนด้วยวิธีการ พ่นละอองฝอย	63
30	การเตรียมสารหน่วงไฟในรูปของสารแขวนลอย	67
31	ยางแผ่นที่ใช้เป็นชิ้นงานตัวอย่าง	68
32	วิธีการทดสอบหาอัตราการลามไฟของชิ้นงานแผ่นฉนวนทดสอบ	69
33	เครื่องทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity Tester)	70
34	สรุปขั้นตอนหลักของการวิจัย	71
35	สัณฐานของเส้นใยผักตบชวา ณ. ขั้นตอนต่างๆ	73
36	อัตราการลามไฟของแผ่นฉนวนปกติเทียบกับแผ่นฉนวนที่ลดปริมาณเนื้อยาง	76
37	อัตราการลามไฟของแผ่นยางธรรมชาติที่ผสม Zinc Borate เปอร์เซ็นต์ต่างๆ	81
38	อัตราการลามไฟของแผ่นฉนวนที่ความหนาแน่นต่างกัน	84
39	ผล ANOVA ของอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวนที่ความหนาแน่นต่างๆ กัน	85
40	ผลการทดสอบแบบ Multiple Comparison Test ของแผ่นฉนวนที่ความหนาแน่นต่างๆ กัน	86
41	กราฟผลค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนแบบไม่เติมและเติมสารหน่วงไฟ	88
42	กราฟแสดงอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวนที่ค่าความหนาแน่นต่างๆ	89
43	กราฟแสดงอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวนที่ความหนาแน่น 195.48 kg/m ³	89
44	กระบวนการผลิตแบบลามิเนต	93
ภาพผนวกที่		
ก1	การกรอกข้อมูลเปอร์เซ็นต์บอแรกซ์และอัตราการลามไฟใน Minitab Worksheet	98
ก2	การเลือกเมนู Graph/Probability Plot... ของ % Borax และ Burn rate	99

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ก3	แสดงกราฟ Normal Probability Plot for Burn rate at Borax 0 %	99
ก4	แสดงข้อมูล Distribution Function Analysis for Burn rate at Borax 0 %	100
ก5	แสดงกราฟ Normal Probability Plot for Burn rate at Borax 5 %	100
ก6	แสดงกราฟ Normal Probability Plot for Burn rate at Borax 10 %	101
ก7	ทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของค่า อัตราการลามไฟ แต่ละกลุ่ม	102
ก8	แสดงผล Test for Equal Variances for Burn rate จากการใช้สาร Borax	102
ก9	แสดงSession of Test Equal Variances for Burn rate จากการใช้สาร Borax	103
ก10	การเลือกเมนู Stat/ANOVA/One way จากข้อมูล Burn rate เมื่อใช้สาร Borax	104
ก11	การระบุค่า Response และค่า Factor จากข้อมูล Burn rate เมื่อใช้สาร Borax	105
ก12	แสดงค่า Session of ANOVAของข้อมูล Burn rate เมื่อใช้สาร Borax	105
ก13	แสดงผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนระหว่าง %Borax และ Burn rate	106
ข1	การกรอกข้อมูล % Zinc Borate และ Burn rate ใน Minitab Worksheet	109
ข2	แสดงกราฟ Normal Probability Plot for Burn rate at Zinc Borate 0 %	110
ข3	ข้อมูล Distribution Function Analysis for Burn rate at Zinc Borate 0 %	110
ข4	แสดงกราฟ Normal Probability Plot for Burn rate at Zinc Borate 10 %	111
ข5	แสดงกราฟ Normal Probability Plot for Burn rate at Zinc Borate 20 %	111
ข6	แสดงกราฟ Normal Probability Plot for Burn rate at Zinc Borate 30 %	112
ข7	แสดงกราฟ Normal Probability Plot for Burn rate at Zinc Borate 40 %	112
ข8	แสดงผล Test for Equal Variances for Burn rate จากการใช้สาร Zinc Borate	113
ข9	Session of Test Equal Variances of for Burn rateจากการใช้สาร Zinc Borate	114
ข10	เลือกเมนู Stat/ANOVA/One way จากข้อมูล Burn rate ใช้สาร Zinc Borate	115
ข11	การระบุค่า Response และค่า Factor จากข้อมูล Burn rate ใช้สาร Zinc Borate	116
ข12	แสดงค่า Session of ANOVA ของข้อมูล Burn rate เมื่อใช้สาร Zinc Borate	116
ข13	แสดงผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนระหว่าง %Zinc Borate และ Burn rate	117

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

N	จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
$\bar{X}$	ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Mean)
S.D.	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
df	ขั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degree of Freedom)
α	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
σ^2	ค่าความแปรปรวนของข้อมูล
H_0	สมมุติฐานหลัก
H_1	สมมุติฐานรอง
μ	ค่าเฉลี่ยของประชากร
p	ค่า p value ที่ใช้เปรียบเทียบกับค่า $\alpha = 0.05$ เพื่อการตัดสินใจบนสมมุติฐานหลัก
F	เป็นตัวสถิติตัวหนึ่งที่มีการแจกแจงแบบเอฟ
ANOVA	Analysis Of Variance หมายถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่สนใจ