สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(11)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.3 วัตถุประสงค์	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	6
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	6
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	8
2.1 ไม้ยางพารา	8
2.2 ความทนทานตามธรรมชาติของไม้	13
2.3 ความเสียหายของไม้	13
2.4 การรักษาเนื้อไม้	16
2.5 การอาบน้ำยารักษาสภาพเนื้อไม้	16
2.6 สารป้องกันรักษาเนื้อไม้	19
2.7 การตรวจสอบการซึมซับของน้ำยาที่มีส่วนประกอบเป็นสารประกอบโบรอน	22
2.8 น้ำส้มควันไม้	23
2.9 กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มควันไม้	27
2.10 สมบัติของน้ำส้มควันไม้	30
2.11 ประโยชน์และการนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้	31
3. การศึกษาสมบัติเบื้องต้นของน้ำส้มควันไม้	34
3.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	34
3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
3.3 วัสดุ	36
3.4 อุปกรณ์	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 วิธีดำเนินการทดลอง	41
3.6 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	44
3.7 สรุปผลการทดลอง	54
4. การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้	55
4.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	55
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	55
4.3 วัสดุ	57
4.4 อุปกรณ์	59
4.5 วิธีดำเนินการทดลอง	61
4.6 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	74
4.7 สรุปผลการทดลอง	87
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	89
5.1 สรุปผล	89
5.2 ข้อเสนอแนะ	89
บรรณานุกรม	91
ภาคผนวก	94
ก ตารางบันทึกน้ำหนักไม้ยางพารา เมื่อทดสอบกับเชื้อรา	95
ข ตารางบันทึกเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ หลังทดสอบกับเชื้อรา	102
ค ตารางบันทึกน้ำหนักไม้ยางพารา เมื่อผ่านการอาบน้ำยา	109
ง ตารางบันทึก % BAE	114
จ ตารางบันทึกปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้	117
ฉ ตารางใบรายงานผลการวิเคราะห์	122
ประวัติผู้เขียน	127

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติทางกลของไม้ยางพารา	10
2.2 ความต้องการใช้ไม้ท่อนกลมเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไม้	11
3.1 สมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้	44
3.2 ปริมาณองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้	45
3.3 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้	47
3.4 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์	49
3.5 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์ ซึ่งมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์พบในน้ำส้มควันไม้ไผ่	50
3.6 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อราเมื่ออาบด้วยสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา	52
4.1 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารต่าง ๆ ในการยับยั้งเชื้อราไม้	63
4.2 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และ % BAE เมื่ออาบน้ำยาโดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	67
4.3 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และ % BAE เมื่ออาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	67
4.4 ตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้	69
4.5 ตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยา โดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน	70
4.6 การหาค่าจำนวนทำซ้ำ (Replicate) โดยใช้โปรแกรม MINITAB Release 14	70
4.7 ตารางออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลของการอาบน้ำยา โดยไม่ใช้ความดัน	72
4.8 ตารางออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลของการอาบน้ำยา โดยใช้ความดัน	73
4.9 ตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน	74
4.10 ปริมาณน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ยางพารา โดยไม่ใช้ความดัน	75
4.11 ปริมาณน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ยางพารา โดยใช้ความดัน	75
4.12 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน	77
4.13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ANOVA ของกระบวนการอาบน้ำยา โดยไม่ใช้ความดัน	79
4.14 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน	81
4.15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ANOVA ของกระบวนการอาบน้ำยา โดยใช้ความดัน	83

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.16 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยสารประกอบโบรอน โดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน	85
ก-1 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยสารชนิดต่าง ๆ	95
ก-2 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	96
ก-3 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	98
ก-4 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	100
ก-5 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	101
ข-1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยสารชนิดต่าง ๆ	102
ข-2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	103
ข-3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	105
ข-4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	107
ข-5 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	108
ค-1 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	109
ค-2 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	110
ค-3 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	111
ค-4 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	112
ค-5 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	113

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง-1 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	114
ง-2 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	115
ง-3 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	116
จ-1 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	117
จ-2 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	118
จ-3 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	119
จ-4 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	120
จ-5 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	121
ฉ-1 ปริมาณองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้	122
ฉ-2 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	123
ฉ-3 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	125

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่	หน้า
2.1 ไม้ยางพาราท่อนก่อนการแปรรูป	12
2.2 ถังอัดน้ำยาไม้	19
2.3 การนำไม้เข้าสู่ถังอัดน้ำยาไม้	19
2.4 ลักษณะของเตา (a) สำหรับเผาเศษวัสดุจากการเกษตร (b) แบบตั้ง	24
2.5 เตาเผาแบบอัฟริกัน (a) ด้านตั้ง และ (b) ด้านบน	24
2.6 เตาเผาแบบถังน้ำมัน 200 ลิตร	25
2.7 เตาเผา (a) แบบไทย (b) แบบบราซิลก่อนพัฒนา	26
2.8 กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มควันไม้	28
2.9 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร และการเกิดควันบ้า	29
3.1 เชื้อราไม้สำหรับการทดลอง	37
3.2 ลักษณะเส้นใยแบบมีผนังกั้นของเชื้อราไม้ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์	37
3.3 โครงสร้างของเชื้อราไม้สำหรับการทดลอง ซึ่งเป็นภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน (SEM) กำลังขยาย (a) 100, (b) 200 และ (c) 500 เท่า	38
3.4 ไฮโดรมิเตอร์	39
3.5 พีเอชมิเตอร์	39
3.6 เครื่องเลื่อยสายพาน	40
3.7 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี	40
3.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน	41
3.9 การหาค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์	41
3.10 ไม้ยางพาราสำหรับการทดลอง	42
3.11 สีของน้ำส้มควันไม้ (a) กระถิน (b) ยูคาลิปตัส และ (c) ไผ่	44
3.12 องค์ประกอบที่วิเคราะห์ในน้ำส้มควันไม้	46
3.13 น้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (%) เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้	47
3.14 จำนวนวันที่ไม้สามารถป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้	48
3.15 ไม้ยางพาราเมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ (a) ไผ่ (b) กระถิน (c) ยูคาลิปตัส และ (d) ไม่อาบน้ำยา หลังทดสอบกับเชื้อราไม้ 1 สัปดาห์	48

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
3.16 ไม้ยางพาราเมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ (a) ไผ่ (b) กระถิน (c) ยูคาลิปตัส และ (d) ไม่อาบน้ำยา หลังทดสอบกับเชื้อราไม้ 8 สัปดาห์	48
3.17 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) ของไม้ เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์	49
3.18 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) ของไม้ เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์ความเข้มข้นต่าง ๆ	50
3.19 จำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์ความเข้มข้นต่าง ๆ	51
3.20 ไม้ยางพาราหลังอาบด้วย (a) กรดอะซิติก (b) อะซิโตน และ (c) ฟีนอล ความเข้มข้นใกล้เคียงกับในน้ำส้มควันไม้ไผ่ หลังทดสอบกับเชื้อรา 1 สัปดาห์	51
3.21 ไม้ยางพาราหลังอาบด้วย (a) กรดอะซิติก (b) อะซิโตน และ (c) ฟีนอล ความเข้มข้นใกล้เคียงกับในน้ำส้มควันไม้ไผ่ หลังทดสอบกับเชื้อรา 8 สัปดาห์	51
3.22 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) ของไม้ เมื่ออาบด้วยสารประกอบโบรอนและสารต้านเชื้อรา แอมโฟเทอริซินบี	52
3.23 จำนวนวันที่ไม้สามารถป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารประกอบโบรอน และสารต้านเชื้อรา แอมโฟเทอริซินบี	53
3.24 ไม้ยางพาราหลังอาบด้วย (a) สารประกอบโบรอน (b) สารต้านเชื้อราแอมโฟเทอริซินบี หลังทดสอบกับเชื้อรา 1 สัปดาห์	53
3.25 ไม้ยางพาราหลังอาบด้วย (a) สารประกอบโบรอน (b) สารต้านเชื้อราแอมโฟเทอริซินบี หลังทดสอบกับเชื้อรา 8 สัปดาห์	53
4.1 Microtitration Plate	58
4.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ	59
4.3 ชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ขนาด 350 ลิตร	59
4.4 ตัวถังของชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ขนาด 3.5 ลิตร	60
4.5 ฝาถังของชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ขนาด 3.5 ลิตร	60
4.6 การหาค่า MIC ใน Sterile Microtitration Plate	62
4.7 ผลของค่า MIC ใน Sterile Microtitration Plate	63
4.8 ขั้นตอนการอาบน้ำยาไม้	66
4.9 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ โดยกระบวนการอาบน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ	68
4.10 % BAE ในเนื้อไม้ โดยกระบวนการอาบน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ	68

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำส้มควันไม้ในเนื้อไม้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	76
4.12 Residual Plots for Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน	78
4.13 Normal Probability Plot of Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน	78
4.14 Test for Equal Variances for Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน	79
4.15 Residual Plots for Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน	82
4.16 Normal Probability Plot of Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน	82
4.17 Test for Equal Variances for Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน	83
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%) กับชนิดของน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ โดยไม่ใช้ความดัน	85
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%) กับชนิดของน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ความดัน	86