



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การรักษาสภาพไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้
Rubberwood Preservation by Wood Vinegar

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธเนศ รัตนวิไล และคณะ

พฤศจิกายน 2552

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การรักษาสภาพไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้”

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. ผศ.ดร.ธเนศ รัตนวิไล | ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ |
| 2. รศ.สมชาย ชูโหม | ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ |
| 3. ผศ.ดร.สุกฤษฎิรา รัตนวิไล | ภาควิชาวิศวกรรมเคมี |

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษากระบวนการรักษาสภาพเนื้อไม้เพื่อป้องกันการผุพังจากการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยการใช้สารที่ได้จากธรรมชาติคือ น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) การศึกษาจะรวมถึงการศึกษาสมบัติทางกายภาพ วิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ และศึกษาแนวโน้มของน้ำส้มควันไม้ในการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพารา น้ำส้มควันไม้ที่ใช้ในการทดลองมี 3 ชนิด คือ น้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัสและกระถิน ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพพบว่า น้ำส้มควันไม้มีสีอยู่ในช่วงสีเหลืองถึงสีแดงน้ำตาล ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.01-1.03 และค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 3 ซึ่งเป็นสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพดี เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติก ฟีนอลและอะซิโตน พบว่าในน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุด โดยพบว่ามีปริมาณมากที่สุดในน้ำส้มควันไม้ไฟ อย่างไรก็ตามเพื่อศึกษาแนวโน้มที่ว่า น้ำส้มควันไม้ที่มีปริมาณกรดอะซิติกสูงจะช่วยป้องกันไม้จากการถูกทำลายจากเชื้อราได้ จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการรักษาสภาพไม้ยางพาราด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้น 87,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์พบในน้ำส้มควันไม้ไฟ ผลการทดสอบกับเชื้อราพบว่าไม้ยางพารามีการสูญเสียของน้ำหนักต่ำสุดเท่ากับ 2.75 % และไม้ยางพาราสามารถทนต่อการขึ้นราได้ 60 วัน เมื่อเทียบกับไม้ยางพาราที่อาบด้วยฟีนอลและอะซิโตนที่มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์พบในน้ำส้มควันไม้ไฟ ดังนั้นกล่าวได้ว่ากรดอะซิติกซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้ทำให้น้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มที่จะใช้เป็นสารรักษาสภาพเนื้อไม้ได้

ผลจากการทดลองข้างต้นช่วยให้เห็นแนวโน้มความเป็นไปได้ในการทดลองรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพาราด้วยการอาบน้ำส้มควันไม้ที่มีปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุดจากน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำส้มควันไม้ไฟ จากการทดลองพบว่าน้ำส้มควันไม้ไฟสามารถรักษาสภาพเนื้อไม้ได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ต่ำที่สุด คือ 8.37 และไม้สามารถทนต่อการขึ้นของเชื้อราได้ถึง 40 วัน ในขณะที่ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มกระถินและยูคาลิปตัส หลังทดสอบกับเชื้อราพบว่าไม้มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 12.66 % และ 10.86 % ตามลำดับ และมีความน้อยกว่าไม้ยางพาราที่ไม่อาบน้ำยาและอาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 20.58 % และ 13.43 % ตามลำดับ เมื่อวัดผลจากความสามารถของไม้ยางพาราในการป้องกันเชื้อรา พบว่าไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟสามารถทนต่อ

การขึ้นของเชื้อราในสภาวะการทดลองที่สมบูรณ์ได้นานที่สุดถึง 40 วันดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ในขณะที่ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้กระถิน ยูคาลิปตัสและสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) สามารถทนต่อการขึ้นของเชื้อราได้เพียง 12 วัน 13 วัน และ 7 วัน ตามลำดับ ดังนั้นน้ำส้มควันไม้ไผ่เป็นสารรักษาสภาพเนื้อไม้ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำส้มควันไม้กระถินและยูคาลิปตัส และจะใช้น้ำส้มควันไม้ไผ่เป็นกรณีศึกษาในการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการอาบนํ้ายาด้วยน้ำส้มควันไม้ที่มีผลต่อการรักษาสภาพไม้ยางพารา คือ ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ ความดันและระยะเวลาในการอาบนํ้ายา

ในการศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่ จะเลือกจากความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ซึ่งหาจากค่า MIC (Minimum Inhibitory Concentration) จากผลการทดลองพบว่าค่า MIC ของน้ำส้มควันไม้ไผ่ กระถิน ยูคาลิปตัส สารประกอบโบรอน และกรดอะซิติก สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราไม้ได้ที่มีความเข้มข้นต่ำสุด คือ 16.1, 31.9, 31.9, 10.0 และ 5.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยค่า MIC ของสารประกอบโบรอน คือ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมจะใช้น้ำส้มควันไม้ไผ่ในการรักษาสภาพเนื้อไม้ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ ค่า MIC ของอะซิติก คือ 5.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ จากการวิเคราะห์พบปริมาณกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้ไผ่ ยูคาลิปตัส และกระถิน เท่ากับ 86.6 53.1 และ 55.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนั้นกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้ได้และที่ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อราของน้ำส้มควันไม้ไผ่ ยูคาลิปตัส และกระถิน มีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 1.35, 1.66 และ 1.74 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า MIC ของน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด น้ำส้มควันไม้ไผ่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราไม้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่กล่าวไว้ข้างต้น คือน้ำส้มควันไม้ไผ่สามารถรักษาสภาพไม้ยางพาราได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้กระถินและยูคาลิปตัส ผลการทดลองในการนำน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ความเข้มข้นต่ำสุดมาใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้ คือ 16.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรหรือ 1.56 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ความเข้มข้น 2, 4 และ 6 %โดยปริมาตร เพื่อนำไปทดลองในกระบวนการอาบนํ้ายาด้วยชุดอุปกรณ์อาบนํ้ายาไม้ที่ได้จำลองขึ้นเพื่อศึกษาความดันที่ใช้ในการอาบนํ้ายา โดยทำการทดลองที่สองสภาวะคือที่ความดัน 100 psi และไม่ใช้ความดัน นอกจากนี้ยังทำการศึกษาระยะเวลาในการอาบนํ้ายา โดยใช้สารประกอบโบรอนอาบนํ้ายาไม้ด้วยชุดอุปกรณ์อาบนํ้ายาขนาด 350 ลิตร และได้จำลองขึ้นขนาด 3.5 ลิตร แล้ววิเคราะห์ปริมาณนํ้ายาที่สามารถ

แทรกซึมในเนื้อไม้และค่า % BAE (ค่าที่คิดเปรียบเทียบเท่ากับร้อยละของกรดบอริกที่มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อน้ำหนักของไม้ที่ใช้ในการทดสอบเป็นกิโลกรัม)

ผลการศึกษาพบว่าน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดย น้ำส้มควันไม้ไผ่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราดีที่สุด คือ มีความเข้มข้นต่ำที่สุด เท่ากับ 1.56 % โดยปริมาตร หรือ 16.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลของ กรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา พบว่ากรดอะซิติกมีฤทธิ์ในการยับยั้งการ เจริญเติบโตของเชื้อราที่ความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 5.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากน้ำส้มควัน ไม้ไผ่มีกรดอะซิติกประมาณ 86.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้นกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้เป็น องค์ประกอบที่ทำให้ น้ำส้มควันไม้มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ส่วนกระบวนการอบ น้ำยาไม้ด้วยถังขนาด 3.5 ลิตร โดยใช้ความดัน 100 psi น้ำยาสามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้ได้ มากกว่าไม่ใช้ความดัน จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ต่ำกว่าด้วยเช่นกัน เมื่อศึกษา อิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควัน ไม้ไผ่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญแต่เวลาในการอบน้ำยามีผล ต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ ผลที่ดีที่สุดคือ ไม้ยางพาราที่อบด้วย น้ำส้มควันไม้ไผ่ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ คือ 14.88 สำหรับกระบวนการอบน้ำยาโดยใช้ความดันพบว่า ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่และ เวลาในการอบน้ำยามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ ผลที่ดีที่สุดคือ ไม้ยางพาราที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที เช่นเดียวกันกับการไม่ใช้ ความดัน แต่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ที่ต่ำกว่า คือ 11.48 และเมื่อเปรียบเทียบผลของ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่กับสารประกอบโบรอน พบว่าไม้ ยางพาราที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ความเข้มข้น 6 % โดยปริมาตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักของไม้ใกล้เคียงกับไม้ยางพาราที่อบด้วยสารประกอบโบรอน โดยกระบวนการอบน้ำยา ไม้ที่ใช้ความดันจะทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารามีกระบวนการรักษาสภาพเนื้อไม้เพื่อป้องกันการผุพังจากการเข้าทำลายของแมลง เชื้อราและศัตรูทำลายไม้อื่น ๆ โดยการใช้ยาซึ่งเป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพให้แทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ น้ำยาเหล่านี้มีการพัฒนาไปอย่างกว้างขวาง โดยเน้นความเป็นพิษต่อศัตรูทำลายไม้ แต่สารเคมีล้วนมีผลกระทบต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีการคำนึงถึงเรื่องพิษของสารเคมีตกค้างรวมถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและมนุษย์ ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะศึกษาสารที่ได้จากธรรมชาติ คือ น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) เพื่อเป็นสารรักษาสภาพเนื้อไม้ในกระบวนการอบน้ำยา โดยทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ วิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้และศึกษาแนวโน้มของน้ำส้มควันไม้ในการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพารา มีน้ำส้มควันไม้ 3 ชนิด คือ น้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัสและกระถิน พบว่าน้ำส้มควันไม้มีลักษณะเป็นของเหลวใสสีเหลืองเข้มถึงสีน้ำตาลเข้ม ค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.02 และค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3 จากผลวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติก ฟีนอลและอะซิโตน พบว่าน้ำส้มควันไม้ทุกชนิดมีปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุด ซึ่งพบมากในน้ำส้มควันไม้ไฟ และผลการศึกษารักษาสภาพเนื้อไม้ พบว่าน้ำส้มควันไม้ไฟมีแนวโน้มเป็นสารรักษาสภาพเนื้อไม้ได้ดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ต่ำที่สุด คือ 8.37 และไม้สามารถทนต่อการขึ้นของเชื้อราได้ถึง 40 วัน นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอบน้ำยาไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยกระบวนการอบน้ำยา แบ่งเป็นการใช้ความดันที่ 100 psi และไม่ใช้ความดัน มีความเข้มข้น คือ 2, 4 และ 6 % โดยปริมาตร และเวลาในการอบน้ำยา คือ 30, 40 และ 50 นาที พบว่ากระบวนการอบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน เวลาเมื่อผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม้ยางพาราที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ต่ำที่สุด คือ 14.88 ส่วนกระบวนการอบน้ำยาโดยใช้ความดัน พบว่าเวลาและความเข้มข้นมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม้ยางพาราที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ต่ำที่สุด คือ 11.48

ABSTRACT

Wood degradation caused by fungus, termites, and insects is one of major problems in the rubberwood industry. Rubberwood preservation is therefore necessary. Recently, the chemical compounds, highly toxic, and easily diffuse into the environmental, are used in preventing the wood products. Hence, there is an urgent need to develop new wood preservatives that will not cause any harmful effect on environment and human health. The goal of this research is to study the potential of Wood Vinegar (WVs) in order to preserve wood. Firstly, a characterization of WVs was investigated including compositions and potential of WVs for wood preservative. Three types of WV; lead tree vinegar, eucalyptus vinegar, and bamboo vinegar were conducted. The results showed that the WV appears in liquid form, transparent, and mixed of yellow and brown. The value of specific gravity and pH are approximately 1.02 and 3, respectively. Among three main components of WV, percent by weight of acetic acid in bamboo vinegar was found higher than that of phenol and acetone. Preliminary tests to prevent fungus, which often observe to destroy wood blocks were treated with WVs. The results revealed that rubberwood, preserved with bamboo vinegar, had the least percent weight loss at 8.37 and mold could be observed on day 40th. Secondly, wood blocks were immersed in bamboo vinegar at 2, 4, and 6% concentration by volume for 30, 40, and 50 min. whereas the others were pressured at 100 psi for the same conditions. The result showed that time interval was significant for pressure preservation process; concentration and time interval were significant for immersing preservation process. Immersing wood blocks into bamboo vinegar, the least percentage of weight losses was 14.88 with the optimal condition at 6% concentration by volume for 50 min. At 100 psi of pressure level, the least percentage of weight losses was 11.48 with the optimal condition at 6% concentration by volume for 50 min.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาของโครงการ “การรักษาสภาพไม้มยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้” สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดีจากความร่วมมือของหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำชี้แนะและแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอแสดงความขอบคุณ ดร.จริยา สากยโรจน์ หน่วยปฏิบัติการวิจัยทรัพยากรชีวภาพ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์เพื่อจำแนกชนิดของรา

ทางคณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย นางสาวศรียรรณ ศรีใส และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาฯ ที่ช่วยทำให้งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จด้วยดี

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(9)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(14)
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	7
2.1 ไม้ยางพารา	7
2.2 ความทนทานตามธรรมชาติของไม้	11
2.3 ความเสียหายของไม้	12
2.4 การรักษาเนื้อไม้	14
2.5 การอาบน้ำยารักษาสภาพเนื้อไม้	15
2.6 สารป้องกันรักษาเนื้อไม้	18
2.7 การตรวจสอบการซึมซับของน้ำยาที่มีส่วนประกอบเป็นสารประกอบโบรอน	22
2.8 น้ำส้มควันไม้	22
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
	(9)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 วิธีดำเนินการทดลอง	41
3.6 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	45
3.7 สรุปผลการทดลอง	54
4. การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้	57
4.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	57
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	57
4.3 วัสดุ	59
4.4 อุปกรณ์	61
4.5 วิธีดำเนินการทดลอง	63
4.6 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	76
4.7 สรุปผลการทดลอง	89
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	91
5.1 สรุปผล	91
5.2 ข้อเสนอแนะ	91
บรรณานุกรม	92
ภาคผนวก	95
ก ตารางบันทึกน้ำหนักไม้ยางพารา เมื่อทดสอบกับเชื้อรา	96
ข ตารางบันทึกเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ หลังทดสอบกับเชื้อรา	103
ค ตารางบันทึกน้ำหนักไม้ยางพารา เมื่อผ่านการอบน้ำยา	110
ง ตารางบันทึก % BAE	115
จ ตารางบันทึกปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้	118
ฉ ตารางใบรายงานผลการวิเคราะห์	123
ช ตารางเปรียบเทียบแผนงาน วัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และ ผลที่ได้รับตลอดโครงการ	128

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติทางกลของไม้ยางพารา	9
3.1 สมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้	45
3.2 ปริมาณองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้	46
3.3 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้	48
3.4 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์	51
3.5 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์ ซึ่งมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์พบในน้ำส้มควันไม้ไฟ	52
3.6 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อราเมื่ออาบด้วยสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา	54
4.1 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารต่าง ๆ ในการยับยั้งเชื้อราไม้	65
4.2 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และ % BAE เมื่ออาบน้ำยาโดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน กับถังขนาด 350 ลิตร	69
4.3 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และ % BAE เมื่ออาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดันกับถัง ขนาด 3.5 ลิตร	69
4.4 ตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้	71
4.5 ตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยา โดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน	72
4.6 การหาค่าจำนวนทำซ้ำ (Replicate) โดยใช้โปรแกรม MINITAB Release 14	72
4.7 ตารางออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลของการอาบน้ำยา โดยไม่ใช้ความดัน	74
4.8 ตารางออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลของการอาบน้ำยา โดยใช้ความดัน	75
4.9 ตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน	76
4.10 ปริมาณน้ำส้มควันไม้ไฟที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ยางพารา โดยไม่ใช้ความดัน	77
4.11 ปริมาณน้ำส้มควันไม้ไฟที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ยางพารา โดยใช้ความดัน	77
4.12 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยไม่ใช้ความดัน	79
4.13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ANOVA ของกระบวนการอาบน้ำยา โดยไม่ใช้ความดัน	82
4.14 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยใช้ความดัน	83
4.15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ANOVA ของกระบวนการอาบน้ำยา โดยใช้ความดัน	85

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.16 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยสารประกอบโบรอน โดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน	87
ก-1 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยสารชนิดต่าง ๆ	96
ก-2 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	97
ก-3 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	99
ก-4 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	101
ก-5 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	102
ข-1 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยสารชนิดต่าง ๆ	103
ข-2 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	104
ข-3 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	106
ข-4 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	108
ข-5 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	109
ค-1 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 350 ลิตร	110
ค-2 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 350 ลิตร	111
ค-3 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	112
ค-4 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	113
ค-5 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร	114

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง-1 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	115
ง-2 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	116
ง-3 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	117
จ-1 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	118
จ-2 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	119
จ-3 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	120
จ-4 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบน้ำยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	121
จ-5 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบน้ำยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	122
ฉ-1 ปริมาณองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้	123
ฉ-2 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร	124
ฉ-3 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร	126

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่	หน้า
2.1 ไม้ยางพาราท่อนก่อนการแปรรูป	11
2.2 ถังอัดน้ำยาไม้	17
2.3 การนำไม้เข้าสู่ถังอัดน้ำยาไม้	18
2.4 ลักษณะของเตา (a) สำหรับเผาเศษวัสดุจากการเกษตร (b) แบบตั้ง	24
2.5 เตาเผาแบบออฟริกน (a) ด้านตั้ง และ (b) ด้านบน	24
2.6 เตาเผาแบบถังน้ำมัน 200 ลิตร	25
2.7 เตาเผา (a) แบบไทย (b) แบบบราซิลก่อนพัฒนา	26
2.8 กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มควันไม้	27
2.9 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร และการเกิดควันบ้ำ	29
3.1 ตัวอย่างเชื้อราไม้เจริญบน PDA media	37
3.2 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา <i>Trichoderma</i> sp.	37
3.3 โครงสร้างของเชื้อราไม้สำหรับการทดลอง ซึ่งเป็นภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (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 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	41
3.9 การหาค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์	42
3.10 ไม้ยางพาราสำหรับการทดลอง	43
3.11 ไม้ผ่านการแช่น้ำส้มควันไม้ชนิดต่างๆ ในถาดแก้วเพาะเลี้ยงเชื้อรา	44
3.12 สีของน้ำส้มควันไม้ (a) กระถิน (b) ยูคาลิปตัส และ (c) ไม้	45
3.13 องค์ประกอบที่วิเคราะห์ในน้ำส้มควันไม้	47
3.14 น้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (%) เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้	48
3.15 จำนวนวันที่ไม้สามารถป้องกันเชื้อรา เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้	49
3.16 ไม้ยางพาราเมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ (a) ไม้ (b) กระถิน (c) ยูคาลิปตัส และ (d) ไม้อบน้ำยา หลังทดสอบกับเชื้อราไม้ 1 สัปดาห์	49

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
3.17 ไม้อย่างพาราเมออบด้วยน้ำส้มคว้นไม้ (a) ไฟ (b) กระถิน (c) ยูคาลิปตัส และ (d) ไม้อาบน้ำยา หลังทดสอบกับเชื้อราไม้ 8 สัปดาห์	50
3.18 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) ของไม้ เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์	51
3.19 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) ของไม้ เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์ความเข้มข้นต่าง ๆ	52
3.20 จำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์ความเข้มข้นต่าง ๆ	52
3.21 ไม้อย่างพาราหลังอาบด้วย (a) กรดอะซิติก (b) อะซิโตน และ (c) ฟีนอล ความเข้มข้นใกล้เคียงกับในน้ำส้มคว้นไม้ไฟ หลังทดสอบกับเชื้อรา 1 สัปดาห์	53
3.22 ไม้อย่างพาราหลังอาบด้วย (a) กรดอะซิติก (b) อะซิโตน และ (c) ฟีนอล ความเข้มข้นใกล้เคียงกับในน้ำส้มคว้นไม้ไฟ หลังทดสอบกับเชื้อรา 8 สัปดาห์	53
3.23 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) ของไม้ เมื่ออาบด้วยสารประกอบโบรอนและสารต้านเชื้อรา แอมโฟเทอรีซินบี	54
3.24 จำนวนวันที่ไม้สามารถป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารประกอบโบรอน และสารต้านเชื้อรา แอมโฟเทอรีซินบี	54
3.25 ไม้อย่างพาราหลังอาบด้วย (a) สารประกอบโบรอน (b) สารต้านเชื้อราแอมโฟเทอรีซินบี หลังทดสอบกับเชื้อรา 1 สัปดาห์	55
3.26 ไม้อย่างพาราหลังอาบด้วย (a) สารประกอบโบรอน (b) สารต้านเชื้อราแอมโฟเทอรีซินบี หลังทดสอบกับเชื้อรา 8 สัปดาห์	55
4.1 Microtitration Plate	60
4.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ	61
4.3 ชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ขนาด 350 ลิตร	61
4.4 ตัวถังของชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ขนาด 3.5 ลิตร	62
4.5 ฝาถังของชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ขนาด 3.5 ลิตร	62
4.6 การหาค่า MIC ใน Sterile Microtitration Plate	64
4.7 ผลของค่า MIC ใน Sterile Microtitration Plate	65
4.8 ขั้นตอนการอาบน้ำยาไม้	68
4.9 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ โดยกระบวนการอาบน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ	70
4.10 % BAE ในเนื้อไม้ โดยกระบวนการอาบน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ	70

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำส้มควันไม้ในเนื้อไม้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	78
4.12 Residual Plots for Weight loss (%) ของกระบวนการอบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน	80
4.13 Normal Probability Plot of Weight Loss (%) ของกระบวนการอบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน	80
4.14 Test for Equal Variances for Weight Loss (%) ของกระบวนการอบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน	81
4.15 Residual Plots for Weight Loss (%) ของกระบวนการอบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน	84
4.16 Normal Probability Plot of Weight Loss (%) ของกระบวนการอบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน	84
4.17 Test for Equal Variances for Weight Loss (%) ของกระบวนการอบน้ำยา ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน	85
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%) กับชนิดของน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ โดยไม่ใช้ความดัน	88
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%) กับชนิดของน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ความดัน	88

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันไม้ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างยิ่ง หลังจากป่าไม้มีปริมาณลดน้อยลงและรัฐบาลมีพระราชบัญญัติปิดป่าสัมปทานทั่วประเทศ เมื่อ พ.ศ. 2532 (ฐานันดรศักดิ์ เทพญา, 2541) ทำให้ไม้ยางพาราเป็นที่นิยมมากขึ้น ไม้ยางพาราเหล่านี้ได้จากการโค่นต้นยางแก่ที่ให้น้ำยางลดลงเพื่อปลูกทดแทน ในอดีตยางพาราถูกโค่นทิ้งโดยเปล่าประโยชน์เพียงนำไปใช้ทำฟืนเผาถ่านหรือเผาทำลายทิ้งเท่านั้น แต่ในปัจจุบันยางพาราสามารถนำมาทำให้เกิดประโยชน์มากมาย เช่น การก่อสร้างที่ต้องการความสวยงามของไม้ ทำเฟอร์นิเจอร์ ลังใส่ของ และก้านไม้ขีดไฟ เป็นต้น อุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพาราซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นที่นิยมทั้งในและต่างประเทศ แต่จากสภาวะการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมไม้ยางพาราจึงต้องมีการปรับปรุงพัฒนาคุณภาพเพื่อให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าและมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น เฟอร์นิเจอร์ ของเล่น ไม้อัด เครื่องครัว กรอบรูป (Online Wood Market, 2006) แต่เนื่องจากไม้เป็นทรัพยากรที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ ถูกทำลายด้วยแมลงมอดและราได้ง่าย (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2527) รวมถึงไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีปริมาณแป้งและน้ำตาลสูง จึงกลายเป็นอาหารของพวกแมลงและเชื้อรา ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมไม้ยางพารา การป้องกันการผุพังจากการเข้าทำลายของแมลง เชื้อรา และศัตรูทำลายไม้อื่น ๆ มีการนำสารประเภทกำจัดเชื้อราและกำจัดแมลงเพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของไม้ โดยการนำน้ำยาเคมีซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ให้แทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้มากที่สุดและลงทนติดกับเนื้อไม้ด้วยกรรมวิธีการอบน้ำยาไม้ ซึ่งมีอยู่หลายวิธี เช่น การทา การพ่น การจุ่ม การแช่ สำหรับการอบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน แต่วิธีที่นิยม คือ การอัดด้วยแรงดัน วิธีนี้จะช่วยให้ยาเข้าไปในเนื้อไม้ได้ลึกและทั่วถึงภายในเวลาอันรวดเร็ว หากน้ำยาสามารถซึมเข้าไปถึงใจกลางไม้ได้จะเป็นการป้องกันที่ดีที่สุด (อำไพ เปี่ยมอรุณ และคณะ, 2547)

การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป มีกระบวนการต่าง ๆ ตั้งแต่การเลื่อยไม้ การอบน้ำยาไม้ การอบจนกระทั่งออกมาเป็นเฟอร์นิเจอร์ โดยการอบน้ำยาไม้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อป้องกันการทำลายของศัตรูทำลายไม้ ปัจจุบันโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราใช้กรรมวิธีในการอบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัดหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า การอัดน้ำยาไม้ ซึ่งเป็นการอบน้ำโดยใช้เครื่องมือพิเศษ เริ่มจากการเอาไม้ที่ผ่านการแปรรูปแล้วเข้าไปในท่อเหล็กที่มีฝาเปิดปิดได้มิดชิดและสามารถดันทานต่อกำลัง

อัด (Pressure) ได้สูง หลังจากนั้นสูบลมเอาอากาศออกแล้วจึงปล่อยน้ำยาเข้าไปในท่อเหล็กและใช้แรงดันอัดน้ำยาเข้าไป น้ำยาเคมีที่ใช้อัดเข้าเนื้อไม้มีหลายชนิด ข้อสำคัญของการอบน้ำยาไม้ คือ เลือกใช้ชนิดของน้ำยาให้เหมาะสมกับลักษณะและคุณภาพที่จะใช้งาน (ไม้อบทวีพรรณ, 2547) น้ำยาที่ใช้เป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ได้เป็นอย่างดีซึ่งมีการพัฒนาไปอย่างกว้างขวาง โดยเน้นการสร้างความเป็นพิษต่อศัตรูทำลายไม้ แต่สารเคมีที่ใช้มีผลกระทบต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรังต่อผู้ใช้หลังจากได้รับสารเคมีเป็นเวลานาน (ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านเคมี, 2547) ปัจจุบันได้มีการคำนึงถึงเรื่องพิษของสารเคมีและผลกระทบที่มีต่อสภาพแวดล้อมและมนุษย์ รวมถึงมีองค์กรเพื่อสิ่งแวดล้อมทั่วอเมริกา ได้รวมตัวกันห้ามใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (Wood Preservatives) 3 ชนิด ซึ่งเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในวงการอุตสาหกรรมไม้ คือ Chromated Copper Arsenate (CCA), Pentachlorophenol (PCP) และ Creosote ซึ่งกล่าวถึงอันตรายของสารเหล่านี้ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและร่างกายของมนุษย์ โดยกำหนดให้ห้ามใช้ทันทีหรือระงับใช้ชั่วคราว ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีโดยทั่วไปว่า CCA และ PCP เป็นสารที่มีอันตรายต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง เป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์ ทำลายตับ ไต ระบบประสาท (นิรันดร์ มาแทน, 2546) จากเหตุผลดังกล่าวทำให้เกิดการค้นคว้า น้ำยาที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ แต่ยังคงคุณสมบัติของการทำลายศัตรูของไม้จำพวกเชื้อราและแมลงสูง อีกทั้งสามารถคงทนในเนื้อไม้ได้ ฉะนั้นการหาสิ่งทดแทนสารเคมีเหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นและช่วยลดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีการวิจัยเพื่อหาสิ่งทดแทนสารเคมีรักษาเนื้อไม้กันอย่างแพร่หลาย เช่น สถาบันวิจัยด้านป่าไม้ของ ประเทศนิวซีแลนด์ได้มีการใช้โฟม (Foam) อัดเข้าไปในเนื้อไม้เพื่อป้องกันเชื้อราไม้และลดการสูญเสียค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีที่มีราคาแพงอีกด้วย (Anon, 1988) กองวิจัย กรมป่าไม้ ของ ประเทศไทย ศึกษาการใช้ขี้ผึ้งในการเคลือบผิวไม้เพื่อป้องกันเชื้อราทำลายไม้ และเปรียบเทียบกับ การใช้สารเคมี พบว่าไม้ที่เคลือบด้วยขี้ผึ้งสามารถป้องกันเชื้อราได้ ซึ่งได้ผลดีเท่าเทียมกับการใช้ สารเคมี สำหรับการศึกษาที่ยังอยู่ในขั้นพื้นฐานที่มีแนวโน้มว่าจะได้รับความสนใจในอนาคต (สุรชาติพย์ แสงกุล, 2532)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำสารที่ได้จากธรรมชาติ คือ น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) มาศึกษาค้นคว้าเพื่อเป็นสารรักษาสภาพเนื้อไม้ยาวพารา น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวซึ่งได้จากกระบวนการสลายตัวของไม้ด้วยความร้อนอย่างเดียวน้ำส้มควันไม้เกิดจากการดักเก็บควันขณะที่ทำการเผาถ่าน อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส น้ำส้มควันไม้มีสีเหลืองปนน้ำตาล มีกลิ่นควันไฟ มีค่าความเป็นกรดประมาณ 3 ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.02 แตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด เช่น กรดอะซิติก

กรดฟอร์มิก เมธานอล ฟอร์มัลดีไฮด์ อะซิโตน ฟีนอล (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2546) น้ำส้มควันไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การเกษตร ครั้วเรือน ปศุสัตว์และประเทศญี่ปุ่นได้นำน้ำส้มควันไม้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ สารดับกลิ่นตัว สารปรับผิวนุ่ม สารป้องกันเนื้อไม้จากรา แมลง และยารักษาโรคผิวหนัง เป็นต้น รวมถึงงานวิจัยที่มีการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการทนเชื้อราและปลวก ผลปรากฏว่าเมื่อนำไม้มาอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้แล้วทำให้ไม้สามารถเพิ่มการทนทานต่อเชื้อราได้ (Kartal, *et al.*, 2004) และมีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสารที่มีความปลอดภัย โดยไม่ต้องใช้ครีโอสตมาอาบน้ำยาไม้ สารนั้นคือน้ำส้มควันไม้ ซึ่งเป็นอันตรายต่อศัตรูไม้ทำให้สามารถใช้ในการรักษาสภาพเนื้อไม้ได้ (Yumiko, 2005) น้ำส้มควันไม้เป็นสารที่ได้จากการดักเก็บควันจากระบวนการเผาถ่านไม้ มีการนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ได้แก่ มาทำเป็นปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ใช้แทนสารระงับกลิ่นและสารปรุงแต่งสำหรับเครื่องดื่ม ยา และอาหาร (Qiuxing, 2000)

จะเห็นได้ว่า น้ำส้มควันไม้มีองค์ประกอบและการนำไปใช้ประโยชน์ได้ในหลาย ๆ ด้าน ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มในการป้องกันศัตรูทำลายเนื้อไม้และน้ำส้มควันไม้เป็นสารที่กลั่นได้จากธรรมชาติ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (C.P. Group, 2005) ลดความเสี่ยงสารตกค้าง (โสภณ ลิลาธนานิพัฒน์, 2546) ดังนั้นหากสามารถนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ในการรักษาสภาพเนื้อไม้แบบพารา จะส่งผลต่อวงการอุตสาหกรรมแปรรูปไม้แบบพาราทั้งในด้านการรักษาสภาพแวดล้อม ลดการใช้สารเคมีและสนับสนุนการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไม้เป็นทรัพยากรที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มความทนทานให้แก่เนื้อไม้เพื่อให้ไม้สามารถป้องกันการผุพังจากการเข้าทำลายจากแมลงและศัตรูทำลายไม้อื่น ๆ โดยใช้สารเคมีรักษาเนื้อไม้ ซึ่งปัจจุบันมีสารเคมีมากมายที่สามารถใช้ป้องกันรักษาเนื้อไม้ได้ มีการศึกษาค้นคว้าดังต่อไปนี้

ธีระ วิณิน และคณะ (2528) ทดสอบสารเคมีเบื้องต้น ในการป้องกันเชื้อราทำลายไม้แบบพาราภายหลังการตัดฟันในห้องปฏิบัติการ สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบมี 6 ชนิด คือ Unicid 20, Improlit 8, Formulation 7, Celbrite MT, Celbrite T และ SPCP ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ผลปรากฏว่า SPCP ความเข้มข้น 1.5-3.0 % ให้ผลดีที่สุดคือสามารถป้องกัน Mold ไม่ให้ขึ้นได้ 90 % และป้องกัน Blue Stain Fungi ได้ 82-88 %

จารุณี วงศ์ข้าหลวง และไพวรรณ เล็กอุทัย (2523) ศึกษาการใช้สารเคมีในการป้องกันมอดทำลายไม้ โดยใช้สารสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ 5 ชนิด คือ EF 5835, EF 5898, Ripcord, Cislin และ

Perigen ผสมกับ Farmay ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ผลการทดลองปรากฏว่า EF 5835 ความเข้มข้น 0.05 % ผสมกับ Farmay ความเข้มข้น 2.5 % ใช้ป้องกันมอดได้ดีที่สุด

สุรางค์ ตั้งสมบุญผล (2527) ศึกษาการใช้สารเคมีบางชนิดเพื่อป้องกันไม้อย่างพาราเลกซี หลังตัดฟัน โดยใช้สารเคมีฉีดพ่นหัวท้ายของไม้อย่างพาราหลังตัดฟัน ผลปรากฏว่าสารเคมี Trimanzone ป้องกันเชื้อราเข้าทำลายไม้ได้นานถึง 30 วัน รองลงมาเป็น Saprol และ Zincofol สามารถป้องกันได้นาน 15 วัน เมื่อครบ 45 วัน เชื้อราสามารถเข้าทำลายได้ในไม้ที่ฉีดพ่นสารเคมีทั้งหมดได้

การรักษาสภาพเนื้อไม้นิยมใช้น้ำยาที่เป็นสารเคมี เพื่อป้องกันการเข้าทำลายจากแมลง เชื้อรา และศัตรูทำลายไม้อื่น ๆ สารเคมีชนิดต่าง ๆ มีความเป็นพิษทั้งผู้ใช้และสภาพแวดล้อม ฉะนั้น การหาสิ่งทดแทนสารเคมีเหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็น อีกทั้งช่วยลดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม และช่วยลด การสูญเสียทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสารเคมีส่วนใหญ่ราคาแพง Anon (1988) ศึกษาการหาสิ่ง ทดแทน จึงจำเป็นต้องอาศัยจากการเลียนแบบของธรรมชาติ คือ การสร้าง Wax ขึ้นปกคลุมผิวพืช ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นกลไกการป้องกันการทำลายจากศัตรูธรรมชาติ เนื่องจากมีรายงานว่า ไม่มีเอนไซม์ ที่เชื้อราสามารถผลิตออกมาย่อยชีวะได้ ฉะนั้นการเลียนแบบจากธรรมชาติโดยการใช้ Wax เคลือบ ผิวไม้ในการป้องกันเชื้อราทำลายไม้ และสุชาติพย์ แสงกุล (2532) ศึกษาการใช้ไขพาราฟินในการ เคลือบผิวไม้เพื่อป้องกันเชื้อราทำลายไม้ ซึ่งได้ผลดีเท่าเทียมกับสารเคมีบางชนิด

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้อย่างพารา ในการแปรรูปมีกระบวนการต่าง ๆ ตั้งแต่การเลือก การอบน้ำยา การอบ จนกระทั่งเป็นเฟอร์นิเจอร์ การอบน้ำยาไม้อย่างพาราเป็นการป้องกัน เบื้องต้นจากการเข้าทำลายของเชื้อราและมอด มักทำหลังจากการเลือกแปรรูปหรือก่อนการอบ โรงงานแปรรูปต้องใช้สารเคมีในขั้นตอนการอบน้ำยาเพื่อทำการรักษาสภาพเนื้อไม้ด้วยการใช้ แรงดัน (Pressure Processes) เพราะต้องการเอาอากาศในเนื้อไม้ออกมาแล้วจึงปล่อยน้ำยาเข้าไป ด้วยการใส่แรงดันช่วยเพื่อต้องการให้น้ำยาสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ให้ลึกที่สุดจะทำให้ไม้ สามารถป้องกันศัตรูทำลายไม้ได้ดีที่สุด

มีการค้นคว้าสารจากธรรมชาติและสามารถป้องกันรักษาเนื้อไม้ได้ โดยไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ ต่อสภาพแวดล้อมและไม่เป็นอันตรายกับมนุษย์ ดังนั้นจึงนำน้ำส้มควันไม้ซึ่งเป็นสารที่ได้จาก ธรรมชาติมาศึกษาเกี่ยวกับการรักษาสภาพเนื้อไม้

น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) หรือชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Pyroligneous Acid เป็นของเหลว ซึ่งได้จากกระบวนการสลายตัวของไม้ด้วยความร้อนอย่างเดียวยุทธหมายถึงการเผาไหม้ไม้พินในสภาพ อับอากาศหรือการไพโรไลซิสของไม้ (Wood Pyrolysis) ของเหลวดังกล่าวมีสีเหลืองใสปนน้ำตาล ซึ่งเกิดจากการดักเก็บควันขณะที่ทำการเผาด่าน อุณหภูมิปกติประมาณ 80-150 องศาเซลเซียส

หรือสังเกตได้จากวันที่ปากปล่องจะมีสีขาวขุ่น กลิ่นฉุนหรือใช้กระเบื้องแผ่นเรียบสีขาวอังบนปากปล่องทิ้งไว้สักครู่ แล้วนำแผ่นกระเบื้องมาสังเกตดูหยดน้ำที่เกาะบนกระเบื้องจะมีลักษณะใส มีสีเหลืองปนน้ำตาล อุณหภูมิภายในเตาอยู่ระหว่าง 300–400 องศาเซลเซียส สารประกอบต่าง ๆ ในไม้พินจะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารประกอบใหม่มากมาย แต่ถ้าเก็บควันในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 300 องศาเซลเซียส แม้ว่าเฮมิเซลลูโลส (ส่วนประกอบของไม้ซึ่งเกิดจากไกลโคไซด์หลายชนิดประมาณ 20-30%) จะสลายตัวและเซลลูโลส (ส่วนประกอบของไม้ซึ่งเกิดจากกลูโคสประมาณ 50%) กำลังเริ่มสลายตัวแต่ก็มีสารประกอบที่มีประโยชน์น้อยมาก ไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และถ้าเก็บควันในช่วงอุณหภูมิเกิน 425 องศาเซลเซียส น้ำมันดินจะสลายตัวเป็นสารก่อมะเร็ง

น้ำส้มควันไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น การเกษตร ปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และครัวเรือน จากการค้นคว้างานวิจัย มีดังต่อไปนี้

Tadakatsu, *et al.* (2004) ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติมาใช้กำจัดกลิ่นและไล่แมลง สัตว์ปีก โดยใช้น้ำส้มควันไม้ในเซลล์บรรจุใส่ถุงให้ค่อย ๆ ปล่อยสารออกมา สามารถใช้ได้นานและใช้ได้ในพื้นที่ที่กว้างขวาง

Yumiko (2005) ศึกษาสารสำหรับอาบน้ำไม้ ซึ่งมีความปลอดภัย โดยไม่ต้องใช้ครีโอสตที่มีส่วนประกอบเป็นสารคาร์ซิโนเจนิก สารนี้จะมีผลดีในการรักษาสภาพเนื้อไม้และเป็นอันตรายต่อศัตรูไม้ หลังจากไม้อาบน้ำด้วยน้ำส้มควันไม้แล้วสามารถนำมาใช้ได้เป็นอย่างดี ยกตัวอย่างเช่นเป็นไม้ตกแต่งหรือไม้สำหรับทำกระถางต้นไม้

Kadota, *et al.* (2004) ศึกษาการนำน้ำส้มควันไม้โดยใช้ร่วมกับถ่านไม้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของรากอีกด้วย

Qiuxing (2000) ศึกษากระบวนการสกัดและการนำไปใช้ของน้ำส้มควันไม้ ซึ่งน้ำส้มควันไม้เตรียมจากการดักเก็บควันจากกระบวนการเผาถ่านไม้ มาทำเป็นปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ใช้แทนสารระงับกลิ่น และสารปรุงแต่งสำหรับเครื่องดื่ม ยา และอาหาร

จากการค้นคว้างานวิจัยต่าง ๆ น้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มในการรักษาสภาพเนื้อไม้ได้และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การศึกษาสมบัติเบื้องต้นของน้ำส้มควันไม้ และส่วนที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอาบน้ำด้วยน้ำส้มควันไม้

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอัดน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ที่มีผลต่อการรักษาสภาพไม้ยางพารา

1.3.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการรักษาสภาพไม้ยางพาราเพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 สามารถนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการใช้เป็นสารรักษาเนื้อไม้ ของกระบวนการอบน้ำยาเพื่อป้องกันเชื้อราและแมลงในอุตสาหกรรมไม้ยางพาราได้

1.4.2 สามารถใช้น้ำส้มควันไม้ซึ่งเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติแทนสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการอบน้ำยาซึ่งอาจเกิดการตกค้างของสารพิษต่าง ๆ ก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายและสภาพแวดล้อมได้

1.4.3 ทราบอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ที่มีผลต่อการรักษา สภาพไม้ยางพารา

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 สร้างชุดเครื่องมืออุปกรณ์ในกระบวนการอบน้ำยาไม้ในระดับห้องปฏิบัติการ

1.5.2 ใช้น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากแหล่งผลิตจากแถบจังหวัดนครราชสีมาซึ่งเป็นแหล่งผลิตน้ำส้ม ควันไม้ในประเทศ

1.5.3 ใช้น้ำยางพาราเป็นวัสดุในการทดสอบ

1.5.4 ตัวแปรหลักที่เลือกศึกษา คือ

- ชนิดของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ไผ่ ไม้ยูคาลิปตัส และไม้กระถิน
- ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ คือ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร
- ความดันที่ใช้ในการอบน้ำยา คือ ไม่ใช้ความดันและใช้ความดันที่ 100 ปอนด์ต่อ ตารางนิ้ว
- ระยะเวลาในการอบน้ำยา คือ 30, 40 และ 50 นาที

1.5.5 ทดสอบการรักษาสภาพไม้ยางพาราหลังผ่านกระบวนการอบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ที่มี ต่อเชื้อรา

1.5.6 เปรียบเทียบผลความเป็นไปได้เบื้องต้นในการรักษาสภาพไม้ยางพารา

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ไม้ยางพาราเป็นไม้เศรษฐกิจของอุตสาหกรรมไม้แปรรูปและการรักษาสภาพเนื้อไม้มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมนี้ด้วย งานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการรักษาสภาพของไม้ยางพาราโดยใช้สารที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ไม้ยางพารา

ไม้ยางพารา (Rubberwood) เป็นไม้ยืนต้น ใบเลี้ยงคู่ จัดอยู่ใน Genus *Hevea* และ Family Euphorbiaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. ยางพาราจัดเป็นไม้โตเร็วต่างถิ่น มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบลุ่มแม่น้ำอเมซอน ประเทศบราซิล ต่อมาได้มีการขยายการปลูกไปยังทวีปเอเชียโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งได้กลายมาเป็นแหล่งยางพาราที่สำคัญของโลก เนื่องจากมีภูมิอากาศที่เหมาะสม ทำให้เจริญเติบโตได้ดีและมีปัญหาในการเพาะปลูกน้อย วัตถุประสงค์หลักของการปลูกยางพาราก็เพื่อกรีดยางไปทำยางแผ่นเพื่อจำหน่าย แต่เมื่อยางพารามีอายุมากขึ้นทำให้ปริมาณการให้น้ำยางลดน้อยลง จำเป็นต้องทำการตัดโค่นและเผาทิ้งเพื่อการปลูกใหม่ ปัจจุบันไม้จากป่ามีปริมาณลดน้อยลงและมีพระราชบัญญัติปิดป่าสัมปทานทั่วประเทศ เมื่อ พ.ศ. 2532 ทำให้ยางพาราได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะการนำไปแปรรูปเพื่อทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในการส่งออก เนื่องจากไม้ยางพารามีราคาถูก มีจำนวนมาก เนื้อไม้มีสีขาวสวย ทำให้ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างยิ่ง (ฐานันดรศักดิ์ เทพญา, 2541) โดยมีลักษณะและสมบัติต่าง ๆ รวมถึงการนำไปใช้ประโยชน์ ดังต่อไปนี้

2.1.1 ลักษณะโครงสร้างของไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีลักษณะลำต้นกลมมีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูงปานกลาง เปลือกสีเทาดำ ไม้พวงปี (Growth Ring) แต่จะพบแถบของพาราไคมา (Parenchyma Bands) ซึ่งมีลักษณะคล้ายวงปี เวสเซลหรือพอร์ (Vessels or Pores) มีขนาดปานกลางถึงใหญ่ ส่วนใหญ่จะพบพอร์แผด มีทั้งแผด 2-4 เซลล์ อยู่รวมกันเป็นกลุ่มเปอร์โฟเรชันเป็นแบบรูเดียว

พาราไคมาเป็นแบบไม่ติดกับพอร์ โดยจะเรียงตัวเป็นแถวเซลล์เดี่ยว หรือสองเซลล์ ติดต่อกันไปอย่างชัดเจน เซลล์รัศมี (Rays) เป็นเซลล์แถวเดียวมีขนาดเล็กมาก สูงน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร มีสีอ่อนกว่าเนื้อไม้ เซลล์ที่เป็นองค์ประกอบจะเป็นเซลล์ตั้งทั้งหมด (Upright Cells) ไฟเบอร์มีความยาว 1.10-1.78 มิลลิเมตร กว้าง 26-30 ไมครอน (พรรณนิภา มลานิตย์, 2546)

2.1.2 สมบัติของไม้ยางพารา

2.1.2.1 สมบัติทางเคมี

ไม้ยางพาราประกอบด้วยสารแทรก (Extractives) 13.28% เซลลูโลส (Cellulose) 50.63% เพนโตซาน (Pentosan) 17.17% ลิกนิน (Lignin) 18.06% และเถ้า (Ash) 0.86% โดยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง สารแทรกแม้เป็นองค์ประกอบเพียงส่วนน้อยแต่จะมีบทบาทสำคัญ คือ การมีปริมาณสารแทรกชนิดต่าง ๆ อยู่มากน้อยไม่เท่ากันจะทำให้ไม้มีสีกลิ่นหรือมีสีแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังทำให้มีความทนทานต่อการทำลายของแมลงและเห็ดราแตกต่างกัน การมีปริมาณสารแทรกอยู่มากนั้นมีส่วนสำคัญที่ทำให้ไม่มีการคงรูปดีขึ้น การหีดตัวเมื่อแห้งจะน้อยกว่าปกติ และหลังจากแห้งแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือรูปร่างน้อย แม้ว่าจะถูกนำไปใช้งานในสภาวะอากาศที่มีความรุนแรง (ฐานันดรศักดิ์ เทพญา, 2541)

2.1.2.2 สมบัติทางกายภาพ

ไม้ยางพารามีลักษณะของเนื้อไม้ที่มีสีขาวอมเหลืองเมื่อสดและมีสีขาวจางเมื่อแห้ง เนื้อหยาบปานกลาง เส้นตรงบางครั้ง อาจพบว่าเป็นเส้นสนบ้าง ไม้ยางพาราเป็นที่รู้จักและนิยมใช้แพร่หลายทั่วโลกในชื่อของไม้สักขาว (White Teak) (วิจิต สุวรรณปรีชา, 2547) ไม้ยางพารามีลวดลายที่สวยงาม เกิดจากอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันระหว่างฤดูต่าง ๆ หน้าไม้แปรรูปที่เลื้อยตัดกับเส้นรัศมีจะมีลวดลายปรากฏเห็นชัดกว่าหน้าไม้ที่เลื้อยขนานกับเส้นรัศมี (ฐานันดรศักดิ์ เทพญา, 2541) มีน้ำหนักเบาถึงปานกลาง มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.70 ที่ความชื้นไม้ 12% ส่วนที่เป็นกระพี้และแก่นไม้แตกต่างกัน เนื้อไม้ค่อนข้างละเอียด เส้นสนเล็กน้อยมาก (สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, 2547)

2.1.2.3 สมบัติทางกล

ไม้ยางพาราอยู่ในกลุ่มของไม้ที่มีน้ำหนักปานกลางเทียบเท่าได้กับไม้สัก ซึ่งมีความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ 0.64 ก./ซม³ (ฐานันดรศักดิ์ เทพญา, 2541) และไม้ยางพาราไม่จัดเป็นไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานของกรมป่าไม้และสำนักงานมาตรฐาน กระทรวงอุตสาหกรรม (Online Wood Market, 2006) จากตารางที่ 2.1 แม้ว่าไม้ยางพารากับไม้สักจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันคือ มีน้ำหนักและความแข็งแรงปานกลาง ไม้ยางพารามีความแข็งแรงในการรับแรงดัดและแรงบีบน้อยกว่าไม้สักเล็กน้อย แต่ไม้ยางพารามีความแข็งแรงมากกว่าไม้สักเล็กน้อย ดังนั้นไม้ยางพาราจึงมีความเหมาะสมในการทำเครื่องเรือนเช่นเดียวกับไม้สัก

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกลของไม้ยางพารา

Properties ^a	Moisture Content ^b (%)	Specific Gravity ^c	Static Bending ^d (kg/cm ²)	Compression ^e (kg/cm ²)	Shear ^f (kg/cm ²)	Hardness ^g (kg/cm ²)
ไม้ยางพารา	12	0.70	973	478	162	538
ไม้สัก	12	0.64	1,023	505	139	497

ที่มา: ฐานันดรศักดิ์ เทพญา, 2541

^a คุณสมบัติ ^b ความชื้น ^c ความหนาแน่น ^d ความแข็งแรงในการรับแรงดัด ^e ความแข็งแรงในการรับแรงบีบ^f ความแข็งแรงในการรับแรงเฉือน ^g ความแข็ง

2.1.3 การใช้ประโยชน์จากไม้ยางพาราในปัจจุบัน

เนื้อที่ป่าไม้ของประเทศลดลงอย่างรวดเร็วจากอดีตถึงปัจจุบัน เนื้อที่ป่าเหล่านี้ได้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ รวมทั้งบางส่วนเป็นสวนยางจัดเป็นพืชเกษตรที่ถาวรไม่ต้องย้ายที่บ่อย ๆ เหมือนการทำไร่เลื่อนลอยหรือการปลูกพืชไร่ เช่น ในภาคเหนือของประเทศเป็นอีกสาเหตุสำคัญของการบุกรุกทำลายป่าไม้ของประเทศ ปัจจุบันการผลิตไม้ยางพาราจากการโค่นสวนยางเก่าเพื่อเปลี่ยนเป็นยางพันธุ์ดี ประมาณปีละ 230,000 ไร่ เนื้อไม้จากต้นยางที่ถูกตัดโค่นนำมาใช้ประโยชน์ได้ประมาณไร่ละ 22 ลูกบาศก์เมตร เมื่อคิดรวมเป็นเนื้อไม้ยางพาราที่ตัดโค่นเพื่อเปลี่ยนใหม่มีปริมาณไม้ถึง 5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, 2547) ผลการศึกษาทราบว่าสามารถนำไม้ยางพารามาใช้ได้ ประมาณ 70-75 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณไม้ท่อนที่ผลิตได้ต่อไร่ ไม้ยางพาราส่วนใหญ่นำมาผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ไม้อื่น ๆ เพื่อการส่งออก ปัจจุบันทำรายได้จากการส่งออกผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราปีละไม่ต่ำกว่าหมื่นล้านบาท เนื่องจากอุตสาหกรรมไม้ยางพาราขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้เป็นที่นิยมของตลาดผลิตภัณฑ์ไม้ทั้งในและต่างประเทศ แยกออกได้ดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา ได้แก่ เครื่องเรือนไม้ ของเล่น แผ่นชิ้นไม้อัด (Particle Board) ไม้อัด แผ่นใยไม้อัดแข็งความหนาแน่นปานกลาง (MDF) พื้นไม้ปาร์เกต์ กรอบรูป เครื่องครัว
2. ไม้เสาเข็มงานก่อสร้าง
3. ล้อไม้สำหรับม้วนสายไฟฟ้าขนาดใหญ่
4. เชื้อเพลิงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ฟืนถ่าน
5. ทำลังใส่ปลา

การทำสวนยางในประเทศไทยมีจุดประสงค์เพื่อกรีดยางเป็นหลัก แต่ผลพลอยได้ คือ ไม้ยางพารา ในอดีตต้นยางที่ถูกตัดโค่นส่วนใหญ่จะถูกเผาทิ้งบางส่วนนำไปทำฟืนและสร้างความยุ่งยากให้แก่ชาวสวนเป็นอันมากประกอบกับไม้ยางพารามีความทนทานตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำ แมลงและเห็ดราสามารถเข้าทำลายเนื้อไม้ได้ง่ายและรวดเร็ว ดังนั้นเมื่อตัดฟันต้นยางแล้วต้องนำไปใช้ประโยชน์ทันที จากขีดจำกัดของการนำไม้ยางพารามาใช้ประโยชน์ดังที่กล่าวมาแล้วจึงไม่มีผู้สนใจนำไม้ยางพาราไปใช้ทำให้เกิดความสูญเปล่าทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ต่อมาเมื่อทรัพยากรป่าไม้ขาดแคลน ไม้คุณภาพดีที่เคยหาได้ง่ายและราคาถูกเริ่มหายากและมีราคาแพง ดังนั้นจึงได้พยายามหาวิธีที่จะนำไม้ยางพารามาใช้ประโยชน์จนประสบความสำเร็จ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพารามีหลากหลาย ส่วนใหญ่มักพบในอุตสาหกรรมประเภทเครื่องเรือนและส่วนประกอบเครื่องเรือน ผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบ ถ่าน และอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ซึ่งสามารถจำแนกผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพารา ได้ดังนี้

1. เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา
2. ผลิตภัณฑ์ไม้
 - เครื่องใช้ที่จากด้วยไม้
 - กรอบรูปไม้
 - รูปแกะสลัก และเครื่องประดับทำด้วยไม้
 - วัสดุก่อสร้างทำด้วยไม้ แบ่งเป็น ไม้ปาร์เกต์ ไม้พื้น (Flooring) และ ไม้เสา เช่น ไม้นั่งร้าน และไม้ค้ำยันสำหรับงานก่อสร้าง
3. ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้แผ่น
 - ไม้แปรรูปเป็นแผ่นหนาเกิน 6 มม.
 - แผ่นไม้วีเนียร์
 - ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้แผ่นอื่น ๆ
4. ของเล่นไม้ประเภทประติมากรรม (Education Toys)
5. เชื้อเพลิง
6. เยื่อกระดาษ ปัจจุบันได้ทดลองผลิตแต่ไม่มากนัก เนื่องจากไม้ยางพารามีน้ำยาง ทำให้กระดาษเกิดจุดต่าง ๆ (สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, 2547)

ไม้ยางพาราหลังการตัดฟันเป็นท่อนขนาดยาว 1.00-1.30 เมตร จะถูกนำไปยังโรงงานแปรรูปและโรงงานอุตสาหกรรมไม้ต่าง ๆ แสดงดังภาพประกอบที่ 2.1 ซึ่งต้องทำอย่างรวดเร็วที่สุด อาจเพียง 1 วันและไม่เกิน 3 วัน เพื่อลดการถูกทำลายจากเชื้อราและแมลง จากนั้นเข้าสู่กระบวนการแปรรูป ตั้งแต่การเลื่อย การอบน้ำยา การอบ จนกระทั่งออกมาเป็นเฟอร์นิเจอร์ การ

อาบนํ้ายาไม้เป็นการป้องกันเบื้องต้นและมักทำหลังจากการเลื่อยแปรรูปหรือก่อนการอบ เพื่อจะ มุ่งเน้นให้นํ้ายาสามารถป้องกันเชื้อราที่เข้าไปเจริญเติบโตในเนื้อไม้ได้ (ไม้อบทวีพรรณ, 2547)



ภาพประกอบที่ 2.1 ไม้ยางพาราท่อนก่อนการแปรรูป
ที่มา: ไม้อบทวีพรรณ, 2547

2.2 ความทนทานตามธรรมชาติของไม้

ไม้แต่ละชนิดมีความทนทานตามธรรมชาติต่อการเสื่อมสภาพของเนื้อไม้แตกต่างกัน อันเนื่องมาจากศัตรูทำลายไม้หรือจากสภาพอากาศ ดิน น้ำ แสงแดด ดังนั้นจึงมีการทดลอง (อำไพ เปี่ยมอรุณ และคณะ, 2547) เพื่อหาอายุความทนทานของไม้ต่อศัตรูทำลายไม้พวก เชื้อรา แมลง ตามสภาพธรรมชาติ โดยการนำไม้ทดลองซึ่งเป็นไม้ไม้ได้อาบน้ำยา ขนาด $5 \times 5 \times 50$ เซนติเมตร นำไปปักทดลองในแปลงทดลองกลางแจ้ง ทั่วทุกภาคของประเทศไทย และจะทำการตรวจผลการทดลองปีละ 2 ครั้ง หรือทุก ๆ ระยะ 6 เดือน

จากผลการทดลองได้จัดหมู่อายุความทนทานตามธรรมชาติของไม้ออกเป็น 4 หมู่ คือ

- หมู่ที่ 1 สุกง่าย (Perishable) มีความทนทานน้อยกว่า 2 ปี เช่น ยางพารา สมพง มะกอก
- หมู่ที่ 2 ไม้ทนทาน (Non-Durable) มีความทนทาน 2-6 ปี เช่น ยาง กะบก กะบาก เลี่ยน ยวน สนสองใบ สนสามใบ

- หมู่ที่ 3 ทนทานปานกลาง (Moderately Durable) มีความทนทาน 6-10 ปี เช่น ขานาง ไช้ เจียว ตะแบก ทองบึ้ง
- หมู่ที่ 4 ทนทาน (Durable) มีความทนทานมากกว่า 10 ปี เช่น เขลียง ขะเจาะ เคี่ยม คะนอง ชัน เต็ง รัง สัก ประดู่

ไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติ ต่ำกว่า 6 ปี ก่อนนำไปใช้งานหรือใช้ประโยชน์ ควรต้องผ่านการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้เสียก่อน

2.3 ความเสียหายของไม้

ไม้มีคุณสมบัติที่เด่น ๆ หลายอย่าง เช่น มีความหยุ่นตัวดี มีความอบอุ่นนุ่มนวลเมื่อสัมผัสด้วยกาย สายตา และจิตใจ มีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูงกว่าวัสดุอื่น มีสมบัติในทางเป็นฉนวนความร้อนและไฟฟ้า และมีความสามารถรับแรงกระแทกได้ดี แต่ไม้ก็ยังมีข้อเสียที่ไม้สามารถเสื่อมสภาพได้ การเสื่อมสภาพของเนื้อไม้ (Wood Deterioration) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์และเคมีที่เกิดขึ้นภายในไม้ ทำให้ไม้มีสภาพผิดไปจากเดิม (Online Wood Market, 2006) เช่น เปลี่ยนสี ฟู หรือมีรอยด่าง อันเนื่องมาจากศัตรูทำลายไม้ เช่น เชื้อรา แมลง และเฟรียง หรือเกิดจากสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น สภาพภูมิอากาศ ดิน น้ำ ลม ไฟ แสงแดด อุณหภูมิ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 ศัตรูทำลายไม้จากสิ่งไม่มีชีวิต เกิดจากปัจจัยดังต่อไปนี้

2.3.1.1 อากาศ ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้มักเสื่อมเสียเนื่องจากเห็ดและรา ซึ่งเป็นพวกต้องการอากาศ (Aerobes) การฝังไม้ลงในดินและกลบแน่นตลอดจนการแช่ไม้ในสระสามารถยับยั้งการเจริญของเห็ดและราได้เพราะขาดออกซิเจน

2.3.1.2 ความชื้น พบว่าเห็ดราที่ทำให้ไม้ผุพังได้นั้นต้องการความชื้นของไม้อยู่ในช่วง 25-30 เปอร์เซ็นต์ ถ้าไม้มีความชื้นต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ เห็ดและราจะหยุดการเจริญได้ ดังนั้นไม้ที่เก็บในที่แห้ง เช่น เฟอร์นิเจอร์สามารถทนทานอยู่ได้นานโดยไม่ผุพังเพราะเห็ดหรือรา ไม่ว่าไม้นั้นจะทำมาจากกระพี้หรือแก่นหรือจากไม้ชนิดใด ๆ ก็ตาม

2.3.1.3 สารอาหารในเนื้อไม้มีส่วนสำคัญต่อการผุพังของไม้ เนื่องจากกระพี้ไม้ (Sapwood) จะมีส่วนของน้ำตาลและแป้งประกอบอยู่มาก จึงทำให้ส่วนนี้ของไม้เกิดการผุพังจากเห็ดและราเร็วกว่าแก่นไม้ (Heart Wood) นอกจากนี้ไม้ที่เจริญในเขตอบอุ่น จะมีองค์ประกอบแตกต่างไปจากไม้ที่เจริญในเขตร้อนเล็กน้อย ไม้ในเขตร้อนจะมีปริมาณลิกนินสูงกว่าจึงเกิดการผุพังจากเชื้อราได้ง่ายกว่าไม้ที่เจริญในเขตอบอุ่น

2.3.2 ศัตรูที่เข้าทำลายเนื้อไม้จากสิ่งมีชีวิต มีหลายจำพวก แยกออกเป็นพวกใหญ่ ๆ ดังนี้

2.3.2.1 เชื้อรา เป็นศัตรูสำคัญที่ทำให้ไม้ผุ เสื่อมสภาพ และเกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ เชื้อราที่สำคัญจึงแบ่งออกได้ดังนี้

ก. เชื้อราทำลายไม้ เป็นเชื้อราที่เมื่อเข้าทำลายเนื้อไม้แล้วจะทำให้ไม้ผุ ยุ่ย แบ่งตามลักษณะที่ปรากฏบนไม้ภายหลังถูกทำลาย ได้ดังนี้

- ราผุสีน้ำตาล (Brown Rot) เข้าทำลายไม้แล้วเนื้อไม้จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื้อไม้ยุบตัวลง และหักง่ายในทางขวางเส้น
- ราผุสีขาว (White Rot) เข้าทำลายไม้แล้ว เนื้อไม้จะมีสีซีดลง เนื้อไม้จะยุ่ยเป็นเส้นใย
- ราผุอ่อน (Soft Rot) พบเกิดกับไม้ที่อยู่ในที่ชื้นมาก ๆ หรือเปียกน้ำ ติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ เชื้อราจะทำลายรุนแรงบริเวณผิวนอกของไม้ มีการแตกขวางเส้นคล้ายราสีน้ำตาลแต่จะมีขนาดเล็กกว่า

ข. เชื้อราที่ทำให้ไม้เสียสี (Stain) เชื้อราประเภทนี้จะเกิดบนผิวไม้ แต่ทำให้ไม้เสียสีไม่สวยงาม เช่น ทำให้เป็นสีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง หรือสีดำ เป็นบริเวณกว้างหรือเป็นจุดกระจาย

ค. เชื้อราผิวไม้ (Mold) เชื้อราประเภทนี้จะเกิดบนผิวไม้เท่านั้น สามารถบดหรือขัดออกได้มักเกิดกับไม้ที่ไม่ได้ผึ่ง หรือไม้ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เปียก หรืออับชื้น ทำให้ไม้เสียสีเฉพาะผิวนอก เชื้อราจำพวกนี้หลายชนิดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคของระบบหายใจ

2.3.2.2 แมลง แมลงที่สำคัญที่เข้าทำลายไม้ทั้งในขณะยืนต้น หลังการตัดฟัน ขณะเก็บรอกนำไปใช้ประโยชน์และระหว่างการใช้งาน มีดังนี้

ก. มอด มีหลายชนิดด้วยกันและมีขนาดต่าง ๆ กัน แยกตามลักษณะ ที่เข้าทำลายเนื้อไม้เป็น

- มอดรูเข็ม (Pin Holes) เป็นมอดที่เข้าทำลายไม้ที่ตัดฟันใหม่ ๆ จะเข้าทำลายเป็นรูเล็ก ๆ เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1.5 มม. ภายในรูเรียบเกลี้ยง บางทีผนังภายในจะมีสีดำหรือสีน้ำเงินเข้ม

- มอดขี้ขุย (Powder Post Beetles) เป็นมอดที่สำคัญที่เข้าทำลายกระพี้ไม้ทั้งไม้เปียกหรือไม้แห้งจะเข้าทำลายไม้จนเหลือแต่ผงคล้ายแป้ง รุมอดจะมีขนาดไม่เกิน 3 มม.

ข. ค้าง (Grub Holes) เป็นการทำลายโดยตัวอ่อนของแมลงปีกแข็ง ขนาดรูจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3 มม.

ค. ปลวก (Termites) ปลวกเป็นแมลงทำลายไม้ที่สำคัญและทำความเสียหายมากที่สุด แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ปลวกใต้ดิน ปลวกกัดไม้แห้ง และปลวกกัดไม้เปียก ปลวกที่ทำความเสียหายมากที่สุดคือปลวกใต้ดิน

2.3.2.3 เพรียง เพรียงเป็นตัวทำลายไม้ที่ใช้งานอยู่ในน้ำ แยกเป็น 2 พวกคือ

ก. เพรียงทะเล เป็นเพรียงที่อาศัยอยู่ในน้ำทะเลหรือน้ำเค็ม เพอร์เซ็นต์ความเค็มของน้ำที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.5-3.5 ซึ่งแล้วแต่ชนิดของเพรียง เพรียงทะเลแบ่งตามลักษณะโครงสร้างเป็น 2 ประเภท คือ เพรียงพวกหอย และเพรียงพวกปูหรือกั้ง

ข. เพรียงน้ำจืด เป็นชื่อเรียกตัวอ่อนของแมลงชีปะขาว พบการทำลายของเพรียงน้ำจืดในไม้ที่จมอยู่ในน้ำจืด หรือส่วนประกอบของบ้านเรือน หรือเรือที่ใช้งานอยู่ในน้ำจืด

2.3.3 ความเสียหายจากการทำลายของเชื้อราที่มีต่อไม้ มีดังต่อไปนี้

- องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้เปลี่ยน
- สีของเนื้อไม้เปลี่ยน
- กลิ่นของเนื้อไม้เปลี่ยน
- เนื้อไม้จะมีโครงสร้างเปลี่ยน
- ความแข็ง ความเหนียว ลดลง
- ความหนาแน่นลดลง
- การอุ้มน้ำ คายน้ำ เกิดได้เร็วและมากขึ้น
- การนำไฟฟ้ามากขึ้น
- ติดไฟง่าย แต่ให้ความร้อนไม่ดี

2.4 การรักษาเนื้อไม้

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ คือ สามารถเสื่อมสภาพได้ทำให้มีสภาพผิวดินจากเดิม เช่น เปลี่ยนสี ผุ หรือมีรอยด่าง อาจมาจากการเกิดเชื้อราและการทำลายของแมลงหรือสภาพภูมิอากาศ ดิน น้ำ ลม ไฟ แสงแดด อุณหภูมิ การนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาช่วยในการป้องกันศัตรูทำลายไม้ เรียกว่าการรักษาเนื้อไม้หรือการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้หรือการอาบน้ำยาไม้ ซึ่งการรักษาเนื้อไม้เป็นการใช้ตัวยาเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อราหรือแมลงทำลายไม้ โดยการให้น้ำยาเคมีซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้พอเพียงกับความต้องการในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ ปัจจุบันมีการคำนึงถึงผลกระทบของสารเคมีตกค้างที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมทำให้เกิดการค้นคว้าวิจัยที่ไม่ง้อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

งานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปในได้ในการนำสารที่ได้จากธรรมชาติ คือ น้ำส้มควันไม้ มาใช้ในการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพารา

2.5 การอาบน้ำยารักษาสภาพเนื้อไม้

การอาบน้ำยาไม้สามารถทำการอาบได้ทั้งไม้สดและไม้ที่ผึ่งแห้งดีแล้ว การอาบน้ำยาไม้สดเป็นวิธีการอาบน้ำยาไม้ที่ได้ตัดโค่นลงมาใหม่ ๆ หรือยังสดอยู่ซึ่งมีความชื้นในไม้สูง การอาบน้ำยาไม้สดนี้ วิธีการไม่ยุ่งยากในการจัดเตรียมไม้ที่จะนำมาอาบน้ำยาเพียงแค่ตัดกิ่งก้านออกและตัดให้ได้ขนาดตามต้องการหรือการอาบน้ำยาไม้สดที่ได้ปอกเปลือกออกเรียบร้อยแล้ว โดยให้น้ำยาค่อย ๆ ซึมเข้าไปในเนื้อไม้ กรรมวิธีการอาบน้ำยาไม้มีหลายวิธีแต่ที่นิยมทำกันทั่วไปมี 2 วิธี คือ

2.5.1 การอาบน้ำยาไม้อย่างง่าย

เป็นกรรมวิธีที่ไม่ต้องใช้กำลังอัด (Non-Pressure Processes) โดยการปล่อยให้ น้ำยาซึมเข้าไปในเนื้อไม้ตามธรรมชาติ เมื่อไม้มีปริมาณความชื้นน้อยกว่า 30% โดยการทาด้วยแปรง พ่นนำไปจุ่มหรือแช่ลงในน้ำยาใช้ เป็นวิธีที่ง่ายไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษแต่ได้ผลไม่ดีนัก หากจำเป็นต้องใช้วิธีนี้ควรใช้น้ำยาที่ดูดซึมได้รวดเร็ว การใช้เวลาแช่นานขึ้นจะได้ผลดีกว่า ถ้าเป็นน้ำมันควรอุ่นให้ร้อนเพื่อให้อากาศออกจากเนื้อไม้ น้ำยาจะซึมได้มากขึ้น การตัดชิ้นส่วนของไม้ส่วนไหนต้องทาสีอีกเพราะไม่ได้ทาสีส่วนนั้นมาก่อนเป็นการควบคุมที่ทำให้ยากในงานก่อสร้างซึ่งจะเป็นจุดอ่อนของวิธีนี้ การอาบน้ำยาอย่างง่ายมีหลายวิธี ดังนี้

1. การทาหรือพ่น (Brushing or Spraying) เป็นการใช้น้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ทาหรือพ่นลงบนผิวไม้ที่จะอาบน้ำยานั้น น้ำยาจะซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้บ้างโดยทางพอร์ จะเป็นปริมาณเล็กน้อยเพียงโดยอ้อมแล้วแต่ชนิดของไม้ที่อาบน้ำยาที่ใช้ และการดำเนินงานส่วนมากมักใช้น้ำยาพวกน้ำมัน หรือเกลือเคมีละลายในสารละลายอื่น เพราะคิดผิวไม้ได้ดีกว่าพวกละลายในน้ำ ถ้าต้องการให้น้ำยาซึมเข้าไปในไม้มาก ๆ ต้องทำซ้ำหลาย ๆ ครั้งเมื่อผิวไม้ที่ทาหรือพ่นน้ำยานั้นแห้งดีแล้ว หรือถ้าเป็นยาพวกน้ำมันที่ข้นมาก ๆ ก็ควรต้มน้ำยาให้ร้อนเสียก่อน ไม้ที่นำมาอาบน้ำยาโดยวิธีนี้ควรเป็นไม้ที่แห้งดีแล้ว มีความชื้นในไม้ไม่เกิน 12 %

2. การจุ่มไม้ในน้ำยา (Dipping) เป็นการนำไม้มาจุ่มหรือชุบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้เป็นเวลานานประมาณ 2-3 นาที การอาบน้ำยาไม้แบบนี้ใช้สำหรับไม้ที่จะใช้งานชั่วคราว หรือไม้ที่ใช้งานในร่มที่ต้องการทาสี หรือน้ำมันชักเงาทับอีกครั้งหนึ่ง ไม้ที่จะอาบน้ำยาต้องเป็นไม้ที่แห้งดีแล้วเช่นเดียวกับวิธีแรก แต่วิธีนี้น้ำยาจะซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีกว่า ถ้าใช้น้ำยาร้อนก็จะได้ผลดี

ยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามไม่เหมาะสำหรับไม้ที่จะใช้ในท้องที่ที่อันตรายจากพวกเชื้อราและแมลงอย่างรุนแรง หรือได้รับแรงกระทบกระแทกเสียดสีมาก ๆ ไม้ที่จุ่มน้ำยาอย่างดีแล้วจะใช้งานได้นานกว่าธรรมชาติราว 2-4 ปี

3. การแช่ (Steeping) ใช้ได้ทั้งไม้แห้งและไม้สด แต่ไม้สดจะต้องใช้เวลาในการแช่นานกว่าไม้ที่แห้งดีแล้ว การแช่ไม้ในน้ำยาอาจใช้เวลาหลายชั่วโมง หรือวัน หรืออาจเป็นสัปดาห์ การแช่ไม้สดจะใช้เฉพาะในน้ำยาพวกเกลือเคมีละลายในน้ำเท่านั้นและน้ำยาที่ใช้ก็จะต้องมีความเข้มข้นสูงกว่าน้ำยาที่จะใช้กับไม้ที่ได้ผึ่งแห้งดีแล้ว ส่วนไม้แห้งจะใช้น้ำยาประเภทไหนก็ได้ แล้วแต่ความต้องการและความเหมาะสม การแช่ไม้ในน้ำยา น้ำยาจะซึมเข้าไปในไม้ได้ดีและเร็วมากในระยะแรก ๆ ซึ่งอาจจะเป็นระหว่าง 3-6 ชั่วโมงแรก หรือ 2-3 วันแรก ต่อจากนั้นจะลดลงเรื่อย ๆ

2.5.2 การอบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัด (Pressure Processes)

วิธีนี้ช่วยให้น้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้ได้ลึกและทั่วถึงมากที่สุดภายในเวลาอันรวดเร็ว น้ำยาจะเข้าไปจนเต็มช่องว่างของเซลล์เนื้อไม้และซึมเข้าไปตามผนังเซลล์เนื้อไม้ หากน้ำยาสามารถซึมเข้าไปถึงใจกลางไม้ได้จะเป็นการป้องกันที่ดีที่สุด การใช้แรงดันมีหลายวิธี แต่มีจุดประสงค์เหมือนกันคือการนำเอาอากาศในเนื้อไม้ออกมาแล้วจึงปล่อยน้ำยาเข้าไปโดยการใช้แรงดันช่วย การทำระบบสุญญากาศเพื่อให้อากาศที่มีอยู่ในช่องเซลล์ของไม้ออกมานั้น ไม่เพียงแต่ให้น้ำยาเข้าไปดีขึ้นแต่ยังป้องกันไม่ให้อากาศที่มีอยู่ในช่องเซลล์ดันน้ำยาออกมาในภายหลังอีกด้วย วิธีนี้อาจใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง สามารถควบคุมการปริมาณน้ำยาที่จะเข้าไปในเนื้อไม้ได้ตามต้องการ และอัดน้ำยาได้ครั้งละมาก ๆ แต่เครื่องมือมีราคาแพง

การอบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัดหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า การอัดน้ำยาไม้ เป็นกระบวนการเพื่อป้องกันเบื้องต้นจากการเข้าทำลายของเชื้อราและมอด การอัดน้ำยาไม้อย่างพaramักทำหลังจากการเลื่อยแปรรูปหรือก่อนการอบ ปกติไม้ยังพaramหลังจากตัดโค่นจะมีความทนทานตามธรรมชาติ 1.9 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ สำหรับการอัดน้ำยาไม้อย่างพaramักมุ่งเน้นป้องกันเชื้อราที่เกิดการเสียสีและเชื้อราที่เข้าไปเจริญเติบโตในเนื้อไม้ ซึ่งช่วงความชื้นในเนื้อไม้ที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อราดังกล่าวอยู่ในช่วง 25-40 % ส่วนการป้องกันพวกแมลงจะเน้นการป้องกันมอดและปลวกได้ดินซึ่งเป็นตัวการหลักในการทำลายเนื้อไม้ถึง 95 % (ฐานันดรศักดิ์ เทพญา, 2541)

การอัดน้ำยาไม้ มีอุปกรณ์เป็นในถังรูปทรงกระบอก (Cylinder) ที่มีฝาปิดเปิดได้ สามารถต้านทานต่อกำลังอัด (Pressure) ได้สูง ซึ่งเรียกถังนี้ว่า ถังอัดน้ำยา (Impregnating Cylinder or Tank) ถังอัดน้ำยาจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 1.8-2.7 เมตร ยาวตั้งแต่ 4.5 เมตร ขึ้น

ไป แสดงดังภาพประกอบที่ 2.2 นอกจากนี้ก็ประกอบด้วย ถังเก็บน้ำยา (Storage and Measuring Tank) ที่สามารถอ่านปริมาณของน้ำยาภายในถังได้ เครื่องอัด (Pressure Pump) ซึ่งอาจเป็นเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) หรือเครื่องอัดน้ำยา (Hydraulic Pump) ก็ได้ เครื่องทำสุญญากาศ (Vacuum Pump) ซึ่งบางครั้งก็เป็นเครื่องเดียวกันกับเครื่องอัดน้ำยา แต่ทำงานได้ทั้งสองอย่าง เตาต้มน้ำสตีม (Steam Boiler) ซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ มีรถบรรทุกไม้ขนาดเล็กแบบรถเข็นสี่ล้อและมีรางสำหรับวิ่งผ่านเข้าถังอัดน้ำยา จำนวนรย่อมแล้วแต่ความยาวของถังอัดน้ำยา (อำเภอเป็ยมอรุณ และคณะ, 2547) โดยมีขั้นตอนของการอัดน้ำยาไม้ ดังต่อไปนี้

1. ไม้ยางพาราแปรรูปถูกบรรจุบนรถลำเลียงเข้าถังความดัน ดังภาพประกอบที่ 2.3 จากนั้นทำสุญญากาศขึ้นต้น (Initial Vacuum) 24-25 นิ้วปรอท นาน 15-60 นาที เพื่อให้ความชื้นที่อยู่ในไม้ออกมาส่วนหนึ่ง
2. เติมน้ำยาเข้ากองไม้ (Flooding)
3. ใช้แรงดัน (Pressure Period) 150-200 ปอนด์/นิ้ว² นาน 1-6 ชั่วโมง แล้วแต่ชนิดไม้ ขนาดไม้และความสามารถในการดูดซึมน้ำยาของไม้ เมื่อเลิกใช้แรงอัดไม้จะขยายตัวออกและอากาศที่ยังมีอยู่ในเซลล์ไม้จะขยายตัวทำให้น้ำยาถูกดันกลับออกมา (Kick Back) ประมาณ 5-15 % ของปริมาณน้ำยาที่อัดเข้าไปในตอนแรก
4. ปล่อน้ำยาออกจากท่ออัด (Draining) กลับคืนสู่ถังเก็บ
5. การทำสุญญากาศขั้นสุดท้าย (Final Vacuum) 24-25 นิ้วปรอท นาน 10-15 นาที เพื่อให้ไม้มีการกระจายตัวในเนื้อไม้ ขั้นตอนนี้ไม่ควร Vacuum ให้ความดันต่ำเกินไปเพราะจะทำให้ไม้แห้งออกจากเนื้อไม้



ภาพประกอบที่ 2.2 ถังอัดน้ำยาไม้



ภาพประกอบที่ 2.3 การนำไม้เข้าสู่ถังอัดน้ำยาไม้

2.6 สารป้องกันรักษาเนื้อไม้

มีสารเคมีมากมายหลายชนิดที่กล่าวกันว่าสามารถใช้ป้องกันรักษาเนื้อไม้ได้ สารเหล่านี้อาจจะใช้เพียงชนิดเดียวหรือใช้ร่วมกับสารชนิดอื่น และมีอยู่หลายชนิดที่เป็นผลิตภัณฑ์ได้จากกระบวนการอุตสาหกรรม แต่สารเคมีทั้งหมดนี้ มีอยู่เพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ (พรรณนิภา มาลานิตย์, 2546) ปัจจุบันได้แบ่งสารป้องกันรักษาสภาพเนื้อไม้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. Oilborne Preservatives คือ สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่ใช้น้ำมันเป็นตัวทำละลาย ตัวอย่างของสารในกลุ่มนี้ เช่น Creosote และ Pentachlorophenol (PCP) นอกจากจะช่วยต้านทานการทำลายไม้ได้แล้ว พบว่าไม้ยังมีสมบัติในการยืดหรือหดตัว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความชื้นลดลง แต่ก็มีข้อเสียเหมือนกัน เช่น ไม้ที่ได้จะมีสีคล้ำ ไม่สามารถนำไปย้อมสีได้ รายละเอียดของ Creosote และ PCP มีดังนี้

- Creosote เกิดจากกระบวนการกลั่นถ่านหินโดยใช้อุณหภูมิสูงจนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) เกิดเป็นสารที่มีลักษณะคล้ายน้ำมันมีสีน้ำตาลเข้มปนดำ ทำให้ไม้ที่ผ่านการอบน้ำยามีสีคล้ำและไม่สามารถนำไปย้อมสีต่อได้ จึงเหมาะสำหรับไม้ที่นำไปใช้งานภายนอกอาคาร เช่น ไม้แปรรูปในงานก่อสร้าง เสา เสาเข็ม และไม้หมอนรถไฟ แต่ Creosote มีกลิ่นเหม็น และไอระเหยยังเป็นอันตรายต่อกล้าไม้ที่กำลังเจริญเติบโต ดังนั้นในการใช้งานควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสด้วยาโดยตรง ต่อมาจึงได้มีการควบคุมปริมาณการใช้ โดยอนุญาตในกรณีจำเป็นเท่านั้น

- Pentachlorophenol (PCP) เกิดจากการนำสารเคมีประเภท Chlorinated Phenols มาผสมในสารละลายประเภทแอลกอฮอล์หรือน้ำมันปิโตรเลียม แล้วนำไปแช่ในสารดังกล่าว ต่อมาเปลี่ยนเป็นการอัดน้ำยาเข้าเนื้อไม้แทน ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุดคือ น้ำมันปิโตรเลียม (Heavy Petroleum) โดยน้ำมันจะตกค้างอยู่ที่เนื้อไม้ได้ดีและเวลานาน จึงนิยมที่จะนำไปใช้งานกับไม้ที่ต้องสัมผัสกับผิวดินโดยตรง แต่ผิวน้ำไม้ที่ได้จะมีสีคล้ำ ไม่สวย และไม่สามารถนำไปย้อมสีได้เนื่องจากมีความเป็นพิษค่อนข้างสูง ดังนั้นในการนำไปใช้งานจึงต้องระวังมากเป็นพิเศษ หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับสารหรือไอระเหย ห้ามนำไปใช้งานภายในอาคารและงานที่มนุษย์ พืช และสัตว์สัมผัสโดยตรง เป็นผลให้ต้องมีการควบคุมปริมาณการใช้โดยอนุญาตให้ใช้ในกรณีจำเป็นเท่านั้น

ข้อดีของยาประเภทน้ำมัน

1. ให้ผลดีมากและเป็นที่ยอมรับกันว่าป้องกันได้ทั้งเชื้อราและแมลง
2. ช่วยลดการแตกของไม้ที่ผิว (Surface Checking) จึงเหมาะสำหรับใช้อบน้ำยาไม้หมอนรองรถไฟ
3. สามารถปรุงแต่งให้เป็นสีต่าง ๆ ได้
4. ไม่ทำให้โลหะเกิดสนิม
5. สามารถประยุกต์ใช้งานได้ง่ายทั้งวิธีการทา การพ่น และการจุ่ม ในกรณีที่ต้องการปกป้องผิวน้ำไม้

ข้อเสียของยาประเภทน้ำมัน

1. เปลืองเนื้อไม้ในการขนส่งระยะทางไกล ๆ เพราะไม่สามารถทำให้อยู่ในรูปที่เข้มข้นขณะขนส่งได้
2. เป็นสารระเหยได้และมีกลิ่นเฉพาะตัว ถึงแม้ไม้จะไม่ชื้นแต่ก็ไม่ควรอยู่ใกล้ ๆ กับอาหาร ยา เรือรบเพาะชำ เพราะสารที่ระเหยออกมาจะเป็นพิษต่อต้านพืช
3. น้ำมันมักจะปูดขึ้นมาจากเนื้อไม้ที่ผ่านการอัดน้ำยาโดยเฉพาะเมื่อไม้ถูกแสงแดด ซึ่งจะทำให้ผิวไม้เหี่ยว เปราะเปื้อนเสื้อผ้าเมื่อถูกต้องสัมผัส
4. ไม้ที่ผ่านการอบน้ำยาด้วยยาประเภทน้ำมันจะทาสีไม่ได้

2. Waterborne Preservatives คือ สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่น้ำเป็นตัวทำละลาย มักใช้กับไม้ที่ต้องการโชว์ลวดลายหรือนำไปย้อมสีต่อ ข้อดีของสารเหล่านี้คือ ด้านทานต่อการชะล้างได้ดีนำไปใช้งานง่าย สามารถใช้ได้ทั้งไม้แปรรูป ไม้ท่อน เสา เสาเข็ม และไม้มีกลิ่นเหม็น ตัวอย่างของสารในกลุ่มนี้ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดี คือ Chromated Copper Arsenate (CCA) ประกอบด้วยสารเคมีที่สำคัญ 3 ชนิดคือ Chromium Trioxide, Copper Oxide และ Arsenate โดยมีสัดส่วนของสารแต่ละตัวแตกต่างกัน ทำให้แบ่งประเภทของ CCA ออกได้ 3 ประเภทคือ

- CCA ชนิด A มีอัตราส่วนของโครเมียมค่อนข้างสูง ปัจจุบันพบว่ามีปริมาณการใช้ น้อย มีประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อราและปลวกได้ดี
- CCA ชนิด B มีอัตราส่วนของอาซีนิกค่อนข้างสูง มักพบในไม้สำหรับปักเขต
- CCA ชนิด C เป็นที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน เนื่องจากป้องกันการชะล้างได้ดี และมี ประสิทธิภาพในการป้องกันสูง สัดส่วนของสารแต่ละตัวกำหนดขึ้นโดย American Wood-Preservers' Association (AWPA)

ข้อดีของยาประเภทเกลือเคมีละลายในน้ำ

1. สามารถขนส่งไปในรูปแบบของของแข็งหรือในรูปแบบที่เข้มข้นและทำให้เจือจางลงได้ตาม ต้องการในสถานที่ที่จะใช้งานด้วย ตัวทำละลายที่มีราคาถูกที่สุด คือ น้ำ จึงเป็นการประหยัด ค่าใช้จ่าย

2. สามารถป้องกันได้ทั้งเชื้อราและแมลง
3. หลังการอาบน้ำยาแล้วไม้ไม่เปรอะเปรื้อนสกปรก
4. ไม้ที่ผ่านการอาบน้ำยาและแห้งสนิทแล้วสามารถใช้สีทาได้
5. ตามปกติแล้วเป็นสารเคมีที่ไม่มีกลิ่น
6. สามารถนำไปผสมกับสารป้องกันไฟได้

ข้อเสียของยาประเภทเกลือเคมีละลายในน้ำ

ไม้ที่ผ่านการทำให้แห้งมาแล้วจะต้องเปียกอีกครั้งหนึ่ง จึงทำให้ไม้บวมพอง ดังนั้นไม้เมื่อ อาบน้ำยาประเภทนี้แล้วจะต้องทำให้แห้งอีกครั้งเสียก่อนจึงจะนำไปใช้งานได้

3. Solvent Type Preservatives คือสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ประเภทเกลือเคมีละลายใน สารละลายอื่น ไม้ป้องกันรักษาเนื้อไม้ประเภทนี้ประกอบด้วยสารเคมี 1 ชนิด หรือมากกว่า 1 ชนิด ละลายอยู่ในสารละลายอื่นๆ ที่ไม่ใช้น้ำ สารเคมีที่ใช้กันมากที่สุดในกลุ่มนี้ คือ Tributyltin oxide (TBTO), Metallic Naphthenates ในการปฏิบัตินั้นนิยมนำสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการฆ่าแมลงได้ เช่น Synthetic Pyrethroids มารวมด้วยเพื่อให้ตัวยามีความสามารถฆ่าแมลงได้ด้วย

ข้อดีของสารประเภทเกลือเคมีละลายในสารละลายอื่น

1. ไม่ทำให้เกิดการพองตัวหรือหดตัวของเนื้อไม้ เพราะไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ
2. ไม้ที่ผ่านการอาบน้ำยาประเภทนี้จะสะอาด ถ้าหากว่าใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม และเมื่อ ตัวทำละลายระเหยออกไปแล้วสามารถทาสีทับได้
3. ตัวยามีกลิ่นไม่รุนแรงได้โดยง่าย
4. สามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดี
5. มีทั้งชนิดที่มีสี และไม่มีสี จึงเลือกใช้ได้ตามต้องการ

ข้อเสียของยาประเภทเกลือเคมีละลายในสารละลายอื่น

1. เป็นตัวยาที่มีราคาแพง ทั้งนี้เนื่องจากราคาของตัวทำละลายที่ใช้และราคาของตัวยา

สารเคมี

2. หลังการอาบน้ำยาใหม่ๆ ดังทำละลายยังระเหยไม่หมด เนื้อไม้จะติดไฟได้ง่าย

ยาประเภทนี้ที่นิยมใช้กัน ได้แก่

- Tributyltinoxide เป็น ตัวยาที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในประเทศอังกฤษในหลายปีที่ผ่านมา โดยใช้ความเข้มข้น 1% ละลายใน Light Petroleum เป็นตัวยาที่มีความเป็นพิษสูงต่อเชื้อรา แต่ตัวยาจะค่อยๆ เสื่อมคุณภาพลงตามจำนวนปีที่ใช้ ดังนั้นจึงควรทาสีทับไม้ที่อาบน้ำด้วยตัวยาชนิดนี้

- Naphthates ของ สังกะสีและทองแดงใช้ในการรักษาเนื้อไม้ เชือกและพวกเส้นใยผ้ามาช้านานแล้ว สารประกอบทองแดงมีพิษมากกว่าสารประกอบสังกะสี ตัวยาชนิดนี้ใช้ได้ผลดีกับงานไม้ที่เกี่ยวข้องกับพืชสวน เช่น ใช้ทำเรือนเพาะชำ ทำกระบะเพาะเมล็ดไม้ เพราะไม่มีพิษต่อต้นไม้ ถ้าต้องการใช้ตัวยาที่ไม่มีสีให้ใช้ Zinc Naphthenate 2.75% ผสมกับ Pentachlorophenol 2% เพื่อเพิ่มความเป็นพิษของน้ำยา

- Synthetic Pyrethroids เป็น สารประกอบพวกอินทรีย์ธรรมชาติ ซึ่งสังเคราะห์มาจากพืชที่มีคุณสมบัติในการป้องกันแมลงได้ สารพวกนี้ เช่น Permethrin และ Deltamethrin ซึ่งมีพิษต่อแมลงและคงทนอยู่ในเนื้อไม้ได้นาน จึงเป็นตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ได้ดี Deltamethrin ได้รับการทดสอบแล้วว่ามีความพิษต่อมอด Anobium มากกว่า Gamma HCH และ Dielsrin ส่วน Permethrin ใช้ได้ผลดีในรูปการรมควัน (Fumigant Smoke)

ปัจจุบันน้ำยาที่นิยมใช้เป็นสารประกอบบอแรกซ์หรือมีชื่อทางการค้าว่า ทิมบอร์ (Tim-Bor) มีลักษณะเป็นเกล็ดผงสีขาว แห้งร่วน ละลายน้ำได้ง่าย ไม่ติดไฟ ซึ่งมีความปลอดภัยต่อการนำไม้ที่ผ่านการอัดน้ำยาไปใช้แปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ตกแต่งภายในที่ต้องมีการสัมผัสกับผู้ใช้

ดังนั้นการตัดสินใจเลือกใช้ตัวยาต้องคำนึงถึงสภาพที่ไม้นั้นจะถูกนำไปใช้งาน ตัวอย่างเช่น ไม้ที่ต้องใช้ในที่โล่งแจ้งถูกแดดถูกฝน ต้องเลือกใช้ตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่มีความคงทนและทนทานต่อการถูกชะล้าง หรือสถานที่ที่เสี่ยงต่อการติดไฟได้ง่าย ต้องใช้ตัวยาที่ไม่ติดไฟ ซึ่งอาจจะต้องมีการผสมสารทนไฟเข้ากับตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ เป็นต้น ดังนั้นคุณสมบัติของตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่ควรมี คือ

- มีความเป็นพิษสูงต่อศัตรูทำลายไม้
- มีความคงทนอยู่ในเนื้อไม้ได้นาน
- มีความสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดี
- ไม่ทำให้เกิดอันตรายหรือความเสียหายแก่เนื้อไม้

- ไม่ทำให้โลหะเป็นสนิม
- ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ทำการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้และผู้ใช้น้ำยาที่ผ่านการอาบน้ำยาแล้วไปใช้ประโยชน์

2.7 การตรวจสอบการซึมซับของน้ำยาที่มีส่วนประกอบเป็นสารประกอบโบรอน

ไม้ยางพาราแปรรูปที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาเนื้อไม้ จะมีการตรวจสอบคุณภาพไม้เพื่อตรวจหาปริมาณกรดบอริกที่จะมีอยู่ในเนื้อไม้ (แมนเดอร์, 2545) มีวิธีการตรวจสอบได้ 2 วิธี ดังต่อไปนี้

1. การตรวจสอบการซึมซับของน้ำยาขึ้นต้น

โดยการใช้ น้ำยา Circumin Reagent เป็นตัวทดสอบ วิธีนี้สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว แต่ไม่สามารถระบุปริมาณกรดบอริกได้ โดยการตัดชิ้นไม้ตัวอย่างออกมา เช็ดผิวพื้นที่หน้าตัดนั้นให้สะอาด แล้วฉีดพ่นด้วย Circumin Reagent สังเกตการเปลี่ยนสีของน้ำยาทดสอบ ดังนี้

- สีแดง แสดงว่ามีสารประกอบโบรอนแทรกซึมอยู่ในเนื้อไม้มากเพียงพอต่อการป้องกันเนื้อไม้
- สีส้ม แสดงว่ามีสารประกอบโบรอนแทรกซึมอยู่ในเนื้อไม้บ้าง แต่ปริมาณน้อยไม่เพียงพอต่อการป้องกันเนื้อไม้
- สีเหลือง แสดงว่ามีสารประกอบโบรอนแทรกซึมอยู่ในเนื้อไม้เล็กน้อยหรือไม่

2. การตรวจสอบการซึมซับของน้ำยาด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์

โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ (ICP) ซึ่งสามารถระบุปริมาณโบรอน (% Boric Acid Equivalent; % BAE) คงค้างในเนื้อไม้ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดย % BAE คือค่าที่คิดเปรียบเทียบเท่ากับร้อยละของกรดบอริกที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อน้ำหนักของไม้ที่ใช้ในการทดสอบเป็นกิโลกรัม

2.8 น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านไม้ ซึ่งถ่านไม้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเมื่อความต้องการของเหล็กกล้ามีมากขึ้นในหลายประเทศ และการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมเคมี เมื่อความต้องการใช้ไม้เพื่อผลิตถ่านมากขึ้น ป่าจึงถูกทำลายลงอย่างรวดเร็ว เพื่อเป็นการสงวนป่าไม้ไว้จึงมีการเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงอื่นแทน เช่น ถ่านหิน ถ่านโค้ก น้ำมันและแก๊ส ทำให้ความต้องการถ่านไม้เริ่มลดลง และเมื่อหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้มีการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบจากไม้พื้นมาเป็นเศษเหลือใช้ทางการเกษตรและเศษเหลือใช้

จากอุตสาหกรรมป่าไม้ พร้อมทั้งได้พัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตถ่านไม้เพิ่มขึ้น เช่น พัฒนาขั้นตอนการผลิตถ่านไม้ให้เร็วขึ้น พัฒนาให้มีการผลิตอย่างต่อเนื่อง มีการบำบัดมลพิษที่เกิดจากควัน (ชมรมสวนป่าผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้, 2546) และพัฒนาเตาผลิตถ่านไม้ เพื่อให้สามารถผลิตถ่านไม้ได้ผลผลิตและคุณภาพดีขึ้น ดังต่อไปนี้

2.8.1 เตาถ่าน มีหลายชนิดแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.8.1.1 เตาผลิตถ่านระบบอุตสาหกรรม เป็นเตาผลิตถ่านที่มีวัตถุประสงค์ในการนำผลพลอยได้ไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมี โดยนำควันที่เกิดขึ้นจากการเผ่าถ่านมาควบแน่น แล้วนำของเหลวที่ได้มากลับแบบลำดับส่วน โดยไม้พืน 1 ตัน จะให้ผลผลิตดังนี้

- กรดน้ำส้ม 50 กิโลกรัม
- เมธานอล 16 กิโลกรัม
- อะซีโตนและเมทิลอะซีโตน 8 กิโลกรัม
- น้ำมันดินที่ละลายน้ำ 190 กิโลกรัม
- น้ำมันดินที่ไม่ละลายน้ำ 50 กิโลกรัม

เตาประเภทนี้มีจุดเด่นคือ มีกำลังผลิตสูง แต่ปัจจุบันผลผลิตที่ได้ไม่สามารถแข่งกับผลผลิตที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี จึงหยุดการผลิตและนำควันวนกลับมาเป็นเชื้อเพลิงในการเผ่าถ่านหรือนำไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับต้นกำเนิดพลังงานอื่น ๆ แบบของเตาประเภทนี้ได้แก่ เตาสำหรับเผาเศษวัสดุจากการเกษตร เตาเผาแบบตั้ง ดังภาพประกอบที่ 2.4

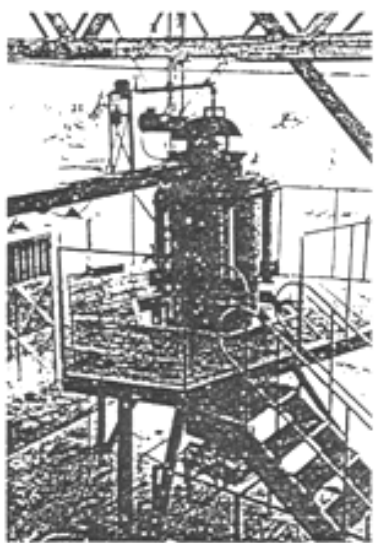
2.8.1.2 เตาผลิตถ่านแบบดั้งเดิม สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด

ก. เตาหลุมหรือเตากลบ เป็นเตาชนิดแรกของโลกที่ยังคงใช้อยู่จนถึงปัจจุบัน มีรูปร่าง ขนาด และวัสดุที่ใช้กลบแตกต่างกันไปแต่ละภูมิภาค เช่น เตากลม เตาเหลี่ยม กลบด้วยดิน แกลบ จี้เลื่อย เตาชนิดนี้ก่อสร้างง่าย ราคาถูก แต่ผลผลิตและคุณภาพต่ำ เนื่องจากอากาศสามารถไหลผ่านวัสดุที่ใช้กลบได้ เช่น เตาเผาแบบอัฟริกัน ดังภาพประกอบที่ 2.5

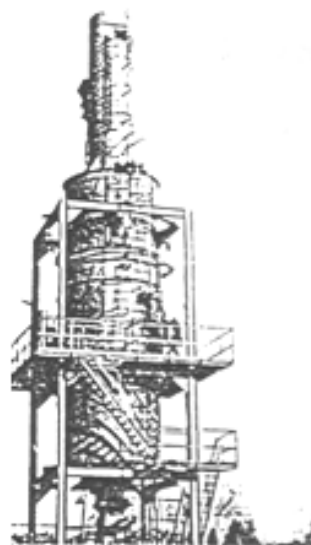
ข. เตาโลหะ เป็นเตาขนาดเล็ก สามารถโยกย้ายได้ ให้ผลผลิตและคุณภาพถ่านดีพอสมควร แต่อายุการใช้งานสั้นเนื่องจากความร้อนและกรดในควันขณะเผ่าถ่านไม้ ดังภาพประกอบที่ 2.6

ค. เตาดินหรืออิฐ เตาชนิดนี้ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นร้อย ๆ ปีมาแล้ว แบ่งได้ 3 แบบดังต่อไปนี้

- แบบที่ 1 เตาแบบตะวันออกกลาง มีใช้ในอิรัก อิหร่าน เป็นเตาทรงกลม ก่อสร้างด้วยหินโดยมีดินเหนียวเป็นตัวประสาน

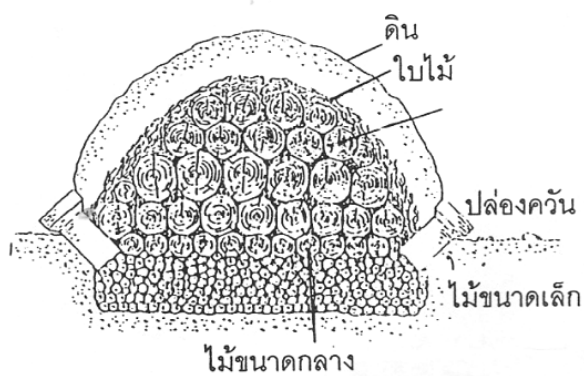


(a)

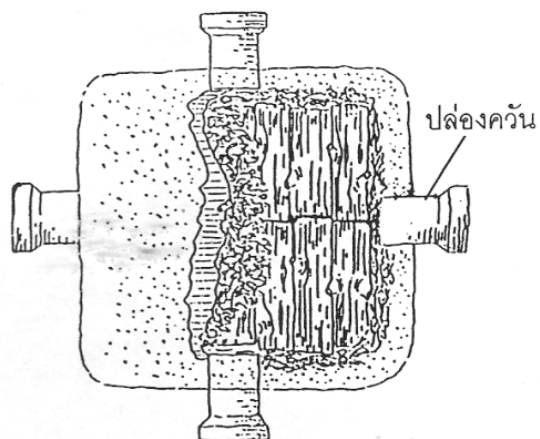


(b)

ภาพประกอบที่ 2.4 ลักษณะของเตา (a) สำหรับเผาเศษวัสดุจากการเกษตร (b) แบบตั้ง
ที่มา : ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้, 2546



(a)



(b)

ภาพประกอบที่ 2.5 เตาเผาแบบอัฟริกัน (a) ด้านตั้ง และ (b) ด้านบน
ที่มา : ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้, 2546



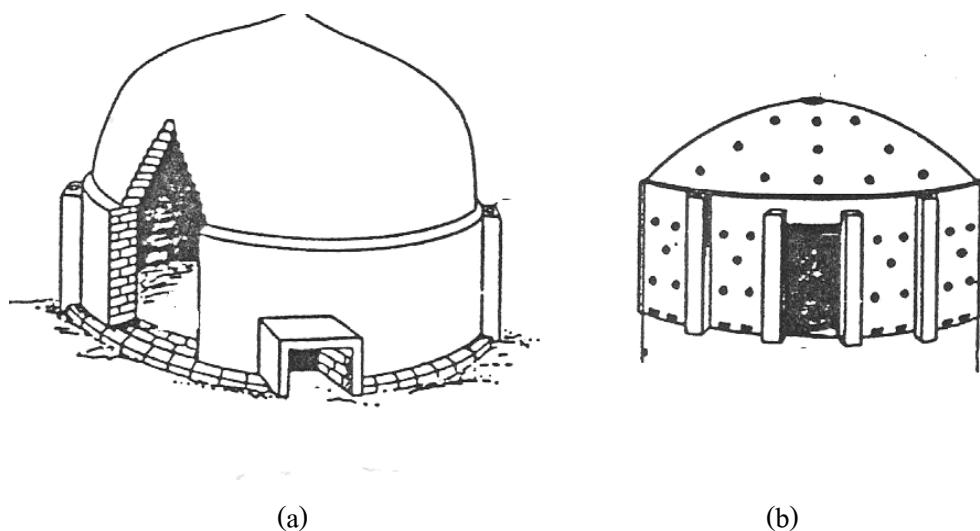
ภาพประกอบที่ 2.6 เตาเผาแบบถังน้ำมัน 200 ลิตร
ที่มา : ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้, 2546

- แบบที่ 2 เตาแบบยุโรป มีใช้ในยุโรปและอาณานิคม เป็นเตาทรงโดมมีช่องลมเข้าโดยรอบ จึงเรียกว่า เตาเรียงผึ้ง มีจุดเด่นคือค่าก่อสร้างถูก ระยะเวลาในการผลิตสั้น ผลผลิตและคุณภาพถ่านอยู่ในเกณฑ์ดี ถึงดีมาก ถ่านที่ได้เหมาะสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง

- แบบที่ 3 เตาแบบจีน มีใช้ในจีน ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นเตารูปไข่หลังคาโค้ง เพื่อให้การกระจายความร้อนจากด้านหน้าไปด้านหลัง และจากหลังคาไปยังพื้นเป็นไปอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ เรียกเตาชนิดนี้ว่า เตาอิวาเตะ ซึ่งมี 2 ชนิดคือ เตาเผาถ่านดำหรือถ่านอ่อน และเตาเผาถ่านขาวหรือถ่านแข็ง เตาทั้ง 2 ชนิดมีรูปร่างคล้ายกัน แต่แตกต่างกันที่วัสดุที่ใช้ก่อสร้าง เตาอิวาเตะมีจุดเด่นคือ สามารถผลิตถ่านได้ตามวัตถุประสงค์ทุกชนิด แต่มีจุดด้อยคือ ค่าก่อสร้างจะสูงกว่าเตาแบบเรียงผึ้ง

กรมป่าไม้ของไทยได้มีการพัฒนาเตาเรียงผึ้ง โดยให้เหลือช่องอากาศเข้าเพียงจุดเดียวที่ด้านข้าง และบริษัทเอกชนของไทย ที่จังหวัดสระแก้ว ได้พัฒนาช่องลมร้อนให้เข้าที่ศูนย์กลางของพื้นเตา และบริษัทเอกชนของบราซิล ได้พัฒนาช่องลมร้อนเป็น 4 จุดที่พื้นเตา เพื่อกระจายความร้อนทำให้ผลิตได้เร็วขึ้น (ชมรมสวนป่าผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้, 2546) ดังภาพประกอบที่ 2.7

ปัจจุบันกลุ่มผู้ปลูกป่าสองพี่น้องสามัคคี จังหวัดนครราชสีมา ได้สร้างเตาเผาสองพี่น้อง (Songphinong Kiln) เป็นเตาเผาที่มีรูปแบบคล้ายเตาอิวาเตะของญี่ปุ่น สิ่งที่แตกต่างกัน คือ เตาอิวาเตะต้องทำด้วยดินเหนียว ส่วนเตาสองพี่น้องทำจากอิฐทนไฟ แต่เตาทั้งสองชนิดนี้มีการพัฒนาคุณภาพถ่านไม้และการเก็บน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผานั้นใกล้เคียงกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการเผาถ่านและการควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการผลิต



ภาพประกอบที่ 2.7 เตาเผา (a) แบบไทย (b) แบบบราซิลก่อนพัฒนา

ที่มา : ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้, 2546

2.8.2 การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้ ถ่านไม้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย แตกต่างกันตามคุณสมบัติเฉพาะตัวของถ่านไม้ แบ่งได้ดังนี้

2.8.2.1 การใช้ประโยชน์จากถ่านขาว ได้แก่

ก. ใช้ทำน้ำแร่ โดยถ่านจะดูดซับกลิ่นและสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ปนมากับน้ำ และแร่ธาตุต่าง ๆ ในถ่านจะละลายออกมาเพิ่มคุณภาพและรสชาติของน้ำ

ข. เพิ่มรสชาติและธาตุอาหารในข้าว ถ่านจะดูดซับสารต่าง ๆ รวมทั้งกลิ่นหืนที่ติดมากับรำข้าว ทำให้ได้ข้าวสวยที่หุงขึ้นหม้อและรสชาติดี

ค. ใช้ในการประกอบอาหารปิ้ง-ย่าง ทำให้อาหารมีรสชาติดี ถ่านไม้จะให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีที่ไม่มีเปลวไฟ

ง. ใช้ในการอาบน้ำ ถ้าผ่านน้ำร้อนผ่านถุงผ้าที่บรรจุถ่านขาวไว้ น้ำร้อนที่ได้จะมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำจากบ่อน้ำพุร้อน

2.8.2.2 การใช้ประโยชน์จากถ่านดำที่ผลิตด้วยอุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน เหมาะในการใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากมีราคาถูกเพราะมีผลผลิตสูง มีค่าความร้อนต่ำแต่มีปริมาณความร้อนสูง

2.8.2.3 การใช้ประโยชน์จากถ่านดำที่ผลิตด้วยอุณหภูมิสูงและใช้เวลานาน ได้แก่

ก. เป็นวัตถุดิบผลิตสารเคมีต่าง ๆ เช่น ถ่านกัมมันต์ คาร์บอนไดซัลไฟด์ โซเดียมไซยาไนด์

ข. เป็นตัวลดสนิมของโลหะ กำจัดสิ่งเจือปนในโลหะ เพิ่มปริมาณคาร์บอน เพื่อผลิตโลหะหล่อ

ค. ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน

2.8.2.4 การใช้ประโยชน์จากขี้เถ้า

ก. ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำยาเคลือบเครื่องปั้นดินเผา

ข. ใช้แทนผงซักฟอก

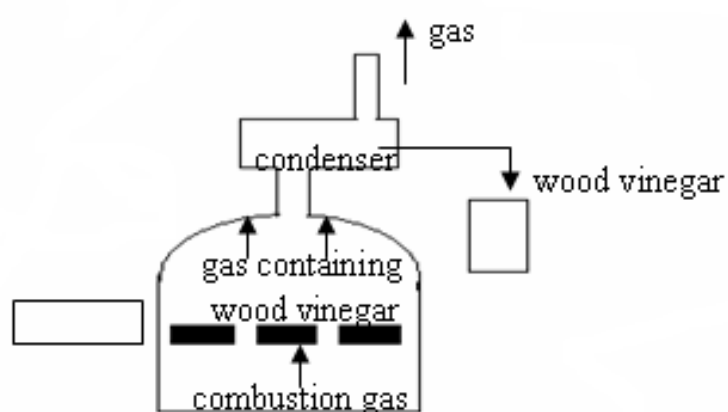
ค. ใช้ในการย้อมผ้า

2.8.2.5 การใช้ประโยชน์จากควัน

เตาผลิตถ่านไม้ไม่มีระบบเก็บควันเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้หรือนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ สามารถนำควันไปใช้ในการอบไม้ ซึ่งจะได้ทั้งความร้อนและสารประกอบซึ่งอยู่ในควันจะทำให้ไม้แห้งและทนทานต่อการทำลายของแมลงและเชื้อราต่าง ๆ การผลิตน้ำส้มควันไม้มลพิษจากควันจะลดลงมากถ้าอุปกรณ์ควบแน่นมีประสิทธิภาพสูง อาจจะไม่มีการปล่อยควันออกมาได้เลย

2.9 กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มควันไม้

กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มควันไม้ แสดงดังภาพประกอบที่ 2.8 ซึ่งมีรายละเอียดอยู่ 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพประกอบที่ 2.8 กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มควันไม้

1. ช่วงไล่ความชื้น (Dehydration) เมื่อจุดไฟหน้าเตาเผาถ่านเป็นช่วงไล่ความชื้น อุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่ออุณหภูมิปากปล่องประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส และในเตาประมาณ 150 องศาเซลเซียสควันจะเริ่มมีกลิ่นเหม็น และเมื่อใส่ฟืนหน้าเตาไปเรื่อย ๆ อุณหภูมิที่ปากปล่องจะสูงขึ้นไปอีกประมาณ 70-75 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 200-250 องศาเซลเซียส (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน, 2548) ควันจะมีกลิ่นเหม็นจน ช่วงนี้จะใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมงนับจากเมื่อไฟหน้าเตาติดแล้ว ในช่วงนี้แม้ว่าเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของไม้ซึ่งเกิดจากไกลโคไซด์หลายชนิด ประมาณ 20-30 % จะสลายตัว และเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของไม้ซึ่งเกิดจากกลูโคสประมาณ 50 % กำลังเริ่มสลายตัวแต่ก็มีสารประกอบที่มีประโยชน์น้อยมากไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงไม่ควรเก็บน้ำส้มควันไม้ในช่วงนี้

2. ช่วงคายความร้อน เมื่อปล่อยให้ไฟหน้าเตาติดต่อไปอีกเรื่อย ๆ อุณหภูมิปากปล่องก็จะสูงประมาณ 80-85 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส ควันจะรวมตัวกันหนาแน่น ฟุ้งขึ้นมีสีขาวขุ่นและมีกลิ่นเหม็นจนอย่างรุนแรง เรียกว่า ควันบ้ำ แสดงถึงภาพประกอบที่ 2.9 ซึ่งช่วงนี้ไม้เริ่มกลายเป็นถ่าน (Carbonization) หรือเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic Reaction) ซึ่งอุณหภูมิในเตาจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ สามารถลดเชื้อเพลิงหน้าเตาหรือไม่ต้องเติมฟืนหน้าเตาได้ หากใช้กระเบื้องแผ่นเรียบสีขาวอังบนปากปล่องทิ้งไว้สักครู่ แล้วนำแผ่นกระเบื้องดังกล่าวมาสังเกตดูหยดน้ำที่เกาะบนกระเบื้องจะใสมีสีเหลืองปนน้ำตาล ตามมาตรฐานจะถือว่าเป็นช่วงที่เริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ เนื่องจากสารประกอบต่าง ๆ ในไม้ฟืนจะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารประกอบใหม่มากมาย ช่วงนี้จึงเป็นช่วงที่ผลผลิตมีคุณภาพดีที่สุด (เทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่, 2546) ทั้งนี้การเก็บน้ำส้มควันไม้จะนับระยะเวลาการเก็บจากที่เริ่มต้นเก็บออกไปประมาณ 4 ชั่วโมง หรืออุณหภูมิปากปล่องประมาณ 80-150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในเตาประมาณ 300-450 องศาเซลเซียส หรือสังเกตสีควันที่ปากปล่องเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินจึงหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้

3. ช่วงทำถ่านให้บริสุทธิ์ (Refinement) โดยเปิดหน้าเตาให้อากาศไหลเข้าไปได้เพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้นสำหรับเผาไล่ไขมันดินให้ออกไปจากถ่าน ซึ่งไขมันดินที่อยู่ในถ่านนี้หากไม่ถูกกำจัดออกไปแล้วนำถ่านไปใช้ก็จะได้ถ่านที่มีคุณภาพต่ำ และเมื่อนำไปประกอบอาหารปิ้งย่าง ไขมันดินที่ค้างอยู่ในถ่านเมื่อถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิสูงกว่า 425 องศาเซลเซียสแล้ว จะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค อุณหภูมิที่ปากปล่องในช่วงนี้จะสูงขึ้นมากกว่า 150 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่ควรเก็บน้ำส้มควันไม้ในช่วงนี้เพราะไขมันดินจะสลายตัวเป็นสารก่อมะเร็ง ได้แก่ 3,4-Benzopyrene และ 1,2,5,6-Dibenzanthracene แม้ว่าสารดังกล่าวสามารถกำจัดออกไปได้ง่ายเมื่อมากลั่นซ้ำที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส แต่การนำมากลั่นซ้ำจะ



ภาพประกอบที่ 2.9 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร และการเกิดควันบ้ำ
ที่มา : สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2546

สูญเสียสารประกอบบางอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อการเกษตร (ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี, 2547) ในช่วงนี้เมื่อสังเกตควันจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นควันใส จึงปิดหน้าเตารวมทั้งปากปล่องควัน

4. ช่วงปล่อยให้เตาเย็นลง (Cooling) ก่อนที่จะนำถ่านไม้ออกจากเตามาใช้งานซึ่งก่อนเปิดเตาต้องให้อุณหภูมิในเตาดำกว่า 50 องศาเซลเซียส เพราะหากว่าสูงกว่านั้นจะทำให้ถ่านลุกติดไฟได้ ในที่นี้อาจจะทดลองเอามือแต่ที่ปล่องควันเมื่อปล่องควันเย็นตัวจนมือสัมผัสได้แสดงว่าสามารถเปิดเตาได้ และการเปิดเตาต้องเปิดที่ปล่องก่อนเพื่อระบายความร้อนและแก๊สที่ยังคงค้างอยู่ในเตาให้หมด หลังจากนั้นจึงเปิดหน้าเตา

น้ำส้มควันไม้ดิบที่ได้จากการกลั่นตัวที่ปล่องควันยังไม่สามารถนำมาใช้งานได้ทันที เนื่องจากการเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่านไม้ไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งเตา ดังนั้นควันที่เกิดขึ้นจึงเป็นควันที่ผสมกัน ระหว่างควันที่อุณหภูมิต่ำและสูง จึงยังมีส่วนประกอบบางอย่างที่อาจเป็นอันตรายต่อพืชหรือสิ่งมีชีวิตได้ เช่น น้ำมันดิน (ทาร์) ที่อาจจะไปปิดปากใบและเกาะติดรากพืชทำให้พืชเหี่ยวโทรมหรือตายได้ นอกจากนั้นหากตกลงพื้นดินจะทำให้ดินแข็งเป็นดานรากพืชไม่สามารถไชลงดินได้ ดังนั้นการนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์จึงต้องผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ก่อน มี 3 วิธี คือ

- (1) ปล่อยให้ตกตะกอน โดยนำน้ำส้มควันไม้ดิบที่กลั่นได้มาเก็บในถังทรงสูงมากกว่าความกว้างประมาณ 3 เท่า โดยต้องเก็บในที่เย็นร่มหรือเก็บไว้ในภาชนะทึบแสงและไม่มีสิ่งรบกวน ทิ้งให้ตกตะกอนใน 90 วัน น้ำส้มควันไม้แยกตัวเป็น 3 ระดับ ชั้นบนจะเป็นน้ำมันใส ชั้นกลางจะเป็นของเหลวสีขา ซึ่งคือน้ำส้มควันไม้ที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนชั้นล่างสุดนั้นเป็นของเหลวข้นสีดำ วิธีการนี้สามารถลดเวลาการตกตะกอนโดยการผสมผงถ่านประมาณ 5 % ของน้ำหนักรวมของน้ำส้มควันไม้ทั้งหมด โดยผงถ่านจะดูดซับทั้งน้ำมันใสชั้นบนและน้ำมันดินลงสู่ชั้นล่างสุดในเวลา 45 วันเท่านั้น ระหว่างการปล่อยให้ตกตะกอน สารประกอบในน้ำส้มควันไม้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและทำปฏิกิริยากับฟีนอล เปลี่ยนเป็นน้ำมันดินแล้วตกตะกอนหรือจับตัวติดแน่นกับผนังถังเก็บ ดังนั้นหากนำน้ำส้มควันไม้มากรองโดยไม่ตกตะกอนก่อนก็จะเกิดน้ำมันดินใหม่ ๆ ทั้งที่ได้ผ่านการกรองแล้ว หลังจากตกตะกอนในถังจนครบกำหนดแล้ว นำของเหลวสีขาในชั้นกลางมากรองซ้ำอีกครั้งด้วยผ้ากรองจึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
- (2) การกรอง โดยใช้ผ้ากรองหรือถ่านกรองที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์ ซึ่งคุณสมบัติแตกต่างกันไป เพราะถ่านกัมมันต์จะลดความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้และจะใช้วิธีนี้เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการอุตสาหกรรม
- (3) การกลั่น โดยกลั่นได้ทั้งในความดันและบรรยากาศ และกลั่นแบบลดความดันรวมทั้งกลั่นแบบลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารหนึ่งสารใดในน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์มักใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา

อย่างไรก็ตามทั้งการกรองและการกลั่นต้องทำหลังจากตกตะกอนก่อนเท่านั้น เนื่องจากต้องรอให้เกิดปฏิกิริยาในน้ำส้มควันไม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ก่อน

2.10 สมบัติของน้ำส้มควันไม้

2.10.1 น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด สารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ น้ำ 85 % กรดอินทรีย์ประมาณ 3 % และสารอินทรีย์อื่น ๆ อีกประมาณ 12 % กรดอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำส้มควันไม้มีหลายชนิดและสารที่สำคัญ ได้แก่ กรดน้ำส้ม (กรดอะซิติก) อะซิโตน เมธานอล กรดฟอร์มิก (กรดมด) ฟอร์มัลดีไฮด์และฟีนอล (C.P. Group, 2005) ซึ่งสารแต่ละตัวมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

- กรดน้ำส้มหรือกรดอะซิติก (Acetic Acid) เป็นตัวกัดกร่อน มีความเปรี้ยว และเป็นสารกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา ไวรัสและแบคทีเรีย
- กรดมดหรือกรดฟอร์มิก (Formic Acid) ช่วยในการปรับตัวของดินให้ดีขึ้น

- เมทานอล (Methanol) ช่วยในการเร่งการงอกของเมล็ด เป็นสารในกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อ
- ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde) เป็นสารในกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค และแมลง
- ฟีนอล (Phenol) เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

2.10.2 น้ำส้มควันไม้ที่ดีจะต้องมีสีใส ไม่ขุ่นเหมือนมีสิ่งสกปรกเจือปน สีที่ดีคือ สีส้มหรือสีแดงอ่อนหรือสีน้ำตาลแกมแดงหรือสีเหมือนเบียร์หรือไวน์แดง (เทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่, 2546) มีน้ำมันดินน้อยกว่า 1 % (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน, 2548) ค่า pH ประมาณ 3 มีกลิ่นเหม็นไหม้ ไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ความถ่วงจำเพาะถ่วงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะอยู่ที่ 1.015 (เทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่, 2546)

2.11 ประโยชน์และการนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้

เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่าง ๆ มากมายหลายชนิดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย แบ่งได้ดังนี้

2.11.1 ด้านการเกษตร

- ก. กำจัดไส้เดือนฝอย มด ปลวก ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดิน เพราะน้ำส้มควันไม้เมื่อราดลงดินจะไปทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์เป็นด่างจะเกิดคาร์บอนโมโนออกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นพิษต่อพืช แต่เมื่อแก๊สคาร์บอนโมโนออกไซด์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แล้วจึงสามารถปลูกพืชได้ รวมทั้งพืชได้รับประโยชน์จาก CO₂ (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2546)
- ข. รักษาโรคเชื้อราในยางพารา
- ค. ป้องกันโรครากและโคนเน่าจากเชื้อรา
- ง. เร่งการเจริญเติบโต กระตุ้นความต้านทานโรค
- จ. ป้องกันศัตรูพืช ขั้วไล่แมลงทุกชนิดและเชื้อรา
- ฉ. ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาลของพืชทำให้ผักและผลไม้มีรสหวาน
- ช. เป็นสารจับใบ จะช่วยลดการใช้สารเคมี เนื่องจากสารเคมีสามารถออกฤทธิ์ได้ดีในสารละลายที่เป็นกรดอ่อน ๆ (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2546)

2.11.2 ด้านปศุสัตว์

- ก. กำจัดกลิ่นและขับไล่แมลงในคอกสัตว์ป้องกันไม่ให้แมลงวางไข่
- ข. ขับไล่เห็บ, หมัด และรักษาโรคเรื้อนของสัตว์

ค. ผสมอาหารสัตว์เพื่อช่วยการย่อยอาหารและป้องกันโรคท้องเสีย (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2546)

2.11.3 ด้านครัวเรือน

- ก. ป้องกันปลวก มด และสัตว์ต่าง ๆ เช่น ตะขาบ ตะเข็บ แมงป่อง กิ้งกือ มีผลิตภัณฑ์ไล่แมลงและกำจัดกลิ่น โดยใช้ น้ำส้มควันไม้ ในเยลลี่บรรจุใส่ถุงแล้วค่อย ๆ ระบาย ซึ่งสามารถลดกลิ่นและกำจัดแมลงที่เป็นอันตรายและพวกสัตว์ปีกได้ (Tadakatsu, Kazuhiro and Mayumi, 2004)
- ข. ดับกลิ่นห้องน้ำ ห้องครัว บริเวณที่ชื้น และกำจัดกลิ่นขยะ
- ค. รักษาแผลสด แผลถูกน้ำร้อนลวกและไฟลวก รักษาโรคน้ำกัดเท้า เชื้อราผิวหนัง
- ง. ฆ่าปลวก มด
- จ. ใช้หมักขยะสดและเศษอาหารเป็นปุ๋ย (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2546)

2.11.4 ด้านอุตสาหกรรม

ปัจจุบันได้มีการคำนึงถึงเรื่องพิษของสารเคมีที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมและมนุษย์มากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการค้นคว้าทดลองกันอย่างจริงจังเพื่อให้ได้ตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่ก็เป็นการยากที่จะหาสารอื่นมาแทนสารที่ใช้กันอยู่แล้ว ซึ่งเป็นสารที่มีความเป็นพิษต่อศัตรูทำลายไม้พวกเชื้อราและแมลงสูง รวมทั้งคงทนอยู่ในเนื้อไม้ได้ดี ดังนั้นถ้าสามารถศึกษาค้นคว้าหาสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้มาใช้เป็นน้ำยาอัดไม้ในอุตสาหกรรมไม้ยางพารา ก็ทำให้เกิดผลดีต่อกับอุตสาหกรรมไม้เป็นอย่างมาก ซึ่งจากการค้นคว้าน้ำส้มควันไม้มีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมดังต่อไปนี้

- ผลิตสารระงับกลิ่น ในประเทศญี่ปุ่นมีการนำน้ำส้มควันไม้มาผลิตเป็นสารดับกลิ่นตัวมากกว่าปีละ 1 ล้านลิตรและศึกษาวิธีสกัดน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่าน (Toshibumi, 1995)
- ผลิตสารปรับผิวนุ่ม ทั้งใช้โดยตรงทั้งทางผิวหนังหรือผสมน้ำอาบ
- ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารรมควันสารปรุงแต่งสำหรับเครื่องดื่ม ยา อาหาร (Qiuxing, 2000)
- ใช้ในอุตสาหกรรมย้อมผ้า
- ใช้เป็นส่วนประกอบของสารฆ่าแมลง ได้จากการสกัดสารในน้ำส้มควันไม้ ซึ่งเป็นสารที่มีผลกับสิ่งแวดลอม ปลอดภัย เกิดมลภาวะน้อยและมีประสิทธิภาพเป็นยาฆ่าแมลง (Guangyuan, 2003)

- ใช้ผลิตยามาเชื้อไทฟอยด์ อาหารเสริมเพิ่มภูมิต้านทาน อาหารเสริมการทำงานของตับและยารักษาโรคผิวหนัง
- ใช้ผลิตสารป้องกันเนื้อไม้จากเชื้อราและแมลง (เพ็ญพิชญา เตียว, 2547)

บทที่ 3

การศึกษาสมบัติเบื้องต้นของน้ำส้มควันไม้

3.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ไม้เป็นทรัพยากรที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ ถูกทำลายด้วยแมลง มอดและราได้ง่าย (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2527) เฉพาะไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีปริมาณแป้และน้ำตาลสูง จึงกลายเป็นอาหารของพวกแมลงและเชื้อรา จากการสุพังหรือเสื่อมจากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ ทำให้มีการใช้สารเคมีเพื่อยับยั้งการเสื่อมสภาพของไม้ซึ่งมีการพัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง สารเคมีรักษาเนื้อไม้ไม่มีความเป็นพิษต่อศัตรูทำลายไม้ แต่สารเคมีมีผลกระทบต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม (ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านเคมี, 2547) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องมีการศึกษาประสิทธิภาพและผลข้างเคียงของสารเคมีนั้น ปัจจุบันมีการวิจัยเพื่อหาสิ่งทดแทนสารเคมีอีกทั้งช่วยลดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม เช่น สถาบันวิจัยด้านป่าไม้ของประเทศนิวซีแลนด์ Anon (1988) ได้ใช้ Foam อัดเข้าไปในเนื้อไม้เพื่อป้องกันเชื้อราไม้ และมีการศึกษาถึงแนวโน้มของการใช้ขี้ผึ้งในการเคลือบผิวไม้เพื่อป้องกันเชื้อราทำลายไม้ ซึ่งได้ผลดีเท่าเทียมกับสารเคมีบางชนิด และเป็นที่คาดหวังว่าการใช้ขี้ผึ้งอาจเป็นสารตัวใหม่ที่สามารถใช้ทดแทนสารเคมีรักษาเนื้อไม้ได้ (สุชาติพิทย์ แสงกุล, 2532) งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำสารที่ได้จากธรรมชาติ คือ น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการควบแน่นของควันไฟที่เกิดจากการเผาถ่าน น้ำส้มควันไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น การเกษตร ปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และครัวเรือน ปัจจุบันนำไปใช้เคลือบผิวงานไม้ เพื่อป้องกันเนื้อไม้จากมอด แมลง และรา ซึ่งเริ่มนำไปใช้ในหัตถกรรมงานไม้ (โสภณ ลีลาธนาพิพัฒน์, 2546) และมีศึกษาพบว่าน้ำส้มควันไม้เป็นส่วนประกอบของสารฆ่าแมลงซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้การเกิดมลพิษต่ำ (Guangyuan, 2003)

ดังนั้นงานวิจัยในบทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาสมบัติเบื้องต้นและแนวโน้มของน้ำส้มควันไม้ในการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพาราที่มีต่อเชื้อรา

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีความทนทานต่อศัตรูทำลายไม้พวกเชื้อรา แมลง ตามสภาพธรรมชาติได้เฉลี่ย 1.9 ปี ซึ่งปกติถ้าไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติ ต่ำกว่า 6 ปี ก่อนนำไปใช้งานหรือประโยชน์ ควรต้องผ่านการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้เสียก่อน (อาไฟ เปี่ยมอรุณ, ชีระ วิณิน และทรงกลด จารุสมบัติ, 2547) เนื่องจากสุชาติพิทย์ แสงกุล (2525) ศึกษาเกี่ยวกับการเข้าทำลาย

ของเชื้อราที่มีต่อไม้ชนิดต่าง ๆ ผลของการทำลายเชื้อราที่มีต่อไม้ โดยส่วนมากจะแสดงออกมาในรูปของการสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งการเข้าทำลายไม้ของเชื้อราชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างคือ ชนิดของไม้ ชนิดของเชื้อรา อุณหภูมิ อาหาร และความชื้นซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการผุพังโดยเชื้อราได้ดี จากผลการทดลองปรากฏว่า ไม้ยางพารา จัดเป็นไม้ที่ไม่มีความทนทานเลย เนื่องจากเนื้อไม้ยางพารามีส่วนประกอบเคมีเป็นพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นแหล่งอาหารสำคัญของพวกเชื้อเห็ดราทำลายไม้ ดังนั้นการทำลายไม้ของเชื้อเห็ดรานี้จึงอยู่ในระดับสูง

มีวิวัฒนาการของการใช้สารเคมีรักษาเนื้อไม้เพื่อสร้างความเป็นพิษต่อศัตรูทำลายไม้ ซึ่งสารเคมีเหล่านี้มีผลกระทบต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงมีการค้นคว้าสิ่งทดแทนสารเคมีรักษาเนื้อไม้เพื่อช่วยลดมลภาวะในสิ่งแวดล้อมและวัฏจักรของระบบนิเวศน์ ดังงานวิจัยต่อไปนี้

สุธาทิพย์ แสงกุล (2532) ศึกษาถึงแนวโน้มการใช้ขี้ผึ้งในการป้องกันรักษาเนื้อไม้เปรียบเทียบกับการใช้สารเคมี TBTO, CuN และการใช้สารเคมีร่วมกับขี้ผึ้ง ทดสอบกับเชื้อราทำลายไม้ เป็นเวลา 2 เดือน ภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่า ไม้ที่เคลือบด้วยขี้ผึ้งสามารถป้องกันเชื้อราทำลายไม้ได้ และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการใช้สารเคมี TBTO, CuN และการใช้สารเคมีทั้งสองชนิดร่วมกับขี้ผึ้ง นอกจากนั้นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งแสดงว่าไม้ที่ผ่านการอบสารเคมีและการเคลือบผิวด้วยขี้ผึ้งช่วยให้ไม้มีความทนทานสูงขึ้นกว่าปกติ และเป็นที่คาดหวังว่าการใช้ขี้ผึ้งอาจเป็นสารตัวใหม่ที่สามารถใช้ทดแทนสารเคมีรักษาเนื้อไม้ได้

สุธาทิพย์ พรหมโชติกุล (2535) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ไซพาราฟินในการรักษาเนื้อไม้ เปรียบเทียบกับสารเคมี 2 ชนิด คือ 2 % Copper-8-Quinolinolate และ 0.5 % Metatin 58-10/101 ทดสอบกับเชื้อราทำลายไม้ ผลปรากฏว่าไม้ยางพาราและไม้กระถินเทพาที่ผ่านการเคลือบไซพาราฟินสามารถป้องกันการเข้าทำลายจากเชื้อราทำลายไม้ได้ โดยมีค่าประสิทธิภาพของสารเคมีต่อการป้องกันเชื้อรา 80-90 % ไม้ยางพาราเคลือบไซพาราฟิน และ 70-80 % ในไม้กระถินเทพาเคลือบไซพาราฟิน การใช้ไซพาราฟินเคลือบผิวไม้สามารถใช้ประโยชน์ในการป้องกันเชื้อราทำลายไม้ได้เท่าเทียมและ/หรือดีกว่าสารเคมีรักษาเนื้อไม้บางชนิด

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาค้นคว้าหาสารที่ได้จากธรรมชาติเพื่อทดแทนสารเคมีป้องกันรักษาเนื้อไม้ สารธรรมชาตินี้ คือ น้ำส้มควันไม้ หรือ Wood Vinegar มีการศึกษาค้นคว้าดังต่อไปนี้

น้ำส้มควันไม้ดิบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของเหลวใส สีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ไม่ตกตะกอน ไม่มีสิ่งแปลกปลอมหรือสารแขวนลอย น้ำส้มควันไม้เกิดจากการควบแน่นของควันไฟที่เกิดจากการเผาถ่านในช่วงอุณหภูมิเผา 300 ถึง 400 องศา

เซลเซียส และผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์โดยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอย่างน้อย 45 วัน แล้วนำมากรอง น้ำส้มควันไม้ต้องมีกลิ่นเหมือนควันไฟ ต้องไม่เปลี่ยนสีเป็นสีดำ มีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3 ความถ่วงจำเพาะต้องไม่น้อยกว่า 1.005 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของไม้ น้ำส้มควันไม้ประกอบด้วยสารอินทรีย์และกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก มีปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารอื่น เช่น กรดฟอร์มิก เมทานอล ฟีนอล และอะซิโตน (พุฒินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ, 2543) และจากการศึกษาของ จูไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ และคณะ (2549) เกี่ยวกับการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการเก็บน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราควรมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 350-400 องศาเซลเซียส ซึ่งมีปริมาณกรดอะซิติก 93.847-126.471 กรัมต่อลิตร เมทานอล 0.412-1.769 กรัมต่อลิตร อะซิโตน 0.013-0.024 กรัมต่อลิตร และฟีนอล 0.097-0.100 กรัมต่อลิตร

น้ำส้มควันไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น การเกษตร ปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และครัวเรือน น้ำส้มควันไม้เป็นสารที่คณะกรรมการอาหารและยาสหรัฐ (FDA) อนุญาตให้ใช้สำหรับแต่งกลิ่นควันในอาหาร รวมทั้งสามารถใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง ทดแทนสารเคมีอันตรายบางชนิดและใช้เคลือบผิวงานไม้ เพื่อป้องกันเนื้อไม้จากมอด แมลง และรา ปัจจุบันเริ่มนำไปใช้ในหัตถกรรมงานไม้ (โสภณ ลีธรรณานิพัฒน์, 2546)

การรักษาสภาพเนื้อไม้มีความสำคัญต่อการป้องกันศัตรูทำลายเนื้อไม้ ดังนั้นหากมีการค้นคว้าสารที่ได้จากธรรมชาติเพื่อมาทดแทนสารเคมีจะเป็นการช่วยลดอันตรายต่อมนุษย์และลดความเสี่ยงสารตกค้างและจากการค้นคว้างานวิจัยต่าง ๆ น้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มในการรักษาสภาพเนื้อไม้ได้

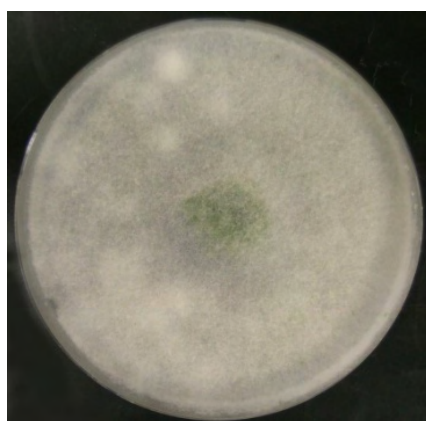
3.3 วัสดุ

3.3.1 น้ำส้มควันไม้สำหรับการทดลองนี้มี 3 ชนิด คือ น้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัส และกระถิน ซึ่งผลิตมาจากเตาอิวาเตะ น้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด เป็นสารที่จะนำมาทดสอบหาสมบัติต่าง ๆ และศึกษาหาแนวโน้มในการรักษาสภาพไม้ยางพารา

3.3.2 สารเคมีที่ใช้เป็นสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ ได้แก่ สารประกอบโบรอนชนิดทิมบอร์ เป็นน้ำยาสำหรับอาบน้ำยาไม้ซึ่งเป็นน้ำยาที่ใช้โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้ในการทดลองการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพารา

3.3.3 ไม้ยางพารา (*Heavea brasiliensis* Muell. Arg) จากโรงงานแปรรูปไม้ทั่วไป เป็นไม้สด ซึ่งผ่านการเลื่อยแปรรูปและไม่ได้ผ่านกระบวนการอาบน้ำยาไม้ ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่ใช้ทดสอบสำหรับการทดลองนี้

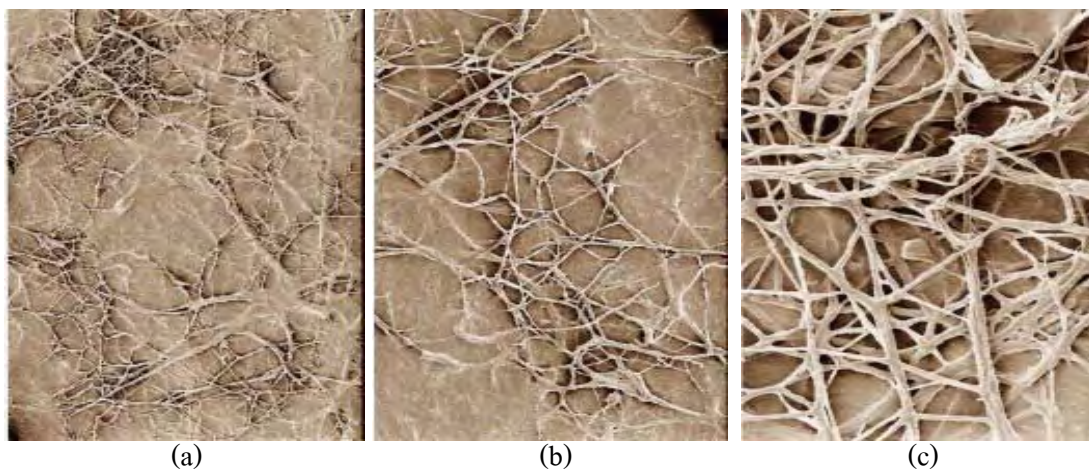
3.3.4 เชื้อราไม้สำหรับการทดลอง เป็นตัวอย่างเชื้อราไม้จำแนกชนิดได้เป็น *Trichoderma* sp. (ภาพประกอบที่ 3.1) ซึ่งเป็นผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการเก็บรักษาสายพันธุ์จุลินทรีย์ หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลางไบโอเทค ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ และสอดคล้องกับผลการทดสอบจาก National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Phylogenetics ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, หน่วยปฏิบัติการวิจัยทรัพยากรชีวภาพ ห้องปฏิบัติการ Phylogenetics จังหวัดปทุมธานี มีลักษณะทางสัณฐานวิทยา ดังนี้ คือ โคลนินบน PDA เจริญเร็วลักษณะของเส้นใยที่เจริญออกมาเริ่มแรกจะมีสีขาว เมื่อเชื้อรามีอายุมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม เนื่องจากการสร้างสปอร์มากขึ้น ก้านชูสปอร์จะแตกกิ่งก้านเป็นช่อ สปอร์ มีสีเขียวมี 1 เซลล์ รูปไข่ ผิวเรียบ หรือขรุขระเจริญออกมาจากส่วนปลายของเส้นใย มีขนาดเฉลี่ย 3.2×2.7 ไมครอน สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว Chamydospore จะเจริญระหว่างเส้นใยหรือที่ส่วนปลายของเส้นใยมีลักษณะกลมโต เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 6.9 ไมครอน (ภาพประกอบที่ 3.2) และลักษณะโครงสร้างที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน, SEM แสดงดังภาพประกอบที่ 3.3



ภาพประกอบที่ 3.1 ตัวอย่างเชื้อราไม้เจริญบน PDA media



ภาพประกอบที่ 3.2 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma* sp.



ภาพประกอบที่ 3.3 โครงสร้างของเชื้อราไม้สำหรับการทดลอง เป็นภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) กำลังขยาย (a) 100, (b) 200 และ (c) 500 เท่า

3.3.5 อาหารเลี้ยงเชื้อราชนิดแข็ง Sabouraud 4% Dextrose Agar (SDA) ของ Merk, Germany โดยละลายอาหารในอัตราส่วน 65 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยใช้ความดัน 15 psi เป็นเวลา 15 นาที แล้วเทใส่จานเพาะเชื้อ (plate) จานละ 18 มิลลิลิตร สำหรับการทดลองนี้ใช้ SDA สำหรับเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อราในการทดสอบการรักษาสภาพไม้ภายหลังผ่านการอบน้ำยาแล้ว

3.4 อุปกรณ์

3.4.1 ไฮโดรมิเตอร์ ของ Precision ช่วงความหนาแน่น $1.000 - 2.000 \text{ g/cm}^3$ เป็นอุปกรณ์วัดความหนาแน่นของของเหลว มีลักษณะเป็นกระเปาะกลวงยาว ปิดทุกด้าน ส่วนปลายด้านล่างมีน้ำหนักถ่วงไว้เพื่อให้ลอยตั้งตรง ด้านบนมีลักษณะเป็นหลอดยาวแคบ ๆ มีขีดบอกระดับที่จมนสามารถอ่านค่าความหนาแน่นในระดับสายตา แสดงดังภาพประกอบที่ 3.4 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3.4.2 พีเอชมิเตอร์ ของ Russell Model RL 150 เป็นเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว สามารถทราบค่าที่แน่นอน โดยการอ่านค่าที่แสดงเป็นตัวเลขจากหน้าจอหลังมีการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง แสดงดังภาพประกอบที่ 3.5 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ภาพประกอบที่ 3.4 ไฮโดรมิเตอร์



ภาพประกอบที่ 3.5 พีเอชมิเตอร์

3.4.3 เครื่องเลื่อยสายพาน ของ Petzing & Hartmann Kassel West-Gremany Model Pehaka ใช้สำหรับเลื่อยไม้ยางพาราให้มีขนาดตามกำหนด แสดงดังภาพประกอบที่ 3.6 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ภาพประกอบที่ 3.6 เครื่องเลื่อยสายพาน

3.4.4 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) รุ่น HP 6850 Gas Chromatography with Flame Ionization Detector แก๊สโครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคของการแยกและวิเคราะห์สาร สำหรับการแยกสารผสมที่สามารถทำให้กลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิเหมาะสม แสดงดังภาพประกอบที่ 3.7 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ภาพประกอบที่ 3.7 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

3.4.5 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy, SEM) รุ่น JSM-5800LV, JEOL เป็นเครื่องมือในการศึกษาลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของวัสดุ แสดงดังภาพประกอบที่ 3.8 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ภาพประกอบที่ 3.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

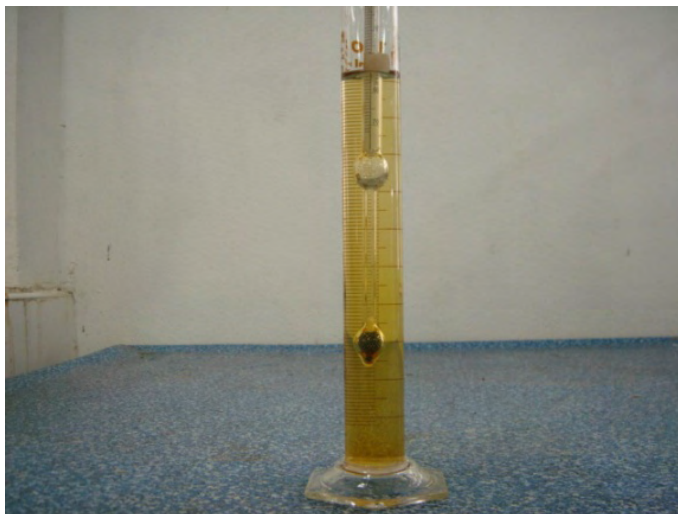
3.5 วิธีดำเนินการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการรักษาสภาพไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ การศึกษาสมบัติทางกายภาพ การศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้และแนวโน้มของน้ำส้มควันไม้ในการรักษาสภาพไม้ยางพาราที่มีต่อเชื้อราไม้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสมบัติเบื้องต้นของน้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัส และกระถิน ซึ่งสมบัติทางกายภาพที่ศึกษาได้แก่

- 3.5.1.1. สี ทำการสังเกตด้วยสายตา
- 3.5.1.2. ค่าความถ่วงจำเพาะ นำน้ำส้มควันไม้ใส่ในกระบอกตวงแล้วใช้ไฮโดรมิเตอร์หย่อนลงในน้ำส้มควันไม้ แล้วอ่านค่าจากสเกลตรงบริเวณผิวบนของน้ำส้มควันไม้ ในระดับสายตา แสดงดังภาพประกอบที่ 3.9
- 3.5.1.3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใช้พีเอชมิเตอร์เป็นเครื่องมือในการวัด โดยจุ่มหัววัดลงในน้ำส้มควันไม้ และอ่านค่าที่หน้าจอเครื่อง



ภาพประกอบที่ 3.9 การหาค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์

3.5.2 ศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของสารได้แก่ กรดอะซิติก ฟีนอล และอะซิโตน ที่อยู่ในน้ำส้มควันไม้ ไม้ยูคาลิปตัส และกระถิน โดยนำตัวอย่างน้ำส้มควันไม้ส่งวิเคราะห์ ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้เทคนิค GC ด้วยวิธีการทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ อ้างอิงคือ WI-RES-GC-001

3.5.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการรักษาสภาพไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้

เพื่อศึกษาสมบัติเบื้องต้นของน้ำส้มควันไม้ในการรักษาสภาพไม้ยางพารา ขั้นตอนในการทดลองตามมาตรฐาน ASTM1413-99 (Standard Test Method for Wood Preservatives by Laboratory Soil-block Cultures) และงานวิจัยจากการประชุมวิชาการป่าไม้เรื่องแนวโน้มของการใช้จีเอ็มในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ (สุชาติพิทย์ แสงกุล, 2532) และเรื่องประสิทธิภาพของไขพาราฟินในการรักษาเนื้อไม้ (สุชาติพิทย์ พรหมโชติกุล, 2535) มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

3.5.3.1 การเตรียมตัวอย่างไม้ทดลอง

เลือกไม้ยางพาราให้เป็นชิ้นขนาด $2.54 \times 2.54 \times 1.0$ เซนติเมตร ดังภาพประกอบที่ 3.10 แล้วนำไม้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งหาน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไม้ทดลองแช่ลงในสารที่เตรียมไว้ นาน 3 ชั่วโมง ผึ่งให้หมาด ก่อนนำเข้าทดสอบกับเชื้อรา



ภาพประกอบที่ 3.10 ไม้ยางพาราสำหรับการทดลอง

3.5.3.2 การเตรียมเชื้อราที่ใช้ทดสอบ

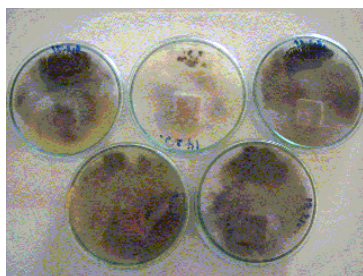
นำเชื้อราไม้ที่ทดสอบมาเพาะเลี้ยงบนอาหารชนิด SDA ให้ได้โคโลนีเดี่ยว ๆ เลือกเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารอีกครั้ง บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2-3 วัน

3.5.3.3 การเตรียมสารตัวอย่าง

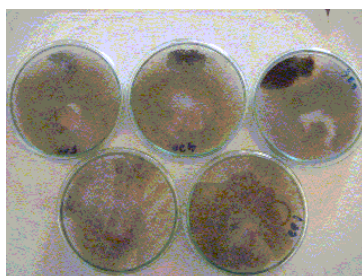
- น้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัส กระถิน ความเข้มข้น 100% โดยปริมาตร ซึ่งเป็นสารที่จะนำมาทดสอบเพื่อหาแนวโน้มในการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพารา
- กรดอะซิติก อะซิโตน ฟีนอล ฟอร์มัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 99.7% โดยปริมาตร ซึ่งจากการตรวจเอกสารเบื้องต้นพบสารเคมีเหล่านี้มีอยู่ในน้ำส้มควันไม้ ดังนั้นจึงนำมาทดสอบเพื่อศึกษาว่าสารดังกล่าวมีแนวโน้มในการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพาราได้หรือไม่
- กรดอะซิติก 87,000 มิลลิกรัมต่อลิตร อะซิโตน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟีนอล 2,700 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสารเหล่านี้มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์ได้ในน้ำส้มควันไม้ไฟ ด้วยเครื่อง GC ดังนั้นจึงนำมาทดสอบเพื่อศึกษาว่าสารที่มีอยู่ในน้ำส้มควันไม้จะทำให้น้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มในการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพาราได้หรือไม่
- สารประกอบโบรอน เป็นสารรักษาสภาพเนื้อไม้ที่ใช้กันโดยทั่วไป อัตราส่วนสารประกอบโบรอน 25 กก. ต่อน้ำ 2,500 ลิตร หรือความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร นำมาทดลองเพื่อเปรียบเทียบการรักษาสภาพเนื้อไม้กับสารอื่น ๆ
- สารต้านเชื้อราแอมโฟเทอรีซินบี ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร นำมาทดลองเพื่อเปรียบเทียบการรักษาสภาพเนื้อไม้กับสารอื่น ๆ

3.5.3.4 การทดลอง

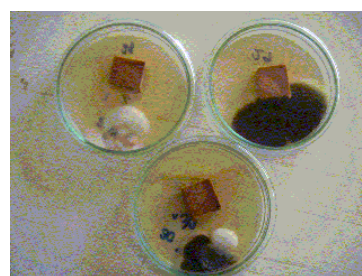
นำไม้ทดลองไปวางในถาดแก้วที่เพาะเลี้ยงเชื้อราเตรียมไว้ ดังภาพประกอบที่ 3.11 เก็บไว้ภายใต้สภาวะของอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์



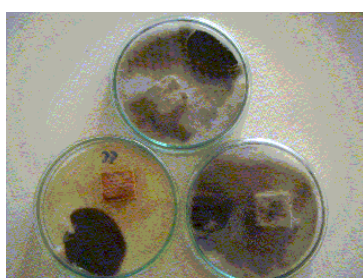
น้ำส้วมคั่นไม้กระถิน



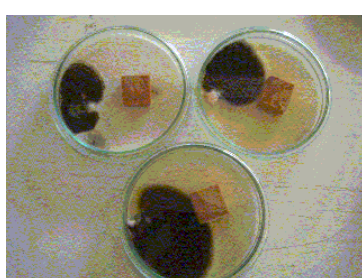
น้ำส้วมคั่นไม้ยูคาลิปตัส



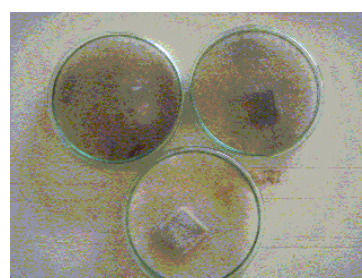
น้ำส้วมคั่นไม้ไผ่



น้ำส้วมคั่นไม้กระถิน



น้ำส้วมคั่นไม้ยูคาลิปตัส



น้ำส้วมคั่นไม้ไผ่

ภาพประกอบที่ 3.11 ไม้ผ่านการแช่น้ำส้วมคั่นไม้ชนิดต่างๆ ในถาดแก้วเพาะเลี้ยงเชื้อรา

3.5.3.5 การวัดผลการทดลอง

เมื่อครบกำหนดเวลา นำไม้ทดลองมาทำความสะอาด โดยเช็ดเส้นใยของเชื้อราออกจากไม้ทดสอบ แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อหาน้ำหนักคงที่แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักจากสมการที่ 1

การสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%) =

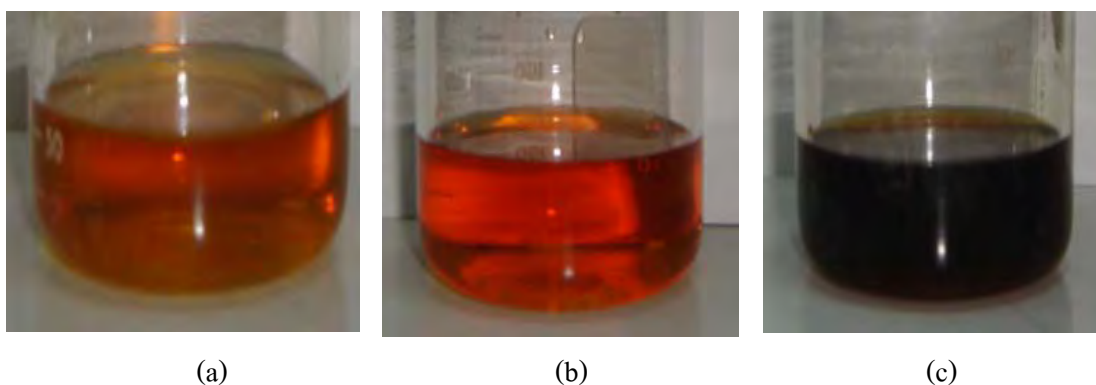
$$\frac{(\text{น้ำหนักไม้อบแห้งก่อนทดลอง} - \text{น้ำหนักไม้อบแห้งหลังทดลอง}) \times 100}{\text{น้ำหนักไม้อบแห้งก่อนทดลอง}} \dots\dots\dots 1$$

3.6 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การศึกษาสมบัติเบื้องต้นของน้ำส้มควันไม้ แบ่งผลการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.6.1 สมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัส และกระถิน

สมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ศึกษา ได้แก่ สี ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัส และกระถิน แสดงดังภาพประกอบที่ 3.12 และตารางที่ 3.1



ภาพประกอบที่ 3.12 สีของน้ำส้มควันไม้ (a) กระถิน (b) ยูคาลิปตัส และ (c) ไฟ

ตารางที่ 3.1 สมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้	สี	ความถ่วงจำเพาะ	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
กระถิน	เหลืองเข้ม	1.01	3.69
ยูคาลิปตัส	ส้ม	1.02	3.63
ไฟ	น้ำตาลเข้ม	1.03	3.81

จากผลการทดลอง สีของน้ำส้มควันไม้แต่ละชนิดมีสีที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มควันไม้แต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ซึ่งน้ำส้มควันไม้กระถินเป็นผลพลอยได้จากการผลิตถ่านจากไม้กระถิน น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสเป็นผลพลอยได้จากการผลิตถ่านจากยูคาลิปตัส และน้ำส้มควันไม้ไฟเป็นผลพลอยได้จากการผลิตถ่านจากไม้ไฟ โดยที่น้ำส้มควันไม้ไฟมีสีเข้มมากกว่าน้ำส้มควันไม้กระถินและน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส พบว่าสีของน้ำส้มควันไม้ที่นำมาทดสอบมีความสอดคล้องกับสีโดยทั่วไปของน้ำส้มควันไม้ น้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพควรมีสีอยู่

ในช่วงสีเหลืองน้ำตาลถึงสีแดงน้ำตาล สีจะคล้ายกับสีของชาดำ เบียร์หรือไวน์ (DOI & CO., LTD, 2005)

น้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 1.01-1.03 พบว่ามีความสอดคล้องกับค่าความถ่วงจำเพาะโดยทั่วไปของน้ำส้มควันไม้ ซึ่งจะมีค่าประมาณ 1.015 (DOI & CO., LTD, 2005)

น้ำส้มควันไม้ไฟ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าน้ำส้มควันไม้ทั้ง 2 ชนิด และน้ำส้มควันไม้กระถินกับน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน พบว่าสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างโดยทั่วไปของน้ำส้มควันไม้ ซึ่งจะมีค่าประมาณ 3 (DOI & CO., LTD, 2005)

3.6.2 สมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัส และกระถิน

จากการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณกรดอะซิติก ฟีนอล และอะซิโตน ของน้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัส และกระถิน ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3.2 เนื่องจากสารประกอบแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน ทำให้ทราบถึงแนวโน้มการนำไปใช้ของน้ำส้มควันไม้แต่ละชนิดได้ด้วย สารประกอบที่วิเคราะห์แต่ละชนิดมีสมบัติดังนี้

- กรดอะซิติก เป็นสารกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา เชื้อแบคทีเรียและเชื้อไวรัส
- ฟีนอล เป็นสารกลุ่มควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ
- อะซิโตน เป็นสารกลุ่มตัวทำละลาย ใช้ในการชะล้าง เป็นสารไล่แมลง

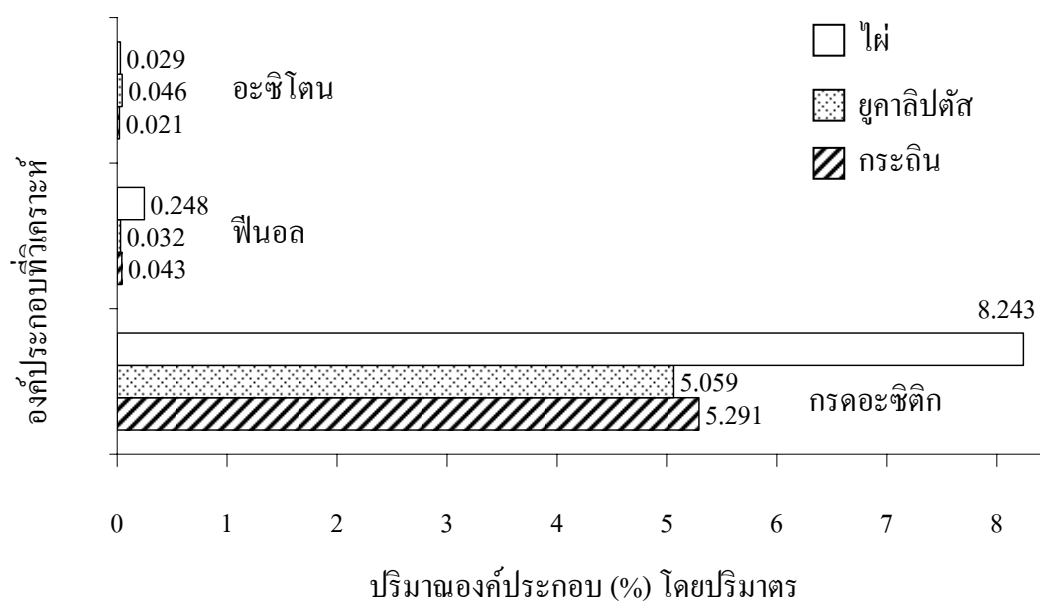
ตารางที่ 3.2 ปริมาณองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้	องค์ประกอบที่วิเคราะห์ (%) โดยปริมาตร			
	กรดอะซิติก	ฟีนอล	อะซิโตน	อื่น ๆ
กระถิน	5.291	0.043	0.021	94.645
ยูคาลิปตัส	5.059	0.032	0.046	94.863
ไฟ	8.243	0.248	0.029	91.480

จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ปริมาณของกรดอะซิติก ฟีนอลและอะซิโตนของน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด พบว่ากรดอะซิติกจะมีปริมาณสูงที่สุดเมื่อเทียบกับฟีนอลและอะซิโตน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พุฒินันท์ พิงวงษ์ญาติ (2543) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด น้ำส้มควันไม้ไฟมีปริมาณของกรดอะซิติกและฟีนอลสูงกว่าน้ำส้มควันไม้

อีก 2 ชนิด ส่วนปริมาณของอะซิโตนของน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกัน แสดงดังภาพประกอบที่ 3.13

เนื่องจากพบว่ามีปริมาณกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้แต่ละชนิดมากที่สุด ซึ่งกรดอะซิติกเป็นสารกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา (C.P. Group, 2005) ดังนั้นน้ำส้มควันไม้จึงมีแนวโน้มในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและสามารถนำไปรักษาสภาพเนื้อไม้



ภาพประกอบที่ 3.13 องค์ประกอบที่วิเคราะห์ในน้ำส้มควันไม้

3.6.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการรักษาสภาพไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้

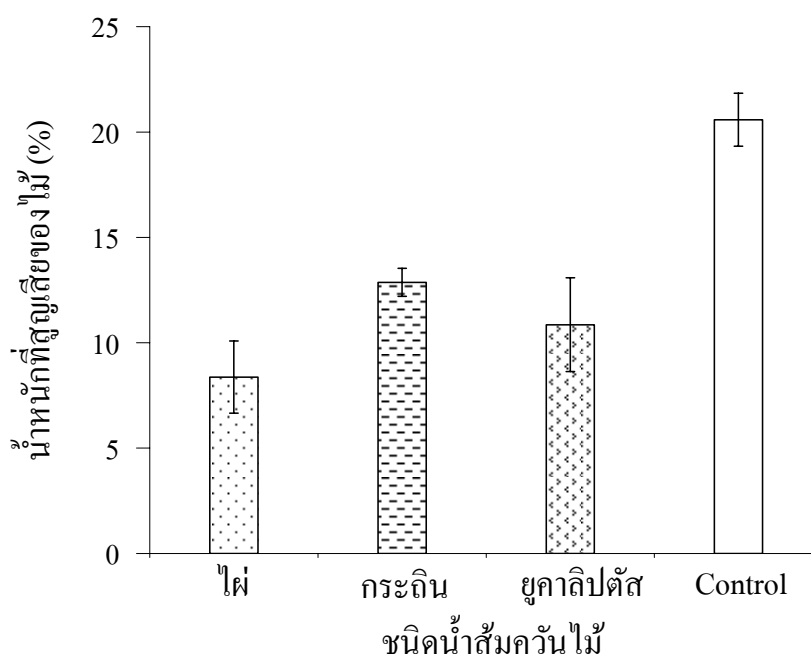
การทดลองนี้เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการรักษาสภาพไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้และสารอื่น ซึ่งผลการทดลองจะแสดงค่าของน้ำหนักที่สูญเสียของไม้ยางพารา (Weight Loss) หลังจากผ่านการอบน้ำยาแล้วนำไปทดสอบกับเชื้อราไม้เป็นเวลา 8 สัปดาห์และจำนวนวันที่ไม้ยางพาราทนต่อเชื้อราไม้ได้ ผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 4 ตอน ตามกลุ่มของน้ำยาที่นำมาทดสอบ มีผลดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ไม้ยางพาราอบด้วยน้ำส้มควันไม้ ดังตารางที่ 3.3 และภาพประกอบที่ 3.14 พบว่าค่าของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ยางพาราหลังอบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ กระถิน ยูคาลิปตัส มีค่าต่ำกว่าไม้ยางพาราที่ไม่อบน้ำยา ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าไม้ยางพาราที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้สามารถทนทานต่อเชื้อราไม้ได้ดีกว่าไม้ยางพาราที่ไม่ผ่านการอบน้ำยาเลย โดยไม้ยางพาราที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ต่ำที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบผล

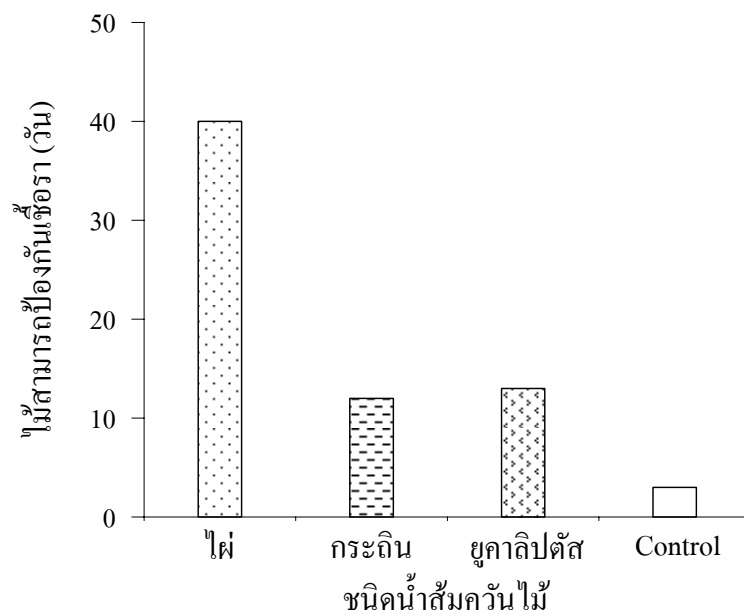
ของจำนวนวันที่ไม้ยางพาราสามารถทนต่อเชื้อราไม้ได้ แสดงดังภาพประกอบที่ 3.15 พบว่า ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟสามารถทนต่อการเกิดเชื้อราไม้ได้นานที่สุดคือ 40 วันและเมื่อครบ 8 สัปดาห์ เชื้อราไม้ที่ขึ้นบนไม้มีปริมาณน้อยมาก แสดงดังภาพประกอบที่ 3.16 และ 3.17 ดังนั้น ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟทนทานต่อเชื้อราไม้ได้สูงกว่าไม้ยางพารา ที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้กระถินและยูคาลิปตัส

ตารางที่ 3.3 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้

สารที่อาบไม้ยางพารา	ความเข้มข้น (% โดยปริมาตร)	ไม้ทนการขึ้นรา (วัน)	น้ำหนักที่สูญเสีย (%)
น้ำส้มควันไม้ไฟ	100	40	8.37±1.71
น้ำส้มควันไม้กระถิน	100	12	12.66±0.66
น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส	100	13	10.86±2.22
ไม่ใช้น้ำยา	-	3	20.58±1.26



ภาพประกอบที่ 3.14 น้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (%) เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้



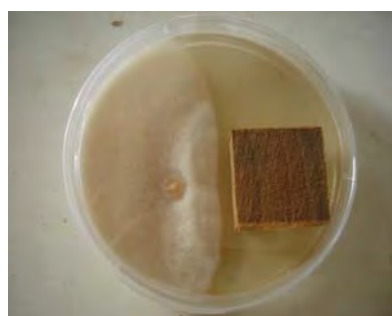
ภาพประกอบที่ 3.15 จำนวนวันที่ไม้สามารถป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยน้ำส้มคว้นไม้



(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพประกอบที่ 3.16 ไม้ยางพาราเมื่ออาบด้วยน้ำส้มคว้นไม้ (a) ไม้ (b) กระถิน (c) ยูคาลิปตัส และ (d) ไม้อบน้ำยา หลังทดสอบกับเชื้อราไม้ 1 สัปดาห์



(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพประกอบที่ 3.17 ไม้ยางพาราเมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ (a) ไม้ (b) กระถิน (c) ยูคาลิปตัส และ (d) ไม้อบน้ำยา หลังทดสอบกับเชื้อราไม้ 8 สัปดาห์

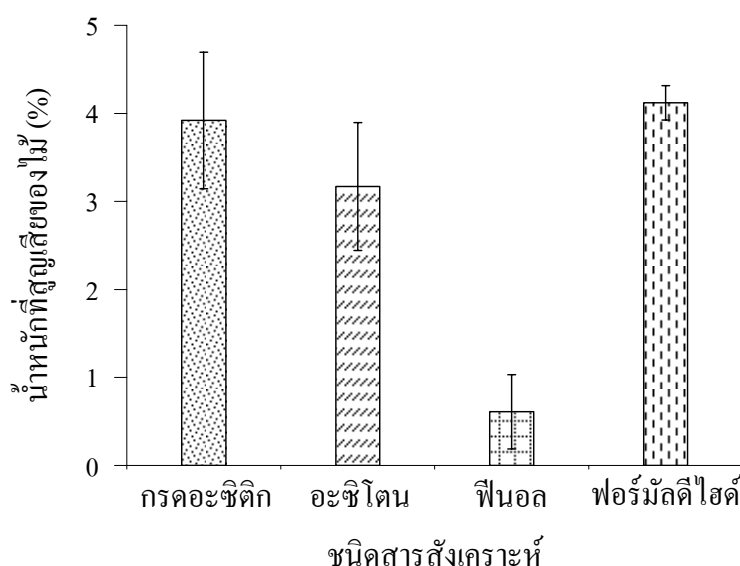
ตอนที่ 2 ไม้ยางพาราอบด้วย กรดอะซิติก อะซิโตน ฟีนอล และฟอร์มัลดีไฮด์ ความเข้มข้น 99.7% โดยปริมาตร ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3.4 และภาพประกอบที่ 3.18 พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ยางพาราหลังอบด้วยสารดังกล่าวมีค่าต่ำมากและต่ำกว่า ไม้ยางพาราที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้ ดังนั้นสารที่พบในน้ำส้มควันไม้มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราไม้ได้ และสามารถทนต่อเชื้อราไม้ได้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ดังนั้นการทดลองตอนที่ 3 จึงอบไม้ยางพาราด้วยสารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์พบในน้ำส้มควันไม้ไฟ เนื่องจากการทดลองตอนที่ 1 น้ำส้มควันไม้ไฟมีแนวโน้มในการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพาราได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสและกระถิน

ตอนที่ 3 ไม้ยางพาราอบด้วย กรดอะซิติก อะซิโตน และฟีนอล ที่มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์พบในน้ำส้มควันไม้ไฟ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3.5 และภาพประกอบที่ 3.19 พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ยางพาราเมื่ออบด้วยสารดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าไม้ยางพาราที่ไม่ได้อบน้ำยา ดังนั้นสารที่พบในน้ำส้มควันไม้มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราไม้ และไม้ยางพาราที่อบด้วยกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์พบในน้ำส้มควันไม้

ไผ่มีค่าต่ำที่สุด ดังนั้นกรดอะซิดิกที่พบในน้ำส้มควันไม้มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราไม่ได้ดีกว่า อะซิโตนและฟีนอล และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของไผ่ในการทนต่อเชื้อรา แสดงดัง ภาพประกอบที่ 3.20 พบว่าไผ่ยางพาราที่อาบด้วยกรดอะซิดิกที่มีความเข้มข้นกับที่วิเคราะห์พบใน น้ำส้มควันไม้ไผ่สามารถทนราได้นานถึง 60 วัน ซึ่งมากกว่าไผ่ยางพาราที่อาบด้วยอะซิโตนและ ฟีนอล ที่ทนเชื้อราได้เพียง 4 วัน แสดงดังภาพประกอบที่ 3.21 และ 3.22

ตารางที่ 3.4 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์

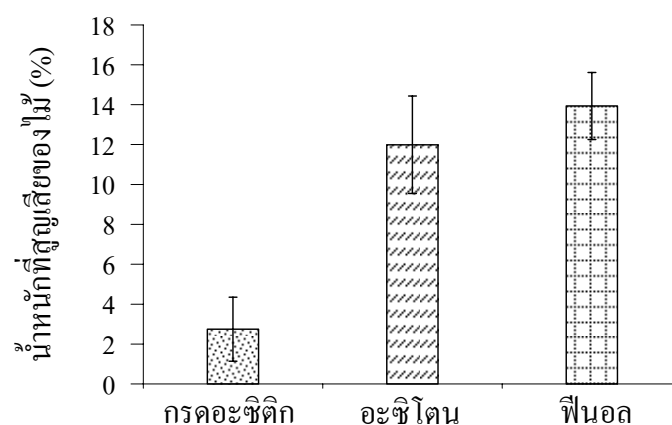
สารที่อาบไผ่ยางพารา	ความเข้มข้น (% โดยปริมาตร)	ไม้ทนการขึ้นรา (วัน)	น้ำหนักที่สูญเสีย (%)
กรดอะซิดิก	99.7	60	3.92±0.77
อะซิโตน	99.7	60	3.09±0.73
ฟีนอล	99.7	60	0.61±0.42
ฟอร์มาลดีไฮด์	99.7	60	4.10±0.20



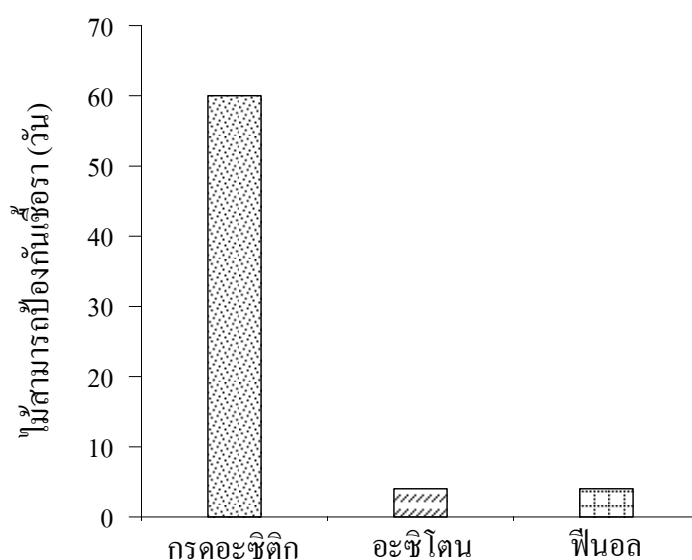
ภาพประกอบที่ 3.18 น้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (%) เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์

ตารางที่ 3.5 น้ำหนักที่สูญเสีย(%)และจำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์
ซึ่งมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์พบในน้ำส้มควันไม้ไฟ

สารที่อาบไม้ยางพารา	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไม้ทนการขึ้นรา (วัน)	น้ำหนักที่สูญเสีย (%)
กรดอะซิติก	87,000	60	2.75±1.61
อะซิโตน	250	4	11.99±2.44
ฟีนอล	2,700	4	14.25±1.68



ชนิดสารสังเคราะห์
ภาพประกอบที่ 3.19 น้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (%) เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์ความเข้มข้นต่าง ๆ



ชนิดสารสังเคราะห์
ภาพประกอบที่ 3.20 จำนวนวันที่ไม้ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารสังเคราะห์ความเข้มข้นต่าง ๆ

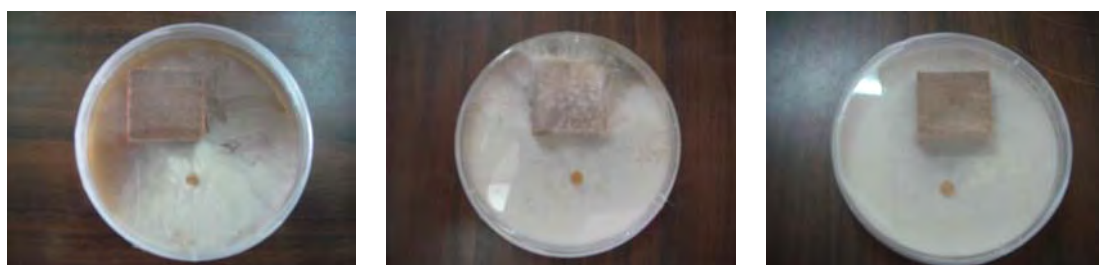


(a)

(b)

(c)

ภาพประกอบที่ 3.21 ไม้อย่างพาราหลังอาบด้วย (a) กรดอะซิติก (b) อะซิโตนและ (c) ฟีนอล ความเข้มข้นใกล้เคียงกับในน้ำส้มควันไม้ไฟ หลังทดสอบกับเชื้อรา 1 สัปดาห์



(a)

(b)

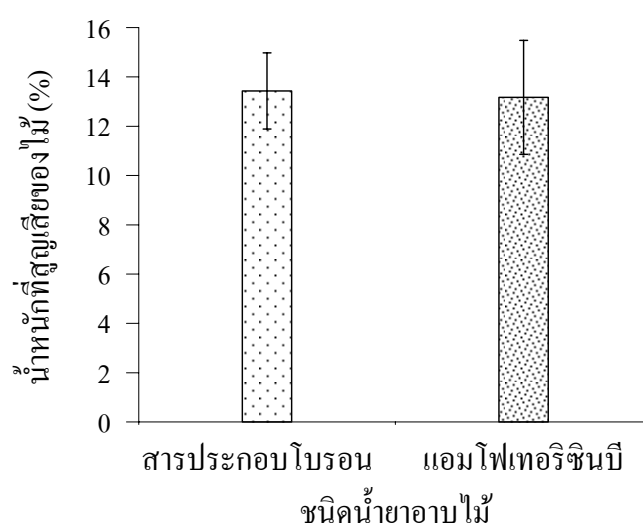
(c)

ภาพประกอบที่ 3.22 ไม้อย่างพาราหลังอาบด้วย (a) กรดอะซิติก (b) อะซิโตนและ(c) ฟีนอล ความเข้มข้นใกล้เคียงกับในน้ำส้มควันไม้ไฟ หลังทดสอบกับเชื้อรา 8 สัปดาห์

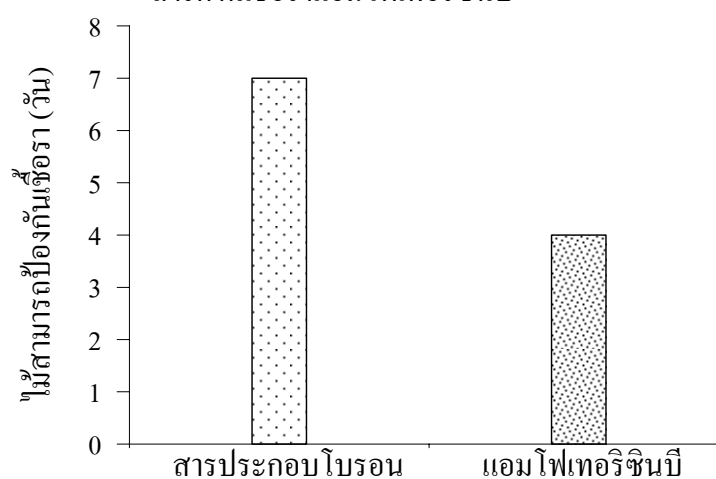
ตอนที่ 4 ไม้อย่างพาราอาบด้วยสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) ซึ่งเป็นสารที่ใช้กันในปัจจุบันและสารต้านเชื้อราแอมโฟเทอริซินบี ซึ่งเป็นตัวยาที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราที่ใช้กับมนุษย์ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3.6 และภาพประกอบที่ 3.23 พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ที่อาบด้วยสารประกอบโบรอนและแอมโฟเทอริซินบี มีค่าสูงกว่าที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ และเมื่อวัดผลจากจำนวนวันที่ไม้สามารถป้องกันเชื้อรา แสดงดังภาพประกอบที่ 3.24 พบว่าไม้ทนการขึ้นราได้น้อยมาก ดังนั้นน้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มในการทนทานต่อเชื้อราไม้ได้ดีกว่า และเมื่อครบเวลา 8 สัปดาห์ไม้อย่างพารามีราไม้ขึ้นเป็นจำนวนมาก แสดงดังภาพประกอบที่ 3.25 และ 3.26

ตารางที่ 3.6 น้ำหนักที่สูญเสีย (%) และจำนวนวันที่ไม่ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา

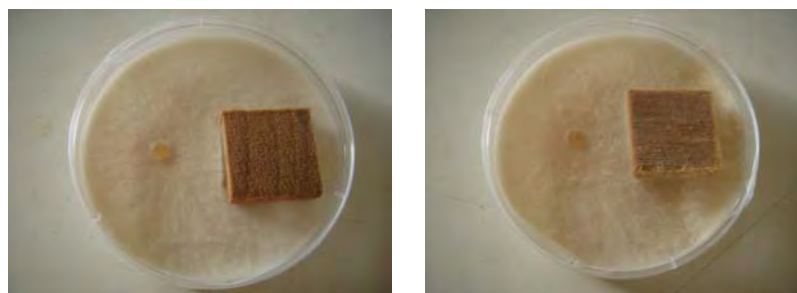
สารที่อาบไม่ยั้งพารา	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไม่ทนการขึ้นรา (วัน)	น้ำหนักที่สูญเสีย (%)
สารประกอบโบรอน	10,000	7	13.43±1.55
สารต้านเชื้อราแอมโฟเทอริซินบี	1,000	4	13.17±2.32



ภาพประกอบที่ 3.23 น้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (%) เมื่ออาบด้วยสารประกอบโบรอนและสารต้านเชื้อราแอมโฟเทอริซินบี



ภาพประกอบที่ 3.24 จำนวนวันที่ไม่ป้องกันเชื้อรา เมื่ออาบด้วยสารประกอบโบรอนและสารต้านเชื้อราแอมโฟเทอริซินบี



(a)

(b)

ภาพประกอบที่ 3.25 ไม้อย่างพาราหลังอาบด้วย (a) สารประกอบโบรอน (b) สารต้านเชื้อรา
แอมโฟเทอริซินบี หลังทดสอบกับเชื้อรา 1 สัปดาห์



(a)

(b)

ภาพประกอบที่ 3.26 ไม้อย่างพาราหลังอาบด้วย (a) สารประกอบโบรอน (b) สารต้านเชื้อรา
แอมโฟเทอริซินบี หลังทดสอบกับเชื้อรา 8 สัปดาห์

3.7 สรุปผลการทดลอง

น้ำส้มควันไม้ไฟ น้ำส้มควันไม้กระถินและน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส มีสีอยู่ในช่วงสีเหลืองถึงสีแดงน้ำตาล ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.01-1.03 และค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 3 ซึ่งเป็นสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพดี และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติก ฟีนอลและอะซิโตน พบว่าในน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุด และพบมากที่สุดใ้ในน้ำส้มควันไม้ไฟ

ไม้อย่างพาราที่อาบด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้น 87,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์พบในน้ำส้มควันไม้ไฟ หลังทดสอบกับเชื้อรา ไม้อย่างพารามีการสูญเสียของน้ำหนักต่ำที่สุด เท่ากับ 2.75 % และไม้อย่างพาราสามารถทนต่อการขึ้นราได้ 60 วัน เมื่อเทียบกับไม้อย่างพาราที่อาบด้วยฟีนอลและอะซิโตนที่มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับที่วิเคราะห์พบในน้ำส้มควันไม้ไฟ ดังนั้นกรดอะซิติกซึ่งเป็นองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้ทำให้น้ำส้มควันไม้เป็นสารรักษาสภาพเนื้อไม้ได้

ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ กระจินและยูคาลิปตัส หลังทดสอบกับเชื้อรา ไม้มี การสูญเสียของน้ำหนักเท่ากับ 8.37 % 12.66 % และ 10.86 % ตามลำดับ โดยมีค่าน้อยกว่า ไม้ยางพาราที่ไม่อาบน้ำยาและอาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ ซึ่งมีการสูญเสียของน้ำหนักเท่ากับ 20.58 % และ 13.43 % ตามลำดับ และเมื่อวัดผลจากความสามารถของไม้ยางพาราในการป้องกัน เชื้อรา พบว่าไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟสามารถทนต่อการขึ้นของเชื้อราในสภาวะการ ทดลองที่สมบูรณ์ได้นานที่สุดถึง 40 วัน ส่วนไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้กระจิน ยูคา ลิปตัสและสารรักษาสภาพเนื้อไม้สามารถทนต่อการขึ้นของเชื้อราได้เพียง 12 วัน 13 วัน และ 7 วัน ตามลำดับ ดังนั้นน้ำส้มควันไม้ไฟเป็นสารรักษาสภาพเนื้อไม้ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำส้ม ควันไม้กระจินและยูคาลิปตัส

บทที่ 4

การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้

4.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การป้องกันรักษาเนื้อไม้โดยทั่วไป นิยมใช้สารเคมีรักษาเนื้อไม้เพื่อป้องกันการเข้าทำลายจากแมลง เชื้อราและศัตรูทำลายไม้อื่น ๆ ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เช่น การอัดด้วยแรงดันและไม้ใช้แรงดัน เช่น การจุ่ม การพ่น และการแช่ เพื่อให้สารเคมีสามารถแทรกซึมเข้าไปภายในเนื้อไม้และมีความคงทนติดกับเนื้อไม้ เพื่อให้เนื้อไม้ไม่มีความเป็นพิษต่อศัตรูทำลายไม้ (อำเภอ เปี่ยมอรุณและคณะ, 2547) การอบน้ำยาไม้สามารถทำการอบได้ทั้งไม้สดและไม้ที่ผึ่งแห้งโดยการอบน้ำยาไม้สดเป็นวิธีการอบน้ำยาไม้ที่ได้ตัดโค่นลงมาใหม่ ๆ หรือยังสดอยู่ มีความชื้นในไม้สูง โดยใช้ตัวยาขึ้นเหนียวแบบยาสีฟัน (Paste) ค่อย ๆ ซึมเข้าไปแทนที่น้ำเลี้ยงในไม้ที่เรียกว่า วิธีโอสมอส (Osmose) แต่ถ้าตัวยามีความเข้มข้นมาก ๆ ค่อย ๆ ซึมเข้าไปในไม้ (Diffusion) ได้แก่ วิธียุ่มแล้วหมัก (Dip Diffusion) ส่วนการอบน้ำยาไม้แห้ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการอบน้ำยาไม้แปรรูปหรือไม้ท่อนที่จะนำไปใช้ในกิจการต่าง ๆ ปัจจุบันโรงงานแปรรูปไม้บางพาราใช้กรรมวิธีในการอบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัดหรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า การอัดน้ำยาไม้ มักทำหลังจากการเลื่อยแปรรูปหรือก่อนการอบ ซึ่งเป็นการป้องกันเบื้องต้นของเชื้อราที่เกิดการเสียสีและเชื้อราที่เข้าไปเจริญเติบโตในเนื้อไม้ โดยจะอัดน้ำยาที่เป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ให้เข้าไปในเนื้อไม้มากที่สุดตามลักษณะของการนำไปใช้ประโยชน์ การอัดน้ำยาไม้ไม่เหมาะสมกับน้ำยาประเภทน้ำมัน เพราะน้ำมันจะเยิ้มอยู่เป็นเวลานาน สารเคมีที่สามารถป้องกันรักษาเนื้อไม้มีหลายชนิด สารเหล่านี้อาจจะใช้เพียงชนิดเดียวหรือใช้ร่วมกับสารชนิดอื่น บางชนิดเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการอุตสาหกรรม ปัจจุบันได้มีการคำนึงถึงเรื่องพิษของสารเคมีและผลกระทบที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมและมนุษย์กันมาก ดังนั้นการหาสิ่งทดแทนสารเคมีเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งจากการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของน้ำส้มควันไม้ในบทที่ 3 น้ำส้มควันไม้ไม่มีแนวโน้มในการรักษาสภาพเนื้อไม้บางพารา ดังนั้นงานวิจัยในบทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอบน้ำยาไม้ด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการอบน้ำยาไม้ เป็นกรรมวิธีที่ทำให้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้สามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้เพื่อทำให้ไม้สามารถป้องกันศัตรูทำลายไม้ได้ มีการศึกษาค้นคว้าดังต่อไปนี้

พจน์ อนุวงศ์ และ ชีระ วิณิน (2525) ศึกษาหาวิธีการอบน้ำยาไม้อย่างง่ายและได้รับผลดีเมื่อใช้กับไม้ยางพารา เนื่องจากไม้ยางพาราเป็นไม้ที่อบน้ำยาได้ง่ายมาก และส่วนใหญ่เป็นการใช้ไม้ในที่ร่มที่ไม่ถูกแดดถูกฝน และเลือกใช้วิธีการแช่ไม้ในน้ำยาเป็นหลักในการทดลอง ผลการทดลองปรากฏว่า น้ำยาจะซึมซับเข้าไปในไม้เป็นปฏิกิริยากลับกันกับปริมาณความชื้นของไม้ที่ลดลง กล่าวคือ น้ำยาจะซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้มากขึ้น เมื่อความชื้นของไม้นั้นลดต่ำลงตามลำดับจนถึงจุดยูติณ จุดใดจุดหนึ่ง

ไพวรรณ เล็กอุทัย และคณะ (2532) ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีในการป้องกันมอดทำลายไม้ยางพาราภายหลังการแปรรูป การทดลองนี้เป็นการนำน้ำยาไม้อย่างพาราสด ใช้วิธีง่าย ๆ โดยการจุ่ม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารเคมีในกลุ่มที่เป็นยาฆ่าแมลง ได้แก่ Chlordane, Shelldrite, Diazinon และ Sumicidin ใช้ความเข้มข้นต่ำเพียง 0.5-1.0 % เท่านั้น เมื่อใช้กับไม้สด สารเคมีจึงเจือจางลงไปได้อีก ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงจึงลดลง ทำให้ใช้ได้ผลเท่าสารเคมีในกลุ่มเดี่ยว ๆ ที่ใช้ความเข้มข้นสูงถึง 15 % เมื่อเจือจางลงไปบ้างประสิทธิภาพของสารเคมีก็ยังใช้ได้ผลดี ฉะนั้นการอบน้ำยาไม้สด สารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ความเข้มข้นต่ำควรใช้ให้สูงขึ้น การอบน้ำยาคือวิธีการจุ่มเป็นการป้องกันรักษาเนื้อไม้เฉพาะผิวนอกเท่านั้นใช้ได้ผลดีชั่วคราว เมื่อมอดเจาะกัดผิวไม้จนเป็นรูเข้าไปในเนื้อไม้ มอดตัวอื่นอาจจะเข้าไปตามรูเจาะนี้ได้ และเข้าไปวางไข่ในไม้โดยไม่สัมผัสกับตัวยาที่เคลือบอยู่บนผิวไม้ การทำลายจึงเกิดขึ้นรุนแรงในกรณีเช่นนี้ การป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่ให้ผลดีที่สุด คือ การอัดน้ำยา วิธีนี้ป้องกันรักษาเนื้อไม้ภายในด้วย

น้ำยาที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาสภาพเนื้อไม้มีหลายชนิด แต่น้ำยาที่นิยมใช้กันคือน้ำยาอัดเขียว ซึ่งมีประสิทธิภาพเพื่อฆ่าเชื้อราและแมลง มีส่วนประกอบของคอปเปอร์ โครเมียม และอาร์เซนิกและมีสารยึดเพื่อไม่ให้สารเหล่านี้ถูกชะล้างออกมา จึงมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง เหมาะแก่การใช้งานภายนอก ข้อเสียคืออาจเกิดเป็นสีเขียวของสารโลหะหนักเหล่านี้ได้และอาจเกิดมลภาวะเพราะถ้าสารโลหะหนักสะสมในร่างกายจะมีอันตรายต่อสุขภาพ เช่น มีผลต่อระบบประสาทหรือเป็นสารก่อมะเร็ง สารอีกชนิดหนึ่งเรียกว่าน้ำยาอัดขาว ประกอบด้วยสารประกอบโบรอน ได้แก่ บอแรกซ์ มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อราและแมลงต่ำกว่าชนิดแรกจึงเหมาะแก่การใช้กับเฟอร์นิเจอร์ภายในอาคาร แต่อย่างไรก็ตาม คนที่ทำงานอยู่ในโรงงานไม้แปรรูปและผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสและสูดเอาสารเหล่านี้เข้าไป (ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี, 2547) เนื่องจากสารประกอบโบรอนสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ได้รับเป็นประจำ เนื่องจากพิษของบอแรกซ์มีผลต่อเซลล์ของร่างกาย (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2547) ดังนั้นจึงได้มีการค้นคว้าสารจากธรรมชาติ และสามารถป้องกันรักษาเนื้อไม้

โดยไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมและไม่เป็นอันตรายกับมนุษย์ การนำน้ำส้มควันไม้ซึ่งเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติมาศึกษาเกี่ยวกับการรักษาสภาพเนื้อไม้และทำการจดสิทธิบัตรมีรายละเอียดดังนี้

Kartal, *et al.* (2004) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้ Sugi และ Scacia และศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการทนเชื้อราและปลวก ผลปรากฏว่า เมื่อนำไม้มาอาบน้ำด้วยน้ำส้มควันไม้แล้ว ไม้สามารถเพิ่มความทนทานต่อเชื้อราได้ น้ำส้มควันไม้ซึ่งมาจากกระบวนการผลิตจากไม้ Sugi ที่อุณหภูมิ 270 องศาเซลเซียส มีส่วนประกอบของสารฟิโนลิกน้อยกว่าสารอื่น ๆ ผลคือน้ำส้มควันไม้สามารถทนต่อการขึ้นราได้ แต่ไม่เพิ่มความทนทานที่มีต่อปลวก

Yoshiro and Yoshitaka (2005) ศึกษาเพื่อหาสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อรา แต่มีความปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เพราะเนื่องจากสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราจะมีโลหะหนัก สารหนูเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ การทดลอง คือ นำไม้มาอาบน้ำด้วยสารซึ่งเป็นสารละลายที่ถูกเตรียมจากการผสมตามอัตราส่วนของสารเพนซิมีมอนซึ่งมีกรดเทนนินเป็นส่วนประกอบหลักกับสารละลายน้ำส้มควันไม้ที่มีกรดอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลัก สารผสมเหล่านี้เป็นผลผลิตจากธรรมชาติซึ่งสารต้านเชื้อราที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้มีการสนับสนุนการใช้สารนี้อาบน้ำเพื่อใช้ภายในอาคารและคาดหวังว่าจะถูกนำไปใช้งานด้านวิศวกรรมโยธา

น้ำส้มควันไม้เป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสามารถนำมาใช้ในการรักษาสภาพไม้ได้ ดังนั้นงานวิจัยในบทนี้จึงได้พัฒนาโดยนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ในการรักษาสภาพไม้แบบพารา รวมถึงศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอาบน้ำไม้

4.3 วัสดุ

4.3.1 น้ำส้มควันไม้สำหรับการทดลองนี้มี 3 ชนิด คือ น้ำส้มควันไม้ไฟ น้ำส้มควันไม้ยูคา ลิปคัส และน้ำส้มควันไม้กระถิน ซึ่งผลิตมาจากเตาอิวาเตะ น้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิดเป็นสารที่นำมาทดสอบหาสมบัติต่าง ๆ และศึกษาหาแนวโน้มในการรักษาสภาพไม้แบบพารา

4.3.2 สารเคมีที่ใช้เป็นสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ ได้แก่ สารประกอบโบรอนชนิดทิมบอร์ เป็นน้ำยาสำหรับอาบน้ำไม้ ซึ่งเป็นน้ำยาที่ใช้โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้แบบพารา สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้ในการทดลองการรักษาสภาพเนื้อไม้แบบพารา

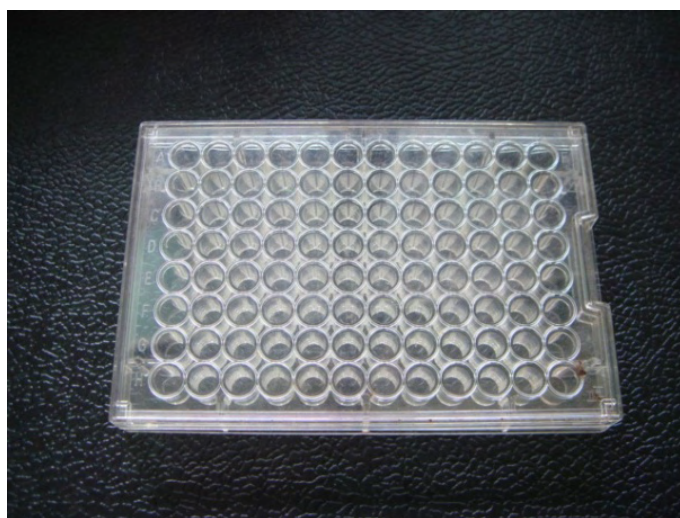
4.3.3 ไม้แบบพารา (*Heavea brasiliensis* Muell. Arg) จากโรงงานแปรรูปไม้ทั่วไป เป็นไม้สดซึ่งผ่านการเลื่อยแปรรูปและยังไม่ได้ผ่านกระบวนการอาบน้ำไม้ ไม้แบบพาราเป็นไม้ที่ใช้ทดสอบสำหรับการทดลองนี้

4.3.4 เชื้อราไม่สำหรับการทดลอง เชื้อราชนิดนี้มีลักษณะภายนอกเป็นเส้นใยสีขาว แสดงดังภาพประกอบที่ 3.1 และมีเส้นใยเป็นแบบมีผนังกัน (Septate Hypha) เมื่อศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3.2 และลักษณะโครงสร้างที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน, SEM แสดงดังภาพประกอบที่ 3.3

4.3.5 อาหารเลี้ยงเชื้อราชนิดแข็ง Sabouraud 4 % Dextrose Agar (SDA) ของ Merk, Germany โดยละลายอาหารในอัตราส่วน 65 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยใช้ความดัน 15 psi เป็นเวลา 15 นาที แล้วเทใส่จานเพาะเชื้อ (plate) จานละ 18 มิลลิลิตร สำหรับการทดลองนี้ใช้ SDA สำหรับเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อราในการทดสอบการรักษาสภาพไม้ภายหลังผ่านการอบน้ำยา

4.3.6 อาหารเลี้ยงเชื้อราชนิดเหลว Sabouraud 2 % Dextrose Broth (SDB) ของ Merk, Germany โดยละลายในอัตราส่วน 30 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยใช้ความดัน 15 psi เป็นเวลา 15 นาที สำหรับการทดลองนี้ใช้ SDB สำหรับการทดลองเพื่อหาค่า Minimum Inhibitory Concentration , MIC

4.3.7 Microtitration plate ของ Corning Incorporated Costar 3599, USA เป็นวัสดุสำหรับการทดลองเพื่อหาค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) ชนิด 96 หลุมทดสอบ มี 8 แถว 12 คอลัมน์ แสดงดังภาพประกอบที่ 4.1



ภาพประกอบที่ 4.1 Microtitration Plate

4.4 อุปกรณ์

4.4.1 เครื่องเลื่อยสายพาน ของ Petzing & Hartmann Kassel West-Gremany Model Pehaka ใช้สำหรับเลื่อยไม้ยางพาราให้มีขนาดตามกำหนด แสดงดังภาพประกอบที่ 3.6 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

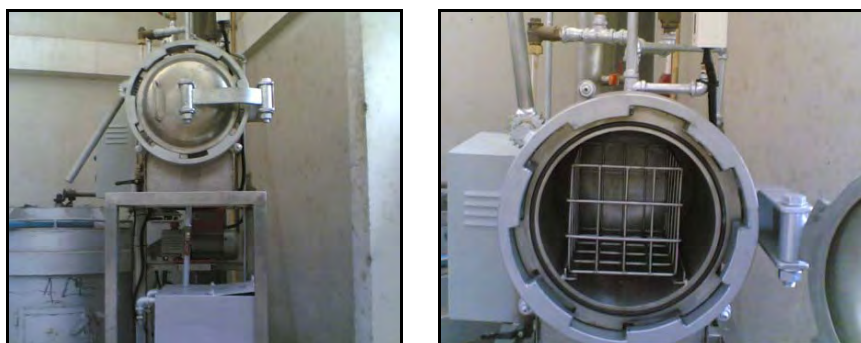
4.4.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer, ICP: OES) Optimal 4300 DV ของ Perkin Elmer, USA สำหรับการทดลองนี้หาปริมาณโบรอนที่อยู่ในเนื้อไม้ หลังจากผ่านกระบวนการอบน้ำยาไม้ แสดงดังภาพประกอบที่ 4.2 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ภาพประกอบที่ 4.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ

4.4.3 ชุดอุปกรณ์อบน้ำยาไม้ เป็นถังอัดน้ำยาขนาดจำลอง สามารถใช้งานที่ความดันสูงสุด 150 lb/in^2 สามารถควบคุมความดันให้คงที่และทำสุญญากาศได้ 25 inHg ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถังอัดน้ำยา (ความยาวรวมหัวถึงท้ายตัวหม้อ) $250 \times$ ยาว 300 มิลลิเมตร แสดงดังภาพประกอบที่

4.3



ภาพประกอบที่ 4.3 ชุดอุปกรณ์อบน้ำยาไม้ ขนาด 350 ลิตร

4.4.4 ชุดอุปกรณ์อาบน้ำไม้ ที่ได้จำลองขึ้นสำหรับการทดลอง เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสมบัติความเป็นกรด เมื่อนำไปทดลองอัดน้ำยาไม้ อาจทำให้อุปกรณ์ จากข้อ 4.4.5 เกิดความเสียหายได้ จึงต้องจำลองอุปกรณ์ขึ้นเอง ซึ่งประกอบด้วย

4.4.4.1 ตัวถัง มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ทำด้วยเหล็กปลอดสนิม เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 20 ซม. และหนา 0.5 ซม. มีปริมาตรประมาณ 3.5 ลิตร ด้านล่างของถังเป็นท่อสำหรับนำสารออก แสดงดังภาพประกอบที่ 4.4



ภาพประกอบที่ 4.4 ตัวถังของชุดอุปกรณ์อาบน้ำไม้ ขนาด 3.5 ลิตร

4.4.4.2 ส่วนฝา เป็นส่วนที่ต่อกับท่อเพื่อให้ถังสามารถลดและเพิ่มความดัน โดยต่อกับปั๊มสุญญากาศ และปั๊มความดัน ตามลำดับ มีหน้าปิดเพื่อดูความดันภายในถัง และมีท่อสำหรับเติมสารเข้าสู่ถัง แสดงดังภาพประกอบที่ 4.5



ภาพประกอบที่ 4.5 ฝาทรงของชุดอุปกรณ์อาบน้ำไม้ ขนาด 3.5 ลิตร

4.5 วิธีดำเนินการทดลอง

งานวิจัยในบทนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการอาบน้ำด้วยน้ำส้มคว้นไม้ที่มีผลต่อการรักษาสภาพไม้ยางพารา ดังนั้นมีการศึกษาเบื้องต้นเพื่อให้ทราบแนวทางของตัวแปรที่เหมาะสมของการทดลอง ตัวแปรที่เลือกศึกษามี 4 ตัวแปร คือ ชนิดและความเข้มข้นของน้ำส้มคว้นไม้ ความดันและระยะเวลาในการอาบน้ำ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.5.1 ศึกษาชนิดของน้ำส้มคว้นไม้ จากผลการทดลองของบทที่ 3 น้ำส้มคว้นไม้ไผ่มีแนวโน้มเป็นสารรักษาสภาพไม้ยางพาราได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำส้มคว้นไม้ยูคาลิปตัสและน้ำส้มคว้นไม้กระถิน เนื่องจากน้ำส้มคว้นไม้ไผ่พบปริมาณของกรดอะซิติกมากกว่าน้ำส้มคว้นไม้อีก 2 ชนิด ซึ่งกรดอะซิติกมีแนวโน้มที่จะเป็นสารที่ทำให้น้ำส้มคว้นไม้สามารถรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพาราได้ และเมื่อนำไม้ยางพารามาอาบน้ำด้วยน้ำส้มคว้นไม้ไผ่แล้ว ไม้ยางพาราสามารถทนต่อการขึ้นของเชื้อราไม่ได้ 40 วัน และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่าไม้ยางพาราซึ่งอาบน้ำด้วยน้ำส้มคว้นไม้อีก 2 ชนิด ดังนั้นจึงเลือกน้ำส้มคว้นไม้ไผ่เป็นน้ำยารักษาสภาพไม้ในกระบวนการอาบน้ำ

4.5.2 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มคว้นไม้ โดยจะเลือกจากความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ซึ่งมาจากค่า MIC (Minimum Inhibitory Concentration) โดยทำการเจือจางในของเหลว (Tube or Broth Dilution) แบบลำดับ 2 (2-Fold Serial Dilution) ความเข้มข้นของสารจะลดลงทีละ 2 เท่าในอาหารเหลวในหลอดทดสอบ แล้วเพาะเชื้อทดสอบลงไป บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม สังเกตการเจริญของเชื้อ มีการเตรียมสารตัวอย่างและขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

4.5.2.1 การเตรียมเชื้อราที่ใช้ทดสอบ

นำเชื้อราไม้ที่ทดสอบมาเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อราชนิด SDA ให้ได้โคโลนีเดี่ยว ๆ เลือกเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารอีกครั้ง บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3-5 วัน หลังจากนั้นนำโคโลนีที่ไปกระจายตัวในน้ำกลั่น

4.5.2.2 การเตรียมสารตัวอย่าง

- น้ำส้มคว้นไม้ไผ่ ความเข้มข้น 1,030 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (100 % โดยปริมาตร) ยูคาลิปตัส ความเข้มข้น 1,020 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (100 % โดยปริมาตร) และกระถิน ความเข้มข้น 1,010 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (100 % โดยปริมาตร) เพื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อราของน้ำส้มคว้นไม้ทั้ง 3 ชนิด

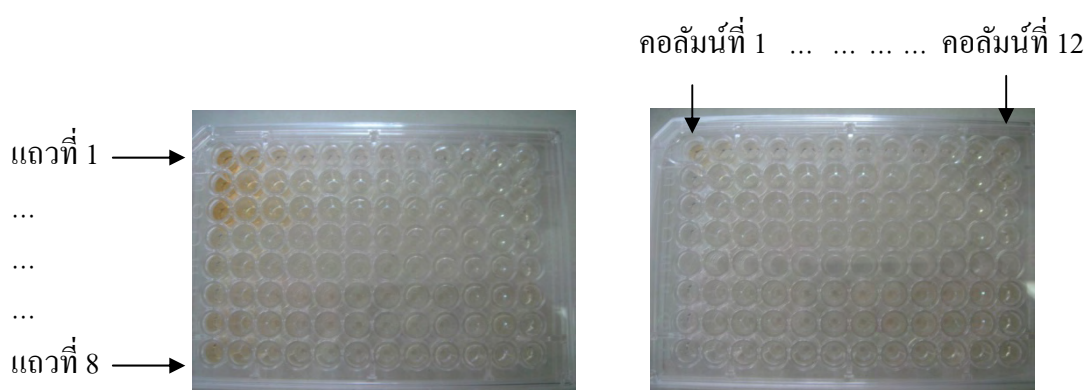
- สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) ความเข้มข้น 320 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นน้ำยารักษาสภาพเนื้อไม้ที่ใช้กันในปัจจุบัน เพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้

- สารละลายกรดอะซิติก 1,392 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากน้ำส้มคว้นไม้วิเคราะห์พบปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุดเมื่อเทียบกับอะซิโตนและฟีนอล ดังนั้นจึงนำกรดอะซิติกมาทดสอบเพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้

- จากนั้นนำสารที่เตรียมไว้มาเจือจางแบบลำดับ 2 ด้วยอาหารชนิด SDB ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลงทีละ 2 เท่าในอาหารเหลวในหลอดทดสอบ

4.5.2.3 การทดสอบหาค่า MIC

นำสารตัวอย่างที่เตรียมไว้ในแต่ละชนิดปริมาตร 100 ไมโครลิตรของแต่ละความเข้มข้น หยดในหลุมทดสอบของ Sterile Microtitration Plate โดยคอลัมน์ที่ 1 ความเข้มข้นมากที่สุด และความเข้มข้นจะลดลงครั้งละครึ่งหนึ่งจนถึงคอลัมน์ที่ 11 ส่วนคอลัมน์ที่ 12 หยดเฉพาะอาหารชนิด SDB จากภาพประกอบที่ 4.6 หาค่า MIC ของน้ำส้มคว้นไม้ไผ่และยูคาลิปตัส (แถวที่ 1-3, แถวที่ 4-6 ด้านซ้าย ตามลำดับ) น้ำส้มคว้นไม้กระถิน (แถวที่ 7-8 ด้านซ้ายและแถวที่ 1 ด้านขวา) สารประกอบโบรอนและสารละลายกรดอะซิติก (แถวที่ 2-4, แถวที่ 6-8 ด้านขวา ตามลำดับ) หลังจากนั้นหยดเชื้อราไม้ที่เตรียมไว้หลุมละ 100 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง อ่านผลโดยอ่านค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารนั้น ๆ ที่เชื้อราไม้สามารถเจริญเติบโต

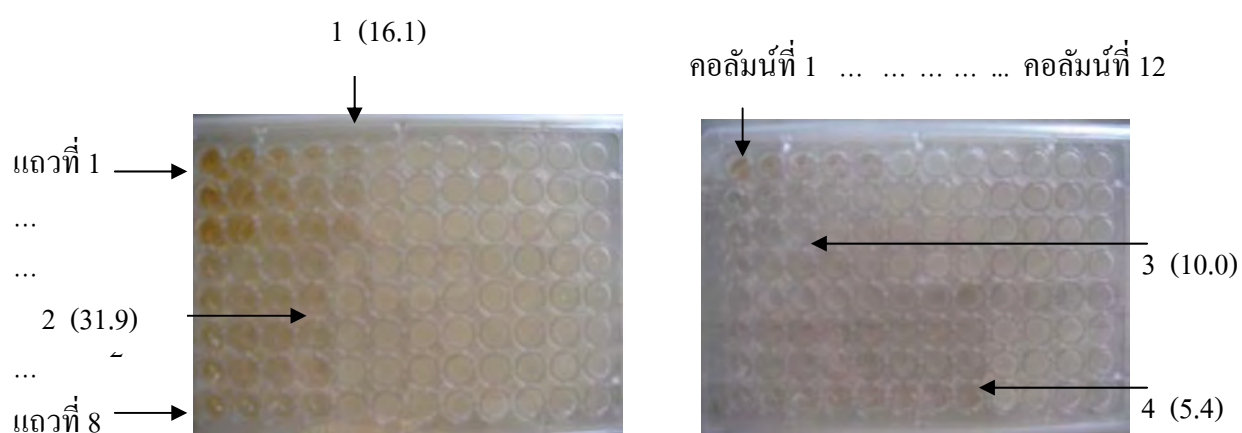


ภาพประกอบที่ 4.6 การหาค่า MIC ใน Sterile Microtitration Plate

4.5.2.4 ผลการทดลอง

- ค่า MIC สามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำส้มควันไม้ไผ่ กระถิน ยูคาลิปตัส สารประกอบโบรอนและกรดอะซิดิก ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้ได้ ซึ่งผลของค่า MIC แสดงดังภาพประกอบที่ 4.7 และตารางที่ 4.1

- ค่า MIC ของน้ำส้มควันไม้ไผ่ กระถิน ยูคาลิปตัส สารประกอบโบรอน และ กรดอะซิดิก สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราไม้ได้ที่มีความเข้มข้นต่ำสุด คือ 16.1 (ตำแหน่งที่ 1), 31.9 (ตำแหน่งที่ 2), 31.9 (ตำแหน่งที่ 2), 10.0 (ตำแหน่งที่ 3) และ 5.4 (ตำแหน่งที่ 4) มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร ตามลำดับ



ภาพประกอบที่ 4.7 ผลของค่า MIC ใน Sterile Microtitration Plate

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารต่าง ๆ ในการยับยั้งเชื้อราไม้

สาร	ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อรา (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
น้ำส้มควันไม้ไผ่	16.1
น้ำส้มควันไม้กระถิน	31.9
น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส	31.9
สารประกอบโบรอน	10.0
กรดอะซิดิก	5.4

- ค่า MIC ของสารประกอบโบรอน คือ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมจะใช้ความเข้มข้นนี้ในการรักษาสภาพเนื้อไม้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง

- ค่า MIC ของอะซิติก คือ 5.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบปริมาณกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัส และกระถิน เท่ากับ 86.6 53.1 และ 55.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนั้นกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้ได้ และที่ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อราของน้ำส้มควันไม้ไฟ ยูคาลิปตัส และกระถิน มีปริมาณกรดอะซิติก เท่ากับ 1.35 1.66 และ 1.74 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

- เมื่อเปรียบเทียบค่า MIC ของน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด น้ำส้มควันไม้ไฟมีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราไม้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในบทที่ 3 คือ น้ำส้มควันไม้ไฟสามารถรักษาสภาพไม้ยาวพาราได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้กระถินและยูคาลิปตัส ผลการทดลองในบทที่ 3 น้ำส้มควันไม้ไฟมีความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้ คือ 16.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรหรือ 1.56 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ดังนั้นงานวิจัยในบทนี้จึงเลือกน้ำส้มควันไม้ไฟ ความเข้มข้น 2 4 และ 6 % โดยปริมาตร เพื่อนำไปทดลองในกระบวนการอบน้ำยาด้วยชุดอุปกรณ์อบน้ำยาไม้ที่ได้จำลองขึ้น

4.5.3 ศึกษาความดันที่ใช้ในการอบน้ำยา เนื่องจากชุดอุปกรณ์อบน้ำยาไม้ที่ได้จำลองขึ้นมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความดันที่ใช้ คือ มีความดันสูงสุดที่สามารถใช้ทดลองได้ 100 psi และไม่สามารถตั้งค่าที่ความดันอื่นได้ ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงเลือกใช้ความดันที่ 100 psi และไม่ใช้ความดัน เป็นตัวแปรของความดันในการอบน้ำยาไม้

4.5.4 ศึกษาระยะเวลาในการอบน้ำยา โดยใช้สารประกอบโบรอนอบน้ำยาไม้ด้วยชุดอุปกรณ์อบน้ำยาขนาด 350 ลิตร และที่ได้จำลองขึ้นขนาด 3.5 ลิตร แล้ววิเคราะห์ปริมาณน้ำยาที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้และค่า % BAE (ค่าที่คิดเปรียบเทียบเท่ากับร้อยละของกรดบอริกที่มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อน้ำหนักของไม้ที่ใช้ในการทดสอบเป็นกิโลกรัม) โดยแบ่งเป็นการทดลองย่อยดังนี้

4.5.4.1 การทดลองอบน้ำยาไม้ด้วยชุดอุปกรณ์อบน้ำยา ขนาด 350 ลิตร โดยใช้ความดัน และไม่ใช้ความดัน มีการทดลองดังต่อไปนี้

- การเตรียมตัวอย่าง ไม้ยาวพาราสด ขนาด $2.54 \times 7.62 \times 110$ เซนติเมตร
- การเตรียมสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยผสมน้ำให้ได้ความเข้มข้น 1 % โดยปริมาตร (อัตราส่วน 25 กก. ของสารประกอบโบรอน ต่อ น้ำ 2,500 ลิตร)

- วิธีทดลอง ดังภาพประกอบที่ 4.8 นำชิ้นไม้ใส่ในถังอัดน้ำยา แล้วสุญญากาศ (Vacuum) ที่ 25 inHg นาน 15 นาที หลังจากนั้นปล่อยน้ำยาลงในถังอัดน้ำยาจนเต็ม แล้วอัดความดันที่ 100 psi และไม้ใช้ความดัน (แซ่) ตามเวลาที่กำหนด คือ 15, 20, 30 และ 40 นาที แล้วจึงปล่อยน้ำยาออกจากถัง ซึ่งน้ำหนักไม้ทดลองและอบแห้ง แล้วหา % BAE ที่สามารถแทรกซึมอยู่ในเนื้อไม้ได้ ด้วยเครื่อง ICP:OES และคำนวณหาปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ ดังสมการที่ 2

$$\text{ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้} = \frac{10(G)(C)}{V} \quad (\text{กก./ลบ.ม.}) \quad \dots\dots\dots 2$$

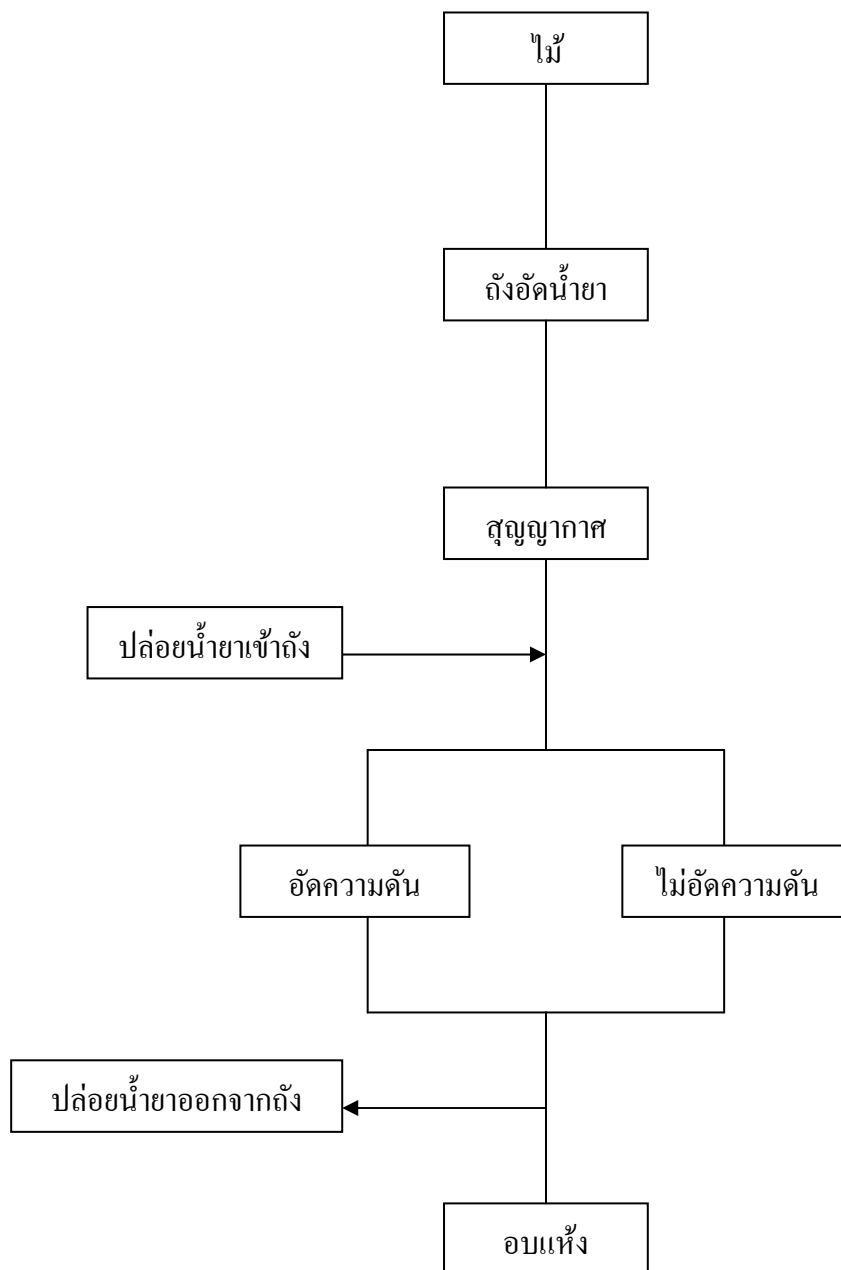
V = ปริมาตรไม้ทดลอง (ลบ.ซม.)

G = น้ำหนักไม้ก่อนอบน้ำยา – หลังการอบน้ำยา (กรัม)

C = ความเข้มข้นของสารเคมี (%)

4.5.4.2 การทดลองอบน้ำยาไม้ด้วยชุดอุปกรณ์อบน้ำยา ขนาด 3.5 ลิตร โดยไม้ใช้ความดัน มีการทดลองดังต่อไปนี้

- การเตรียมตัวอย่าง ไม้ยางพาราสด ขนาด 7.62×7.62×2.54 เซนติเมตร
- การเตรียมสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยผสมน้ำให้ได้ความเข้มข้น 1 % โดยปริมาตร (อัตราส่วน 25 กก. ของสารประกอบโบรอน ต่อ น้ำ 2500 ลิตร)
- วิธีทดลอง โดยนำชิ้นไม้ใส่ในถังอัดน้ำยา ทำสุญญากาศ (Vacuum) ที่ 25 inHg นาน 15 นาที หลังจากนั้นปล่อยน้ำยาลงในถังอัดน้ำยา แล้วแซ่ตามเวลาที่กำหนด คือ 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที แล้วจึงปล่อยน้ำยาออกจากถัง ซึ่งน้ำหนักไม้ทดลองและอบแห้ง แล้วหา % BAE ที่สามารถแทรกซึมอยู่ในเนื้อไม้ได้ ด้วยเครื่อง ICP:OES โดยต้องทำการวัดปริมาตรไม้ทดลอง น้ำหนักไม้ทดลองก่อนและหลังอบน้ำยา แล้วจึงคำนวณหาปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้



ภาพประกอบที่ 4.8 ขั้นตอนการอาบน้ำไม้

4.5.4.3 ผลการทดลอง

- การอาบน้ำยาด้วยชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ขนาด 350 ลิตร โดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ได้ และ % BAE ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

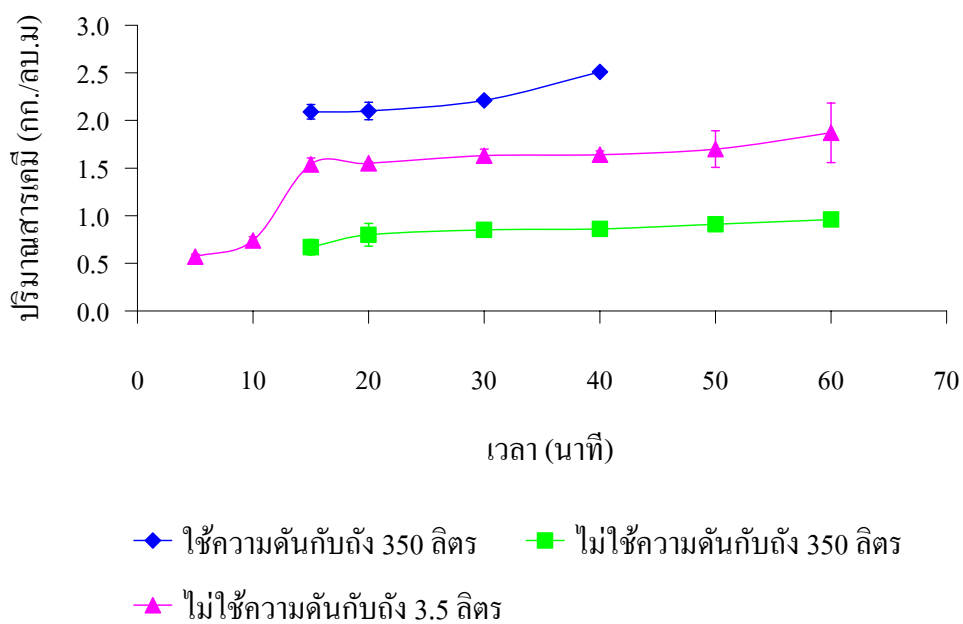
- การอาบน้ำยาไม้ด้วยชุดอุปกรณ์ที่จำลองขึ้นสำหรับการทดลองขนาด 3.5 ลิตร โดยไม่ใช้ความดัน เพื่อหาปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ได้ และ % BAE ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และ % BAE ซึ่งอาบน้ำยาโดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน กับถัง 350 ลิตร

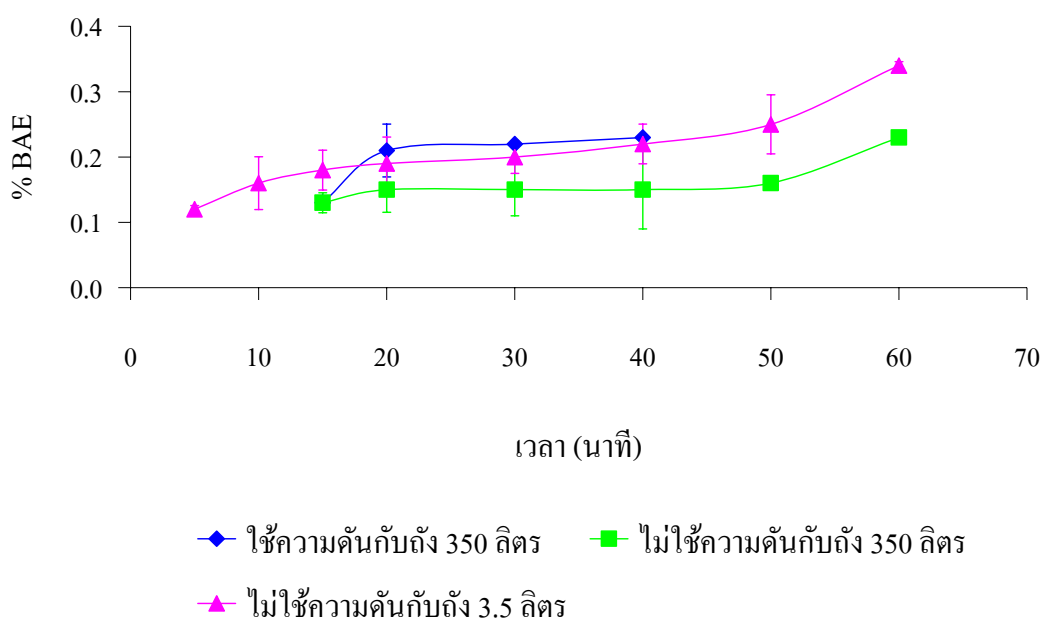
เวลา (นาที)	ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม)		% BAE	
	ความดัน	ไม่ใช้ความดัน	ความดัน	ไม่ใช้ความดัน
15	2.09±0.22	0.67±0.08	0.13±0.03	0.13±0.02
20	2.10±0.06	0.80±0.15	0.21±0.05	0.15±0.02
30	2.21±0.08	0.85±0.08	0.22±0.01	0.15±0.02
40	2.51±0.09	0.86±0.12	0.23±0.04	0.15±0.03
50	-	0.91±0.06	-	0.16±0.04
60	-	0.96±0.04	-	0.23±0.06

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และ % BAE ซึ่งอาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดันกับถัง 3.5 ลิตร

เวลา (นาที)	ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม)	% BAE
5	0.57±0.03	0.12±0.01
10	0.74±0.04	0.16±0.04
15	1.54±0.07	0.18±0.03
20	1.55±0.02	0.19±0.04
30	1.63±0.07	0.20±0.03
40	1.64±0.04	0.22±0.03
50	1.70±0.19	0.25±0.05
60	1.87±0.31	0.34±0.01



ภาพประกอบที่ 4.9 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ โดยกระบวนการอาบน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ



ภาพประกอบที่ 4.10 % BAE ในเนื้อไม้ โดยกระบวนการอาบน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ

- จากภาพประกอบที่ 4.9 และ 4.10 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และค่า % BAE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาในการอาบน้ำยา จากผลการอาบน้ำยาด้วยถังขนาด 350 ลิตรโดยใช้ความดันปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และค่า % BAE สูงกว่าการอาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน ดังนั้นในกระบวนการอาบน้ำยาไม่การใช้ความดันจะทำให้สารเคมีสามารถแทรกซึมเข้าในเนื้อไม้ได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ที่ได้จำลองขึ้นซึ่งมีขนาด 3.5 ลิตร กับถังขนาด 350 ลิตร โดยไม่ใช้ความดัน ปริมาณสารเคมีและค่า % BAE ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ที่ได้จำลองขึ้นมีค่าสูงกว่าถังขนาด 350 ลิตร ดังนั้นการอาบน้ำยาด้วยถังที่ได้จำลองขึ้นทำให้น้ำยาสามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้ได้ โดยที่เวลา 20-50 นาที ค่าของ % BAE ก่อนข้างคงที่ และตั้งแต่ที่เวลา 30 นาทีขึ้นไป มีค่า % BAE เป็นที่น่ายอมรับได้ตามมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นเท่ากับ 0.20 (แมนเดอร, 2545) ดังนั้นจากการทดลองเบื้องต้นในขั้นตอนนี้ จึงเลือกเวลาในการอาบน้ำยาเป็น 30 40 และ 50 นาที เพื่อทำการทดลองในตอนการศึกษาตัวแปรในกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ต่อไป ดังนั้นจากการทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาค่าของตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ในการทดลอง
1. ชนิดของน้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควันไม้ไผ่
2. ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้	2 %, 4 % และ 6 % โดยปริมาตร
3. ความดันที่ใช้ในการอาบน้ำยา	ความดัน 100 psi และไม่ใช้ความดัน
4. ระยะเวลาในการอาบน้ำยา	30, 40 และ 50 นาที

4.5.5 การทดลองกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้

เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ยางพารา โดยกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ มีการกำหนดตัวแปรในการทดลอง คือ ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่และเวลาในการอาบน้ำยา มีการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design) แบบ 2 ปัจจัย และแบ่งเป็น 2 การทดลอง โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดันในการอาบน้ำยา ในแต่ละการทดลองตัวแปรมี 3 ระดับ ดังตารางที่ 4.5 และมีวิธีการดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 ตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำด้วยน้ำส้มคว้นไม้โดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน

ตัวแปร	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3
ความเข้มข้นของน้ำส้มคว้นไม้ (%) โดยปริมาตร)	2	4	6
เวลาในการอาบน้ำ (นาที)	30	40	50

4.5.5.1 การหาค่าจำนวนทำซ้ำ (Replicate) โดยใช้โปรแกรม วิเคราะห์ผลของการทดลองย่อยเพื่อหาจำนวนการซ้ำ โดยกำหนดค่าความเสี่ยง $\alpha = 0.05$ จากตารางที่ 4.6 พบว่าจำนวนการซ้ำ (n) มีค่าเท่ากับ 3 จะทำให้ได้ค่ากำลังการทดสอบประมาณ 0.9802 หรือ 98.02% ดังนั้นในการทดลองจะมีการทำซ้ำ 3 ครั้ง

ตารางที่ 4.6 การหาค่าจำนวนทำซ้ำ (Replicate) โดยใช้โปรแกรม

Power and Sample Size			
One-way ANOVA			
Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.28 Number of Levels = 2			
SS Means	Sample Size	Power	Maximum Difference
0.802645	2	0.649880	1.267
0.802645	3	0.980235	1.267
0.802645	4	0.999414	1.267
0.802645	5	0.999986	1.267

4.5.5.2 วิธีการดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำด้วยน้ำส้มคว้นไม้ โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดัน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design) แบบ 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของน้ำส้มคว้นไม้และเวลาในการอาบน้ำ แบ่งเป็นการอาบน้ำโดยไม่ใช้ความดัน แสดงดังตารางที่ 4.7 และใช้ความดัน แสดงดังตารางที่ 4.8

ข. วิธีการทดลอง มีดังต่อไปนี้

- (1) การเตรียมตัวอย่าง ไม้ยางพาราสด ขนาด $7.62 \times 7.62 \times 2.54$ เซนติเมตร
- (2) การเตรียมน้ำส้มควันไม้ไฟ ความเข้มข้น 2 %, 4 % และ 6 % โดยปริมาตร
- (3) การอาบน้ำยาไม้ โดยในแต่ละการทดลองจะมีค่าของตัวแปรแสดงดังตารางที่ 4.7 และ 4.8 ของกระบวนการอาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดัน ตามลำดับ ซึ่งแต่ละการทดลองจะนำชิ้นไม้ใส่ในถังอัดน้ำยา ทำสุญญากาศ (Vacuum) ที่ 25 inHg นาน 15 นาที หลังจากนั้นปล่อยน้ำยาลงถัง แล้วแช่ตามเวลาที่กำหนด คือ 30, 40 และ 50 นาที โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดัน เมื่อครบเวลาจึงปล่อยน้ำยาออกจากถัง แล้วชั่งน้ำหนักไม้ทดลองและนำไปอบแห้ง
- (4) นำไม้ทดลองไปทดสอบกับเชื้อราที่เตรียมไว้และเก็บไว้ภายใต้สภาวะของอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์
- (5) คำนวณหาปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียของไม้ ดังสมการที่ 1
- (6) วิเคราะห์ผลจากการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย

ตารางที่ 4.7 ตารางออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลของการอาบน้ำยา โดยไม่ใช้ความดัน

การทดลองที่	ความเข้มข้น น้ำส้มคว้นไม้ไผ่ (% โดยปริมาตร)	เวลา (นาที)	การทดลองที่	ความเข้มข้น น้ำส้มคว้นไม้ไผ่ (%โดยปริมาตร)	เวลา (นาที)
1	6	40	15	6	40
2	6	30	16	4	30
3	2	50	17	6	40
4	6	30	18	4	30
5	2	40	19	2	40
6	2	30	20	4	50
7	6	50	21	4	30
8	4	40	22	4	50
9	2	30	23	2	40
10	2	30	24	4	40
11	6	30	25	2	50
12	4	50	26	6	50
13	2	50	27	6	50
14	4	40			

ตารางที่ 4.8 ตารางออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลของการอาบน้ำยา โดยใช้ความดัน

การทดลองที่	ความเข้มข้น		เวลา	การทดลองที่	ความเข้มข้น		เวลา
	น้ำส้มคว้นไม้ไผ่	(% โดยปริมาตร)			น้ำส้มคว้นไม้ไผ่	(% โดยปริมาตร)	
1	2	40		15	6	40	
2	2	30		16	4	50	
3	4	40		17	6	40	
4	6	30		18	2	30	
5	6	50		19	4	30	
6	4	40		20	2	40	
7	2	30		21	6	50	
8	2	40		22	6	50	
9	6	40		23	6	30	
10	4	50		24	4	40	
11	4	30		25	4	50	
12	2	50		26	6	30	
13	2	50		27	2	50	
14	4	30					

4.5.5.3 การทดลองกระบวนการอบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้

เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ยางพารา โดยกระบวนการอบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน ซึ่งมีตัวแปรในการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9 แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกับไม้ยางพาราที่อบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟในการทดลองที่ 4.5.5.2 มีวิธีทดลองดังนี้

- การเตรียมตัวอย่าง ไม้ยางพาราสด ขนาด $7.62 \times 7.62 \times 2.54$ เซนติเมตร
- การเตรียมน้ำยา ความเข้มข้น 1 % โดยปริมาตร (สารประกอบโบรอน 25 กก. ต่อน้ำ 2500 ลิตร)
- นำชิ้นไม้ใส่ในถังอัดน้ำยา ทำสุญญากาศ (Vacuum) ที่ 25 inHg นาน 15 นาที หลังจากนั้นปล่อยน้ำยาลงถัง แล้วแช่ตามเวลาที่กำหนด คือ 30 40 และ 50 นาที โดยใช้ความดันที่ 100 psi กับไม้ใช้ความดัน เมื่อครบเวลาจึงปล่อยน้ำยาออกจากถังแล้วชั่งน้ำหนักไม้ทดลองและนำไปอบแห้ง
- นำไม้ทดลองไปทดสอบกับเชิ้อราที่เตรียมไว้และเก็บไว้ภายใต้สภาวะของอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์
- กำหนดหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียของไม้และกำหนดหาปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้
- เปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองที่ 4.5.5.2

ตารางที่ 4.9 ตัวแปรของกระบวนการอบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน

ตัวแปร	ค่าที่ใช้ในการทดลอง
1. น้ำยา	สารประกอบโบรอน
2. ความเข้มข้น	1 % โดยปริมาตร
3. ความดันที่ใช้ในการอบน้ำยา	ความดัน 100 psi และไม้ใช้ความดัน
4. ระยะเวลาในการอบน้ำยา	30, 40 และ 50 นาที

4.6 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การศึกษาอิทธิฤทธิ์ของตัวแปรในกระบวนการอบน้ำยาไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ ผลการทดลองจะทราบถึงปริมาณน้ำส้มควันไม้ไฟที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ยางพาราหลังจากผ่าน

กระบวนการอบนํ้ายาไม้และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างพาราหลังนำไปทดสอบกับเชื้อราและนำผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบกับผลของการอบนํ้ายาด้วยสารประกอบโบรอน มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.6.1 ปริมาณน้ำสั้คว้นไม้ไฟที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้อย่างพารา

หลังจากไม้อย่างพาราผ่านการอบนํ้ายาด้วยน้ำสั้คว้นไม้ไฟโดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดัน ผลแสดงดังตารางที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ

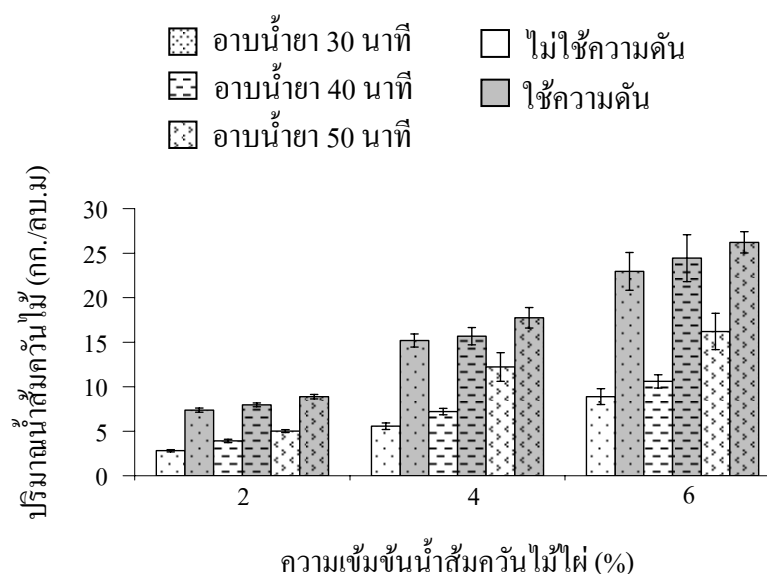
ตารางที่ 4.10 ปริมาณน้ำสั้คว้นไม้ไฟที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้อย่างพารา โดยไม่ใช้ความดัน

ความเข้มข้น น้ำสั้คว้นไม้ไฟ (%โดยปริมาตร)	ปริมาณน้ำสั้คว้นไม้ไฟในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม) เวลา (นาทึ)		
	30	40	50
2	2.82±0.13	3.92±0.19	5.02±0.17
4	5.57±0.37	7.21±0.36	12.23±1.61
6	8.89±0.88	10.61±0.75	16.21±2.05

ตารางที่ 4.11 ปริมาณน้ำสั้คว้นไม้ไฟที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้อย่างพารา โดยใช้ความดัน

ความเข้มข้น น้ำสั้คว้นไม้ไฟ (%โดยปริมาตร)	ปริมาณน้ำสั้คว้นไม้ไฟในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม) เวลา (นาทึ)		
	30	40	50
2	7.38±0.24	7.97±0.22	8.88±0.25
4	15.19±0.74	15.68±0.97	17.74±1.15
6	22.97±2.13	24.45±2.63	26.23±1.20

จากภาพประกอบที่ 4.11 พบว่าเมื่อเวลาในการอบนํ้ายาเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำสั้คว้นไม้ไฟสามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้อย่างพาราได้เพิ่มขึ้นตามเวลานั้นด้วย โดยกระบวนการอบนํ้ายาที่ใช้ความดันทำให้นํ้าสั้คว้นไม้ไฟสามารถแทรกซึมได้ปริมาณมากกว่าไม่ใช้ความดัน กล่าวได้ว่าในกระบวนการอบนํ้ายาการใช้ความดันจะทำให้นํ้ายาสามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้ได้เพิ่มขึ้น



ภาพประกอบที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ดูดซับในเนื้อไม้กับความเข้มข้นต่าง ๆ

4.6.2 อิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอบนํ้ายาไม้อย่างพาราด้วยน้ำส้มควันไม้

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างพาราหลังอบนํ้ายาด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ ซึ่งจะแบ่งการทดลองออกเป็นกระบวนการอบนํ้ายาโดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน ผลการทดลองจะใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณค่าทางสถิติและทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง Factorial Design (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2548) โดยค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ F-ratio และค่าระดับความเชื่อมั่น 95 % หรือที่ระดับนัยสำคัญ 5 % ($\alpha = 0.05$) กำหนดค่าความเข้มข้น 2 % 4 % และ 6 % โดยปริมาตร เวลาในการอบนํ้ายาไม้อย่างพารา 30 40 และ 50 นาที โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดัน ผลตอบสนองเป็นค่าของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

4.6.2.1 กระบวนการอบนํ้ายาด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟโดยไม่ใช้ความดัน หลังจากทำการทดลองและเก็บข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.12 จากนั้นทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบ (Model Adequacy Checking) พิจารณาจากภาพประกอบที่ 4.12 สรุปได้ดังนี้

1. พิจารณาจาก I Chart of Residuals กราฟไม่มีลักษณะที่เป็นรูปแบบ แสดงให้เห็นถึงความเป็นอิสระของข้อมูล ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองอยู่ในลักษณะสุ่ม
2. พิจารณาจาก Normal Plot (เนื่องจากข้อมูลมีน้อยกว่า 30 ค่า) กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่ไม่ชัดเจนมากนัก เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเป็นปกติของข้อมูล จึงทำการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

H_0 : ข้อมูลมาจากประชากรแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มาจากประชากรแบบปกติ

จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงดังภาพประกอบที่ 4.13 มีค่า P -value มากกว่า 0.15 และมีค่ามากกว่าค่าของ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก ผลที่ได้แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

3. พิจารณาจาก Residual vs. Fits ไม่พบถึงความผิดปกติของข้อมูล แต่เพื่อแสดงว่าความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างคงที่ จึงทำการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

H_0 : ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่

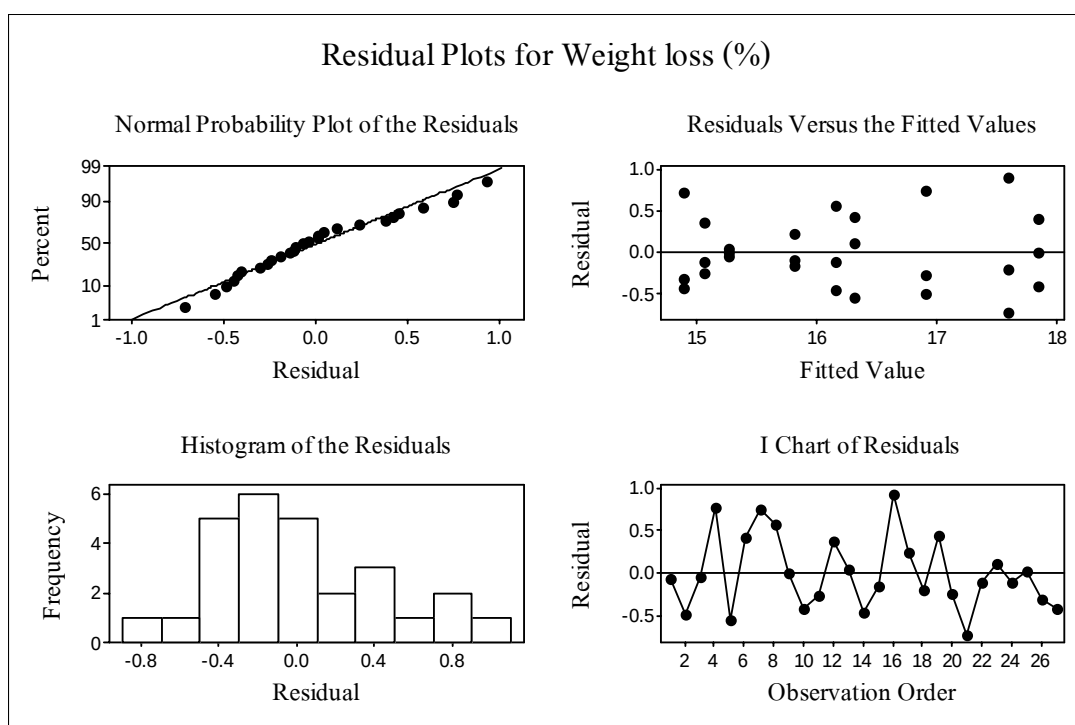
H_1 : ข้อมูลมีความแปรปรวนไม่คงที่

จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงดังภาพประกอบที่ 4.14 มีค่า P -value มากกว่าค่าของ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก ผลที่ได้แสดงว่าข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่

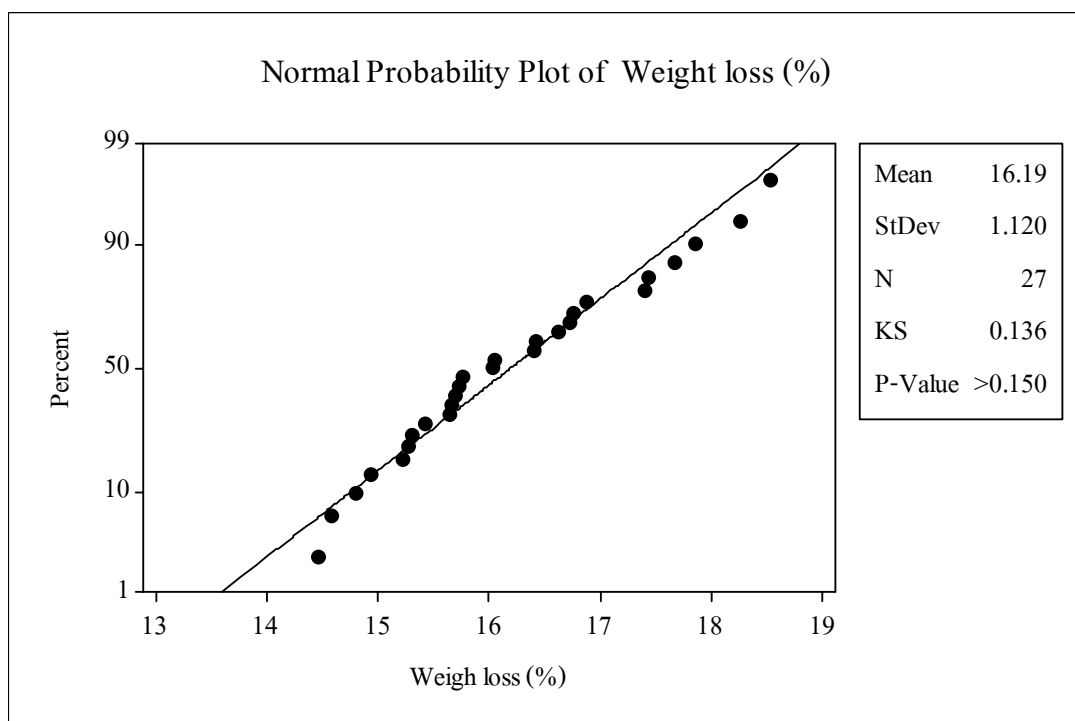
หลังจากวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบและแสดงผลแล้วว่าข้อมูลได้รับการเก็บรวบรวมภายใต้สภาวะควบคุมตามแผนการทดลองแล้ว จะทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) จากตารางที่ 4.13 ค่า $R^2 = 84.97\%$ ประเมินจาก $(1 - (4.9029/32.6301)) \times 100$ แสดงว่าแบบการทดลองมีความถูกต้อง จึงทำการวิเคราะห์ ANOVA ต่อไป

ตารางที่ 4.12 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยน้ำสัปดาห์ไม้ไฟโดยไม่ใช้ความดัน

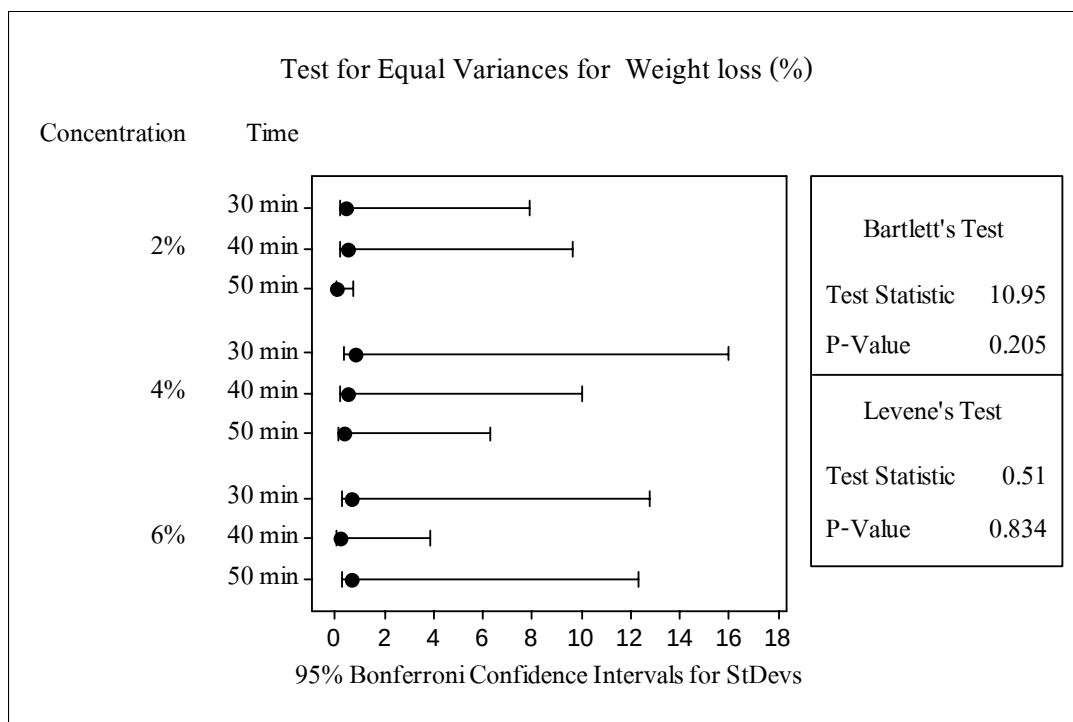
ความเข้มข้น น้ำสัปดาห์ไม้ไฟ (%โดยปริมาตร)	น้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (%)		
	เวลา (นาท)		
	30	40	50
2	17.84±0.42	16.30±0.51	15.25±0.04
4	17.59±0.84	16.14±0.53	15.03±0.33
6	16.89±0.67	15.80±0.20	14.88±0.65



ภาพประกอบที่ 4.12 Residual Plots for Weight Loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยา
ด้วยน้ำส้มควั่นไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน



ภาพประกอบที่ 4.13 Normal Probability Plot of Weight Loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยา
ด้วยน้ำส้มควั่นไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน



ภาพประกอบที่ 4.14 Test for Equal Variances for Weight Loss (%) ของกระบวนการอบน้ำยา
ด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยไม่ใช้ความดัน

การวิเคราะห์ ANOVA ของการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรของกระบวนการอบน้ำยา
ด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยไม่ใช้ความดัน มีสมมติฐานของการทดลอง คือ

H_0 : ปัจจัยที่พิจารณาไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

H_1 : ปัจจัยที่พิจารณามีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จากตารางที่ 4.13 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\alpha = 0.05$) ซึ่งค่า F_{α, v_1, v_2} จากตาราง F -ratio ที่ $F_{0.05, 2, 18}$ เท่ากับ 3.55 มีเกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ ถ้าค่า F -ratio ของตัวแปรจากตาราง ANOVA มีค่ามากกว่า 3.55 และค่า P -value น้อยกว่า 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

ถ้า F -ratio ของ Concentration (ความเข้มข้น) มีค่าเท่ากับ 3.13 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 3.55 และค่า P -value = 0.068 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้น ยอมรับ H_0 จึงสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการอบน้ำยาไม้โดยไม่ใช้ความดันไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักของไม้

ค่า $F - ratio$ ของ Time (เวลา) มีค่าเท่ากับ 47.15 ซึ่งมีค่ามากกว่า 3.55 และค่า $P - value = 0.000$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้น ปฏิเสธ H_0 จึงสรุปได้ว่าเวลาในการอบนํ้ายาไม้โดยไม่ใช้ความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

ค่า $F - ratio$ ของ Interaction (การมีอันตรกิริยา) ระหว่าง Concentration กับ Time มีค่าเท่ากับ 0.31 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 3.55 และค่า $P - value = 0.870$ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้น ยอมรับ H_0 จึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นของนํ้าส้มคว้นไม้ไม่ขึ้นกับเวลาในการอบนํ้ายาโดยไม่ใช้ความดัน ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

กระบวนการอบนํ้ายาด้วยนํ้าส้มคว้นไม้ไฟโดยไม่ใช้ความดัน ความเข้มข้นของนํ้าส้มคว้นไม้ไฟที่ใช้ในการทดลอง คือ 2, 4 และ 6 % โดยปริมาตร ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ แต่เวลาที่ใช้ในการอบนํ้ายา คือ 30, 40 และ 50 นาที มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่อเวลาในการอบนํ้ายาสูงขึ้นทำให้อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ลดลง โดยการอบนํ้ายาที่เวลา 50 นาที สามารถทำให้ไม้ทนต่อการทำลายของเชื้อราได้ดีกว่าที่ 30 และ 40 นาที คือ ความเข้มข้นของนํ้าส้มคว้นไม้ไฟ 2 4 และ 6 % โดยปริมาตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้เท่ากับ 15.25 15.03 และ 14.88 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ANOVA ของกระบวนการอบนํ้ายาโดยไม่ใช้ความดัน

Source	DF	SS	MS	F	P
Concentration	2	1.7069	0.8534	3.13	0.068
Time	2	25.6859	12.8429	47.15	0.000
Concentration*Time	4	0.3345	0.0836	0.31	0.870
Error	18	4.9029	0.2724		
Total	26	32.6301			

DF : Degree of Freedom SS : Sum of Square MS : Mean Square F : F-Ratio P : P-Value

4.6.2.2 กระบวนการอบนํ้ายาด้วยนํ้าส้มคว้นไม้ไฟโดยใช้ความดัน หลังจากทำการทดลองและเก็บข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.14 จากนั้นทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบ (Model Adequacy Checking) พิจารณาจากภาพประกอบที่ 4.15 สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.14 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยน้ำสั้ควันไม้ไฟ โดยใช้ความดัน

ความเข้มข้น น้ำสั้ควันไม้ไฟ (%โดยปริมาตร)	น้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (%)		
	เวลา (นาที)		
	30	40	50
2	16.55±0.25	15.59±0.13	14.59±0.99
4	15.07±0.96	14.00±0.82	13.95±0.48
6	12.50±0.29	12.15±0.09	11.48±0.56

1. พิจารณาจาก I Chart of Residuals กราฟไม่มีลักษณะที่เป็นรูปแบบ แสดงให้เห็นถึงความเป็นอิสระของข้อมูล ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองอยู่ในลักษณะสุ่ม

2. พิจารณาจาก Normal Plot (เนื่องจากข้อมูลมีน้อยกว่า 30 ค่า) กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงแต่ไม่ชัดเจนมากนัก เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเป็นปกติของข้อมูล จึงทำการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

H_0 : ข้อมูลมาจากการประชากรแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มาจากการประชากรแบบปกติ

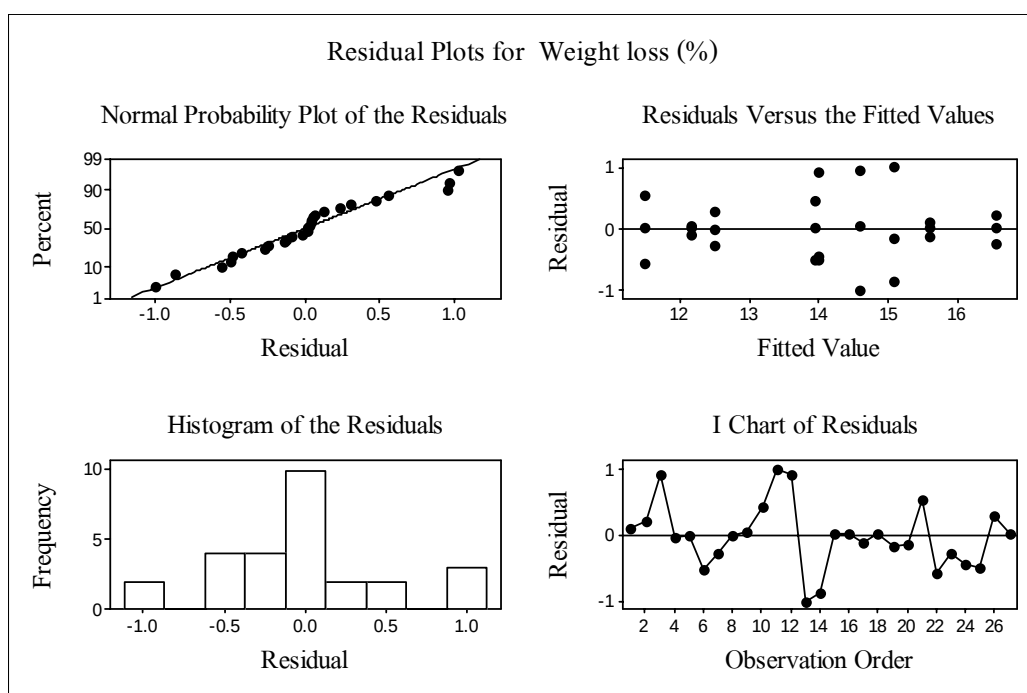
จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงดังภาพประกอบที่ 4.16 มีค่า $P-value$ มากกว่า 0.15 และมีค่ามากกว่าค่าของ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก ผลที่ได้แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

3. พิจารณาจาก Residual vs. Fits ไม่พบถึงความผิดปกติของข้อมูล แต่เพื่อแสดงว่าความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างคงที่ จึงทำการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

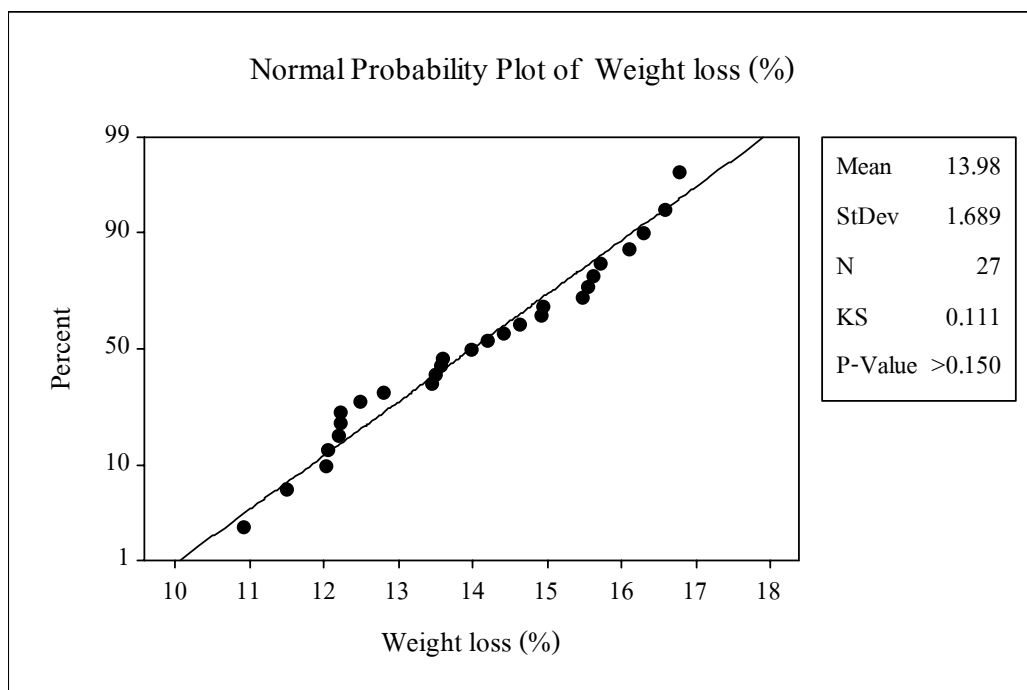
H_0 : ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่

H_1 : ข้อมูลมีความแปรปรวนไม่คงที่

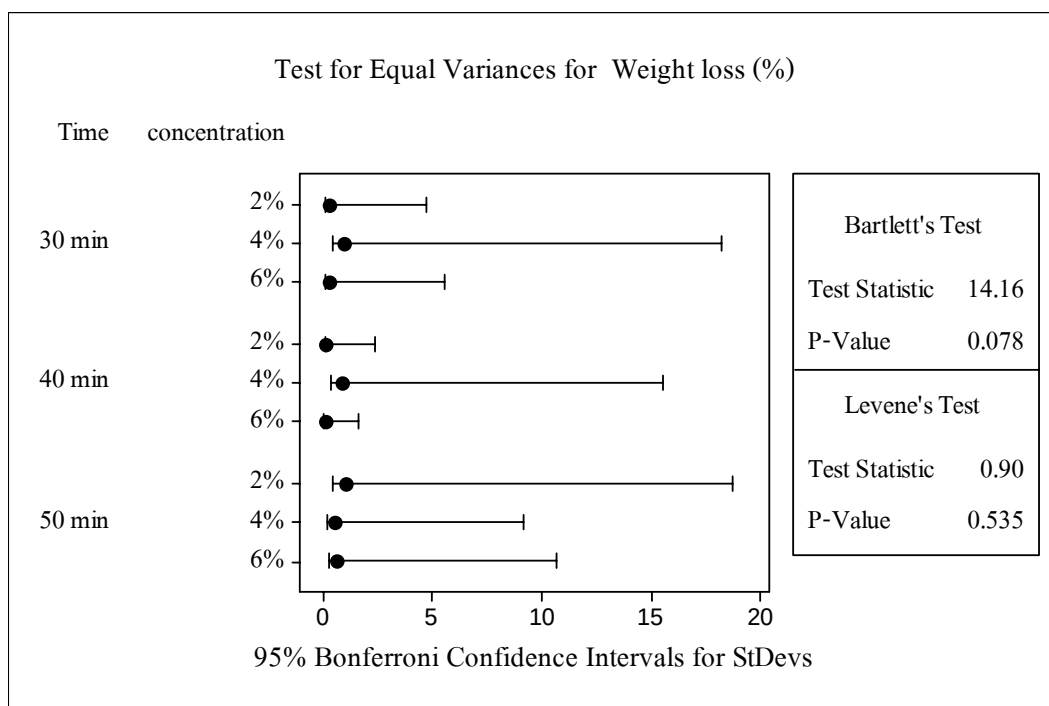
จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงดังภาพประกอบที่ 4.17 มีค่า $P-value$ มากกว่าค่าของ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก ผลที่ได้แสดงว่าข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่



ภาพประกอบที่ 4.15 Residual Plots for Weight Loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยา
ด้วยน้ำส้มควั่นไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน



ภาพประกอบที่ 4.16 Normal Probability Plot of Weight Loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยา
ด้วยน้ำส้มควั่นไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน



ภาพประกอบที่ 4.17 Test for Equal Variances for Weight Loss (%) ของกระบวนการอบน้ำยา
ด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยใช้ความดัน

หลังจากวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบและแสดงผลแล้วว่าข้อมูลได้รับการเก็บรวบรวมภายใต้สภาวะควบคุมตามแผนการทดลองแล้ว จะทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) จากตารางที่ 4.15 ค่า $R^2 = 91.18\%$ ประเมินจาก $(1 - (6.5433/74.1879)) \times 100$ แสดงว่าแบบการทดลองมีความถูกต้อง จึงทำการวิเคราะห์ ANOVA ต่อไป

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ANOVA ของกระบวนการอบน้ำยาโดยใช้ความดัน

Source	DF	SS	MS	F	P
Concentration	2	57.8583	28.9292	79.58	0.000
Time	2	8.4905	4.2453	11.68	0.001
Concentration*Time	4	1.2957	0.3239	0.89	0.489
Error	18	6.5433	0.3635		
Total	26	74.1879			

DF : Degree of Freedom SS : Sum of Square MS : Mean Square F : F-Ratio P : P-Value

การวิเคราะห์ ANOVA ของการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรของกระบวนการอบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟโดยใช้ความดัน มีสมมติฐานของการทดลอง คือ

สมมติฐานของการทดลอง คือ

H_0 : ปัจจัยที่พิจารณาไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

H_1 : ปัจจัยที่พิจารณามีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จากตารางที่ 4.15 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\alpha = 0.05$) ซึ่งค่า F_{α, v_1, v_2} จากตาราง F -ratio ที่ $F_{0.05, 2, 18}$ เท่ากับ 3.55 มีเกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ ถ้าค่า F -ratio ของตัวแปรจากตาราง ANOVA มีค่ามากกว่า 3.55 และค่า P -value น้อยกว่า 0.05 จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

ค่า F -ratio ของ Concentration (ความเข้มข้น) มีค่าเท่ากับ 79.58 ซึ่งมีค่ามากกว่า 3.55 และค่า P -value = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0 จึงสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการอบน้ำยาไม้ไฟโดยใช้ความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

ค่า F -ratio ของ Time (เวลา) มีค่าเท่ากับ 11.68 ซึ่งมีค่ามากกว่า 3.55 และค่า P -value = 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0 จึงสรุปได้ว่า เวลาในการอบน้ำยาไม้ไฟโดยใช้ความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

ค่า F -ratio ของ Interaction (การมีอันตรกิริยา) ระหว่าง Concentration กับ Time มีค่าเท่ากับ 0.89 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 3.55 และค่า P -value = 0.489 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นยอมรับ H_0 จึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไม่ขึ้นกับเวลาในการอบน้ำยาโดยใช้ความดัน ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

กระบวนการอบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟโดยใช้ความดัน ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไฟที่ใช้ในการทดลอง คือ 2 4 และ 6 % โดยปริมาตร และเวลาที่ใช้ในการอบน้ำยา คือ 30 40 และ 50 นาที มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ โดยการอบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟความเข้มข้น 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที สามารถทำให้ไม้ทนต่อการทำลายของเชื้อราได้ดีที่สุด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เท่ากับ 11.48

4.6.2.3 กระบวนการอบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน

จากการทดลองและเก็บข้อมูลของกระบวนการอบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน กำหนดค่าความเข้มข้น 1 % โดยปริมาตร เวลาในการอบน้ำยา คือ 30, 40 และ 50 นาที โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดัน ผลตอบสนองเป็น ค่าของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ แสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่าไม้ที่ผ่านกระบวนการอบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนแล้ว

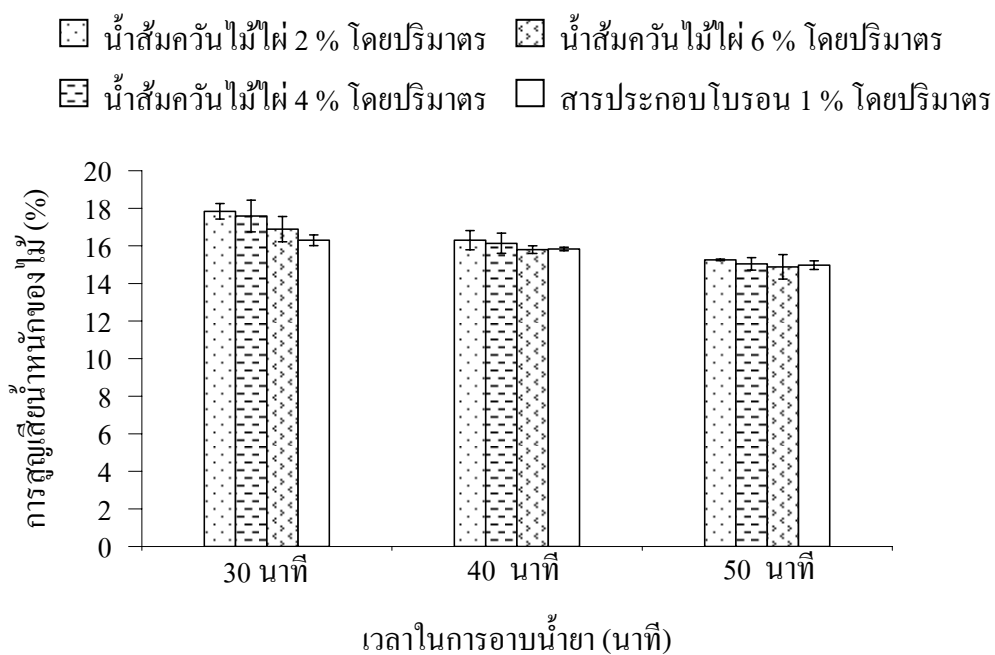
ทดสอบกับเชื้อรา เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้เมื่ออาบน้ำยาโดยใช้ความดันทำให้ไม้ทนทานต่อเชื้อราได้ดีกว่าการอาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน ซึ่งผลที่ได้มีแนวโน้มเดียวกันในการอาบน้ำยาที่ 30 40 และ 50 นาที

ตารางที่ 4.16 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบน้ำด้วยสารประกอบโบรอน โดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน

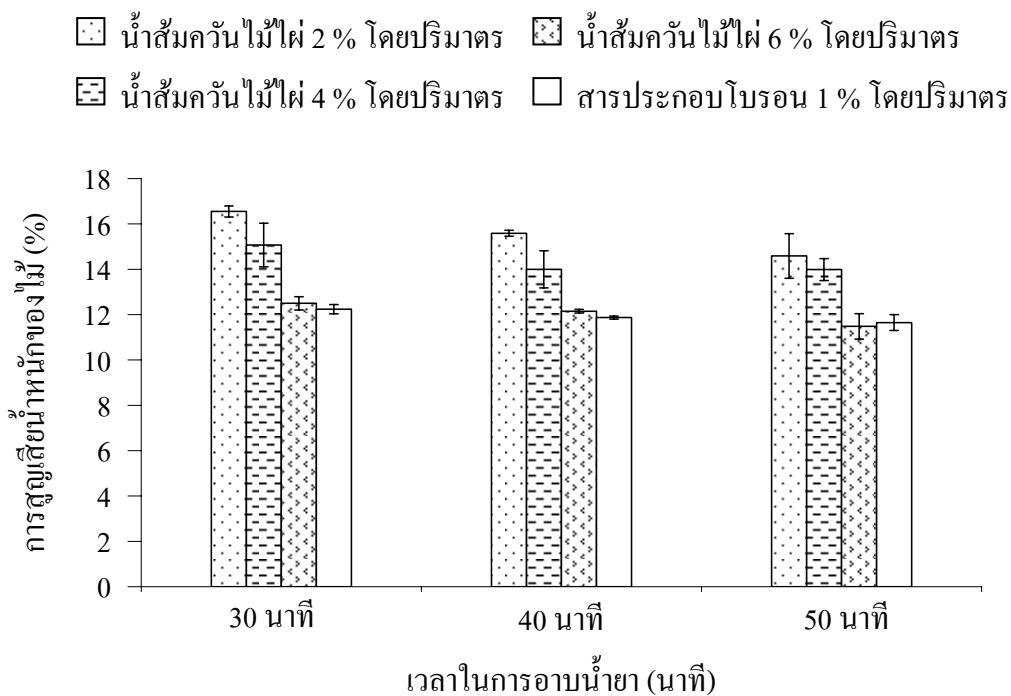
ความเข้มข้น สารประกอบโบรอน (% โดยปริมาตร)	เวลา (นาที)	น้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (%)	
		ไม่ใช้ความดัน	ใช้ความดัน
1	30	16.30±0.25	12.24±0.21
1	40	15.83±0.09	11.87±0.07
1	50	14.97±0.23	11.65±0.35

ผลของเพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้หลังนำไปทดสอบกับเชื้อรา โดยไม่ยุงพาราได้ผ่านกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟและสารประกอบโบรอน โดยไม่ใช้ความดัน ผลแสดงดังภาพประกอบที่ 4.18 พบว่าไม่ยุงพาราที่อาบน้ำด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าเพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้แตกต่างกันไม่มาก โดยที่ความเข้มข้นสูง ๆ เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้มีค่าต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ยุงพาราที่อาบน้ำด้วยสารประกอบโบรอน พบว่า ไม่ยุงพาราที่อาบน้ำด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 40 และ 50 นาที มีค่าเพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ค่อนข้างใกล้เคียงกันหรือกล่าวได้ว่าสามารถทนต่อการทำลายของเชื้อราได้ใกล้เคียงกัน

สำหรับกระบวนการอาบน้ำยาไม้โดยใช้ความดัน ผลแสดงดังภาพประกอบที่ 4.19 พบว่าไม่ยุงพาราที่อาบน้ำด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าเพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้แตกต่างกัน โดยน้ำส้มควันไม้ไฟที่ 2 % และ 4 % โดยปริมาตร จะมีค่าเพอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักของไม้ใกล้เคียงกันแต่สูงกว่าที่ 6 % โดยปริมาตร กล่าวได้ว่าไม่ยุงพาราที่อาบน้ำด้วยน้ำส้ม ควันไม้ไฟ 6 % โดยปริมาตร สามารถทนต่อการทำลายของเชื้อราได้ดีและเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ ยุงพาราที่อาบน้ำด้วยสารประกอบโบรอน พบว่า ไม่ยุงพาราที่อาบน้ำด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ 6 % โดย ปริมาตรที่เวลา 30 40 และ 50 นาที มีค่าเพอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักของไม้ใกล้เคียงกันหรือ กล่าวได้ว่าสามารถทนต่อการทำลายของเชื้อราได้ใกล้เคียงกันหรือกล่าวได้ว่าสามารถทนต่อการ ทำลายของเชื้อราได้ใกล้เคียงกัน



ภาพประกอบที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%) กับชนิดของน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ โดยไม่ใช้ความดัน



ภาพประกอบที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%) กับชนิดของน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ความดัน

เมื่อเปรียบเทียบผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ในกระบวนการอบน้ำยาโดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน พบว่ากระบวนการอบน้ำยาไม้โดยไม่ใช้ความดันมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้สูงกว่ากระบวนการอบน้ำยาไม้โดยใช้ความดัน จึงกล่าวได้ว่าความดันทำให้น้ำยาสามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้ได้เพิ่มขึ้นจึงทำให้ไม้ยางพาราสามารถทนต่อการทำลายของเชื้อราได้เพิ่มขึ้น สำหรับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไฟไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ด้วยเช่นกัน กล่าวคือ น้ำส้มควันไม้ไฟ 6 % โดยปริมาตร มีปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ สูงที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มข้นที่นำมาทดลอง ทำให้สามารถป้องกันการทำลายของเชื้อราได้ดีกว่า

4.7 สรุปผลการทดลอง

น้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยน้ำส้มควันไม้ไฟมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราดีที่สุด คือ มีความเข้มข้นต่ำที่สุด เท่ากับ 1.56 % โดยปริมาตร หรือ 16.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลของกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา พบว่ากรดอะซิติกมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่มีความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 5.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร เนื่องจากน้ำส้มควันไม้ไฟมีกรดอะซิติกประมาณ 86.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร ดังนั้นกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้ไฟเป็นองค์ประกอบที่ทำให้ น้ำส้มควันไม้ไฟมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้

กระบวนการอบน้ำยาไม้ด้วยถังขนาด 3.5 ลิตร โดยใช้ความดัน 100 psi น้ำยาสามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้ได้มากกว่าไม่ใช้ความดัน จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ต่ำกว่าด้วยเช่นกัน เมื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไฟไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญแต่เวลาในการอบน้ำยามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ ผลที่ดีที่สุด คือ ไม้ยางพาราที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ คือ 14.88 สำหรับกระบวนการอบน้ำยาโดยใช้ความดัน พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไฟและเวลาในการอบน้ำยามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ ผลที่ดีที่สุด คือ ไม้ยางพาราที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ คือ 11.48

ผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ที่อบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟเปรียบเทียบกับสารประกอบโบรอน พบว่าไม้ยางพาราอบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟความเข้มข้น 6 % โดยปริมาตร หรืออัตราส่วนของน้ำส้มควันไม้กับน้ำเท่ากับ 6 : 94 หรือ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร มีเปอร์เซ็นต์การ

สูญเสียน้ำหนักของไม้ใกล้เคียงกับไม้ยางพาราที่อาบด้วยสารประกอบโบรอน โดยกระบวนการ
อาบนํ้ายาไม้ที่ใช้ความดันจะทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียนํ้าหนักของไม้มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

น้ำส้มควันไม้ไฟ น้ำส้มควันไม้กระดินและน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส ที่นำมาทดสอบในการทดลองเป็นน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพ พบว่ามีปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฟีนอลและอะซิโตน กรดอะซิติกเป็นองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้น้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราซึ่งพบในน้ำส้มควันไม้ไฟสูงที่สุด ไม่อย่างพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟมีแนวโน้มเป็นสารรักษาเนื้อไม้ได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงนำน้ำส้มควันไม้ไฟเป็นน้ำยาในกระบวนการอาบนํ้ายาไม้เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอาบนํ้ายาและเปรียบเทียบกับสารรักษาเนื้อไม้ประเภทสารประกอบโบรอนซึ่งเป็นสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่ใช้กันทั่วไป พบว่ากระบวนการอาบนํ้ายาไม้โดยไม่ใช้ความดัน ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไฟไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ แต่เวลาในการอาบนํ้ายาไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกระบวนการอาบนํ้ายาไม้โดยใช้ความดัน พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไฟและเวลาในการอาบนํ้ายาไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟกับสารประกอบโบรอน พบว่าไม่อย่างพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟที่ความดัน 100 psi ความเข้มข้น 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาทีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ใกล้เคียงกับไม่อย่างพาราที่อาบด้วยสารประกอบโบรอน โดยกระบวนการอาบนํ้ายาไม้ที่ใช้ความดันจะทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบอื่น ๆ เนื่องจากในน้ำส้มควันไม้มีสารประกอบอินทรีย์มากกว่า 200 ชนิด เพื่อทราบชนิดขององค์ประกอบและปริมาณของสารเหล่านั้นที่มีอยู่ในน้ำส้มควันไม้ในแต่ละชนิด และสามารถศึกษาสมบัติของสารนั้น ๆ เพื่อใช้ประโยชน์หลาย ๆ ด้าน
- ควรมีการศึกษาสมบัติของน้ำส้มควันไม้ในการรักษาสภาพเนื้อไม้ที่ต่อศัตรูทำลายไม้อื่น ๆ เช่น มอด แมลง
- เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสภาพเป็นกรด จึงควรระวังเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับถังอัดนํ้ายาที่ไม่สามารถป้องกันการกัดกร่อนได้

บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2548. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 6. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที. เบส. บี. โปรดักส์ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
- จารุณี วงศ์ข้าหลวง และ ไพวรรณ เล็กอุทัย. 2523. “การใช้สารเคมีในการป้องกันมอดทำลายไม้”, ใน การประชุมวิชาการป่าไม้. หน้า 35-42.
- จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ, วรสร โพธิ์ทอง และ กวินธิดา อธิกิจไพบูลย์. 2549. “การศึกษาเบื้องต้นเพื่อประเมินคุณลักษณะน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยจากไม้ยางพารา”, ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 15. หน้า MT 24-1-5.
- ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้. 2546. “ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้”. (สำเนา)
- ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี. 2547. พิษภัยใกล้ตัว: สารเคมีรักษาเนื้อไม้. (ออนไลน์) สืบค้นจาก://www.chemtrack.org (30 พฤศจิกายน 2547).
- ฐานันดรศักดิ์ เทพญา. 2541. “ข้อกำหนดเทคนิคที่ดีในการอบไม้ยางพารา”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)
- เทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่. 2546. น้ำส้มควันไม้ผลพลอยได้มูลค่าสูงจากการเผาถ่าน. ปีที่ 4. ฉบับที่ 40.
- ธีระ วิณิน, สุรางค์ ตั้งสมบูรณ์ผล และ อรุโณทัย วงษ์ศิริ. 2528. “การทดสอบสารเคมีเบื้องต้นในการป้องกันเชื้อราทำลายไม้ยางพารา”, ใน การประชุมวิชาการป่าไม้. หน้า 577-581.
- นิรันดร์ มาแทน. 2546. “อนาคตของสารป้องกันศัตรูทำลายไม้”, WOODSPHERE. ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (มิถุนายน-สิงหาคม).
- พจน์ อนุวงศ์ และ ธีระ วิณิน. 2525. “การทดลองอบน้ำยาไม้ยางพาราด้วยวิธีอย่างง่าย”, ใน การประชุมวิชาการป่าไม้. หน้า 82-83.
- พรรณนิภา มาลานิตย์. 2546. “Wood preservative”, WOODSPHERE. ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (มิถุนายน-สิงหาคม).
- พุดินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ. 2543. ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้. หน้า 38.
- เพ็ญพิชญา เดียว. 2547. น้ำส้มควันไม้จากเผาถ่านไม้ผลิตปุ๋ย-สารไล่แมลงในไร่สวน. (ออนไลน์) สืบค้นจาก ://www.thairath.co.th (8 สิงหาคม 2547).
- ไพวรรณ เล็กอุทัย, ธีระ วิณิน และ ยุพาพร สรนุวัตร. 2532. “การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีในการป้องกันมอดทำลายไม้ยางพาราภายหลังการแปรรูป”, ใน การประชุม

วิชาการป่าไม้. หน้า 207-215.

- แมนเดอร์ พันธุ์. 2545. “น้ำยาอัดขาวรักษาเนื้อไม้”. กรุงเทพฯ : ภาคใต้ แมนเดอร์ กรุ๊ป. (สำเนา)
- ไม้อบทวิพรรณ. 2547. ไม้อัดน้ำยา. (ออนไลน์) สืบค้นจาก://www.thaweephan.co.th (8 สิงหาคม 2547).
- วิจิต สุวรรณปรีชา. 2547. ไม้ยางพาราทดแทนไม้ป่าจากธรรมชาติ. (ออนไลน์) สืบค้นจาก ://www.thailandrubber.thaigov.net (26 กุมภาพันธ์ 2550).
- ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน. 2548. น้ำส้มควันไม้. (ออนไลน์) สืบค้นจาก://www.fisheries.go.th (12 กันยายน 2548).
- สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. 2546. “การผลิตและการใช้ประโยชน์น้ำส้มควันไม้”. (สำเนา)
- สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. 2547. ไม้ยางพารา. (ออนไลน์) สืบค้นจาก://www.thailandrubber.thaigov.net (21 สิงหาคม 2547).
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2547. การใช้บอแรกซ์ในทางอุตสาหกรรม. (ออนไลน์) สืบค้นจาก ://www.fda.moph.go.th (2 ตุลาคม 2547).
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2527. มาตรฐานอุตสาหกรรมไม้อัดน้ำยา ซีซีเอ. (มอก. 516-2527).
- สุชาติพร พรมโชติกุล . 2535. “ประสิทธิภาพของไซพาราฟีนในการรักษาเนื้อไม้”, ในการประชุมวิชาการป่าไม้. หน้า 275-284.
- สุชาติพร แสงกุล. 2525. “การศึกษาการเข้าทำลายของเชื้อราชนิด White Rot ที่มีต่อไม้ชนิดต่าง ๆ”, ในการประชุมวิชาการป่าไม้ สาขาวนผลิตภัณฑ์. หน้า 22-34.
- สุชาติพร แสงกุล. 2532. “แนวโน้มของการใช้สิ่งในการป้องกันรักษาเนื้อไม้”, ในการประชุมวิชาการป่าไม้ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางไม้. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ หน้า 271-284.
- สุรางค์ ตั้งสมบูรณ์ผล. 2527. “การใช้สารเคมีบางชนิดป้องกันไม้ยางพาราเสียดสี (Blue Stain) หลังตัดฟัน”, ในการประชุมวิชาการป่าไม้. หน้า 204-211.
- โสภณ ลีลาธนาพิพัฒน์. 2546. เอสเอ็มอีแปรรูปควันไม้เป็นสารเคมีชีวภาพ. (ออนไลน์) สืบค้นจาก ://www.bkknews.com (18 กุมภาพันธ์ 2550).
- อำไพ เปี่ยมอรุณ, ชีระ วิณิน และ ทรงกลด จารุสมบัติ. 2547. “โครงการการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้”. (สำเนา)
- Anon (psued). 1988. “Anti-Bluestain Treatment by Foam”, The Asean Timberlink. Kuala Lumpur.

- C.P. Group. 2005. Wood Vinegar. (online) Available://www.cpflower.com (August 18, 2005).
- DOI & CO., LTD. 2005. Wood Vinegar. (online) Available://www.mokusakueki.com (May 9, 2005).
- Guangyuan, Xu. 2003. "Pesticide Composition". China. Pat 1452870 Nov. 5, 2003.
- Kadota, Masanori. *et al.*, 2004. Effects of Charcoal with Pyroligneous Acid and Barnyard Manure on Bedding Plants. (online) Available://www.sciencedirect.com (May 18, 2006)
- Kartal.; Imamura.; Tsuchiya and Ohsato. 2004. "Preliminary Evaluation of Fungicidal and Termiticidal Activities of Filtrates from Biomass Slurry Fuel Production", Bioresource Technology 95. 41-47.
- Online Wood Market. 2006. Rubberwood. (online) Available://www.108wood.com (May 18, 2006).
- Qiuxing, Jin. 2000. "Wood Vinegar, process for extracting wood vinegar and its usage". China. Pat 1254510 May 31, 2000.
- Tadakatsu, Mitsukura.; Kazuhiro, Yamamoto. and Mayumi, Hamada. 2004. "Repellant and Deodorant by Polymer Bag Containing Wood Vinegar Jelly". Japan. Pat 2004-083545 Mar. 18, 2004.
- Toshibumi, Kawachi. 1995. "Liquid Property Stabilization of Liquid of Wood Vinegar". Japan. Pat 7090279 Apr. 4, 1995.
- Yoshiro, Tsujimoto. and Yoshitaka, Tateiwa. 2005. "Antiseptic Treatment Material for Wood". Japan. Pat 2005035200 Feb. 10, 2005.
- Yumiko, Kikuchi. 2005. "Preservative-Treated Timber". Japan. Pat 2005111916 Apr. 28, 2005.

ภาคผนวก

ผนวก

ภาคผนวก ก ตารางบันทึกน้ำหนักไม้ยางพารา เมื่อทดสอบกับเชื้อรา
 ตารางที่ ก-1 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบด้วยสารชนิดต่าง ๆ

ชนิดของน้ำยา	น้ำหนักไม้ของการทดลองครั้งที่ 1		น้ำหนักไม้ของการทดลองครั้งที่ 2		น้ำหนักไม้ของการทดลองครั้งที่ 3	
	ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)	ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)	ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)
น้ำส้มควันไม้ไฟ	4.1416	3.7259	4.1911	3.8365	4.0360	3.7689
น้ำส้มควันไม้กระถิน	4.1721	3.6121	4.2795	3.7501	4.9156	4.3158
น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส	4.4782	3.9287	4.5375	4.1596	4.5783	4.0256
กรดอะซิติก	4.0497	3.9105	4.5763	4.4163	4.1225	3.9241
อะซิโตน	4.9654	4.7812	4.5490	4.4003	4.1867	4.0910
ฟีนอล	4.2647	4.2189	4.8532	4.8414	4.4102	4.3871
ฟอร์มัลดีไฮด์	4.5964	4.4120	4.1293	3.9657	4.5788	4.3812
กรดอะซิติกเจือจาง	4.7288	4.6326	4.0979	3.9098	4.4550	4.3827
อะซิโตนเจือจาง	4.1245	3.7188	3.9021	3.3307	4.3538	3.854
ฟีนอลเจือจาง	4.4048	3.7211	4.1822	3.6656	3.8812	3.3038
สารรักษาสภาพเนื้อไม้	4.5966	3.9116	4.4882	3.9575	4.3283	3.7404
สารต้านเชื้อรา	4.4361	3.7347	4.6009	4.0398	5.0294	4.4516
ไม่ใช้น้ำยา	4.5273	3.6609	4.4093	3.4626	4.2330	3.3384

ตารางที่ ก-2 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร

การทดลองที่	ความเข้มข้น	เวลา	น้ำหนักไม้	
	น้ำส้มควันไม้ไฟ		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
	(%)	(นาที)	(กรัม)	(กรัม)
1	6	40	4.5145	3.8047
2	6	30	3.5433	2.9623
3	2	50	4.6752	3.9639
4	6	30	4.0524	3.3367
5	2	40	4.408	3.7139
6	2	30	5.3387	4.3644
7	6	50	3.5602	3.0038
8	4	40	4.2652	3.552
9	2	30	4.5104	3.7059
10	2	30	4.407	3.6393
11	6	30	4.6951	3.9149
12	4	50	4.7219	3.9939
13	2	50	4.8101	4.0748
14	4	40	4.2155	3.5546

ตารางที่ ก-2 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร (ต่อ)

การทดลองที่	ความเข้มข้น	เวลา	น้ำหนักไม้	
	น้ำส้มควันไม้ไฟ		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
	(%)	(นาที)	(กรัม)	(กรัม)
15	6	40	5.0617	4.2693
16	4	30	4.7887	3.9016
17	6	40	4.1216	3.461
18	4	30	4.4336	3.6625
19	2	40	3.884	3.2336
20	4	50	4.3882	3.7392
21	4	30	4.1842	3.4783
22	4	50	4.6612	3.9659
23	2	40	4.431	3.7037
24	4	40	3.8024	3.1932
25	2	50	4.6688	3.9563
26	6	50	3.7968	3.2436
27	6	50	4.4215	3.7824

ตารางที่ ก-3 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร

การทดลองที่	ความเข้มข้น	เวลา	น้ำหนักไม้	
	น้ำส้มควันไม้ไฟ		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
	(%)	(นาที)	(กรัม)	(กรัม)
1	2	40	3.8011	3.2039
2	2	30	4.3081	3.585
3	4	40	4.2518	3.6167
4	6	30	3.9325	3.4416
5	6	50	3.9571	3.5023
6	4	40	3.5391	3.0616
7	2	30	4.2259	3.5377
8	2	40	4.2031	3.5476
9	6	40	4.0875	3.5884
10	4	50	3.1835	2.7249
11	4	30	3.4824	2.922
12	2	50	4.6414	3.9197
13	2	50	4.3239	3.7368
14	4	30	3.0983	2.6588

ตารางที่ ก-3 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ โดยใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร (ต่อ)

การทดลองที่	ความเข้มข้น	เวลา	น้ำหนักไม้	
	น้ำส้มควันไม้ไฟ (%)		ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)
15	6	40	3.9412	3.4611
16	4	50	3.5535	3.0568
17	6	40	3.6453	3.2059
18	2	30	3.9925	3.331
19	4	30	2.7391	2.3304
20	2	40	3.7325	3.1555
21	6	50	3.8932	3.4249
22	6	50	4.1024	3.6547
23	6	30	3.9126	3.4344
24	4	40	4.1481	3.5857
25	4	50	4.1205	3.5663
26	6	30	3.5994	3.1385
27	2	50	4.0911	3.4925

ตารางที่ ก-4 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดัน กับถึงขนาด 3.5 ลิตร

การทดลองที่	ความเข้มข้น	เวลา	น้ำหนักไม้	
	สารประกอบโบรอน		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
	(%)	(นาที)	(กรัม)	(กรัม)
1	1	30	3.4916	2.9209
2	1	40	3.9371	3.3149
3	1	50	3.2872	2.7932
4	1	30	3.6910	3.1004
5	1	40	3.0234	2.5417
6	1	50	3.1240	2.6505
7	1	30	2.9207	2.4365
8	1	40	2.4928	2.1001
9	1	50	3.2890	2.8053

ตารางที่ ก-5 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดัน กับถังขนาด 3.5 ลิตร

การทดลองที่	ความเข้มข้น	เวลา	น้ำหนักไม้	
	สารประกอบโบรอน (%)		ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)
1	1	30	3.9100	3.4305
2	1	40	3.5216	3.1056
3	1	50	3.2112	2.8501
4	1	30	3.5412	3.1010
5	1	40	3.6126	3.1814
6	1	50	3.3017	2.9101
7	1	30	3.4721	3.0546
8	1	40	3.1478	2.7745
9	1	50	3.3560	2.9585

ภาคผนวก ข ตารางบันทึกเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ หลังทดสอบกับเชื้อรา
 ตารางที่ ข-1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยสารชนิดต่าง ๆ

ชนิดของน้ำยา	การสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%)			
	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
น้ำส้มควันไม้ไฟ	10.04	8.46	6.62	8.37
น้ำส้มควันไม้กระถิน	13.42	12.37	12.20	12.66
น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส	12.27	8.33	12.07	10.86
กรดอะซิติก	3.44	3.50	4.81	3.92
อะซิโตน	3.71	3.23	2.29	3.09
ฟีนอล	1.07	0.24	0.52	0.61
ฟอร์มาลดีไฮด์	4.01	3.96	4.32	4.10
กรดอะซิติกเจือจาง	2.03	4.59	1.62	2.75
อะซิโตนเจือจาง	9.84	14.64	11.48	11.99
ฟีนอลเจือจาง	15.52	12.35	14.88	14.25
สารประกอบโบรอน	14.90	11.82	13.58	13.43
สารต้านเชื้อรา	15.81	12.20	11.49	13.17
ไม่ใช้น้ำยา	19.14	21.47	21.13	20.58

ตารางที่ ข-2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยน้ำสั้ควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร

การทดลองที่	ความเข้มข้น น้ำสั้ควันไม้ไผ่ (%)	เวลา (นาทึ)	การสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%)
1	6	40	15.72
2	6	30	16.40
3	2	50	15.21
4	6	30	17.66
5	2	40	15.75
6	2	30	18.25
7	6	50	15.63
8	4	40	16.72
9	2	30	17.84
10	2	30	17.42
11	6	30	16.62
12	4	50	15.42
13	2	50	15.29
14	4	40	15.68

ตารางที่ ข-2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยน้ำสั้ควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร (ต่อ)

การทดลองที่	ความเข้มข้น น้ำสั้ควันไม้ไผ่ (%)	เวลา (นาทึ)	การสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%)
15	6	40	15.65
16	4	30	18.52
17	6	40	16.03
18	4	30	17.39
19	2	40	16.75
20	4	50	14.79
21	4	30	16.87
22	4	50	14.92
23	2	40	16.41
24	4	40	16.02
25	2	50	15.26
26	6	50	14.57
27	6	50	14.45

ตารางที่ ข-3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยน้ำสั้ควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร

การทดลองที่	ความเข้มข้น น้ำสั้ควันไม้ไผ่ (%)	เวลา (นาทึ)	การสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%)
1	2	40	15.71
2	2	30	16.78
3	4	40	14.94
4	6	30	12.48
5	6	50	11.49
6	4	40	13.49
7	2	30	16.29
8	2	40	15.60
9	6	40	12.21
10	4	50	14.41
11	4	30	16.09
12	2	50	15.55
13	2	50	13.58
14	4	30	14.19

ตารางที่ ข-3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยน้ำสั้ควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร (ต่อ)

การทดลองที่	ความเข้มข้น น้ำสั้ควันไม้ไผ่ (%)	เวลา (นาทึ)	การสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%)
15	6	40	12.18
16	4	50	13.98
17	6	40	12.05
18	2	30	16.57
19	4	30	14.92
20	2	40	15.46
21	6	50	12.03
22	6	50	10.91
23	6	30	12.22
24	4	40	13.56
25	4	50	13.45
26	6	30	12.80
27	2	50	14.63

ตารางที่ ข-4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร

การทดลองที่	ความเข้มข้น สารประกอบโบรอน (%)	เวลา (นาทึ)	การสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%)
1	1	30	16.34
2	1	40	15.80
3	1	50	15.03
4	1	30	16.00
5	1	40	15.93
6	1	50	15.16
7	1	30	16.57
8	1	40	15.75
9	1	50	14.71

ตารางที่ ข-5 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร

การทดลองที่	ความเข้มข้น สารประกอบโบรอน	เวลา	การสูญเสียน้ำหนักของไม้
	(%)	(นาที)	(%)
1	1	30	12.26
2	1	40	11.81
3	1	50	11.25
4	1	30	12.43
5	1	40	11.94
6	1	50	11.86
7	1	30	12.02
8	1	40	11.86
9	1	50	11.84

ภาคผนวก ค ตารางบันทึกน้ำหนักไม้ยางพารา เมื่อผ่านการอาบน้ำยา

ตารางที่ ค-1 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออาบน้ำด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร

เวลา (นาท.)	การทดลองครั้งที่ 1			การทดลองครั้งที่ 2			การทดลองครั้งที่ 3		
	ปริมาตรไม้ (ชม. ³)	นน. ก่อนอบ (กก.)	นน. หลังอบ (กก.)	ปริมาตรไม้ (ชม. ³)	นน. ก่อนอบ (กก.)	นน. หลังอบ (กก.)	ปริมาตรไม้ (ชม. ³)	นน. ก่อนอบ (กก.)	นน. หลังอบ (กก.)
15	3009.0	3.03	3.24	2932.5	2.72	2.89	2907.0	2.73	2.94
20	2983.5	2.91	3.10	2958.0	3.08	3.32	2881.5	2.62	2.89
30	2881.5	2.64	2.89	2907.0	2.79	3.01	2932.5	2.67	2.94
40	2784.0	2.85	3.11	2784.0	2.56	2.76	2932.5	2.81	3.08
50	2958.0	2.71	2.97	2856.0	2.69	2.94	2958.0	2.62	2.91
60	2932.5	2.64	2.93	2760.0	2.83	3.10	2958.0	2.84	3.11

ตารางที่ ค-2 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 350 ลิตร

เวลา (นาทึ)	การทดลองครั้งที่ 1			การทดลองครั้งที่ 2			การทดลองครั้งที่ 3		
	ปริมาตรไม้ (ชม. ³)	นน. ก่อนอบ (กก.)	นน. หลังอบ (กก.)	ปริมาตรไม้ (ชม. ³)	นน. ก่อนอบ (กก.)	นน. หลังอบ (กก.)	ปริมาตรไม้ (ชม. ³)	นน. ก่อนอบ (กก.)	นน. หลังอบ (กก.)
15	2907.0	2.83	3.47	2958.0	2.90	3.44	2958.0	2.87	3.53
20	2736.0	3.01	3.58	3421.3	2.74	3.44	2907.0	2.86	3.49
30	2760.0	3.22	3.85	3009.0	2.87	3.54	2907.0	2.95	3.57
40	2688.0	2.89	3.56	2881.5	2.75	3.45	3220.0	2.84	3.68

ตารางที่ ค-3 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร

เวลา (นาท.)	การทดลองครั้งที่ 1			การทดลองครั้งที่ 2			การทดลองครั้งที่ 3		
	ปริมาตรไม้ (ชม. ³)	นน. ก่อนอบ (กก.)	นน. หลังอบ (กก.)	ปริมาตรไม้ (ชม. ³)	นน. ก่อนอบ (กก.)	นน. หลังอบ (กก.)	ปริมาตรไม้ (ชม. ³)	นน. ก่อนอบ (กก.)	นน. หลังอบ (กก.)
5	196.64	195.83	207.46	196.64	209.08	219.79	196.64	182.88	194.22
10	196.64	201.25	215.63	196.64	204.85	220.18	196.64	192.61	206.42
15	196.64	180.11	209.27	196.64	170.78	201.16	196.64	156.77	188.38
20	196.64	197.80	228.39	196.64	163.99	194.04	196.64	166.39	196.93
30	196.64	180.74	211.37	196.64	161.96	193.92	196.64	155.51	188.95
40	196.64	175.62	207.08	196.64	165.65	197.62	196.64	170.82	203.88
50	196.64	175.94	212.03	196.64	170.48	205.45	196.64	179.05	208.21
60	196.64	177.93	212.33	196.64	182.11	225.72	196.64	181.76	213.77

ตารางที่ ค-4 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยน้ำสัมน้ำมันไผ่ โดยไม่ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร

ความเข้มข้น น้ำสัมน้ำมันไผ่ (%)	เวลา (นาทึ่)	น้ำหนักไม้ตัวอย่างที่ 1		น้ำหนักไม้ตัวอย่างที่ 2		น้ำหนักไม้ตัวอย่างที่ 3	
		ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)	ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)	ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)
2	30	184.98	205.26	167.52	187.65	175.7	197.61
2	40	191.93	219.9	200.54	231.1	189.65	217.81
2	50	160.8	197.13	166.82	203.13	176.97	215.46
4	30	171.3	193.13	191.23	210.37	175.05	195.75
4	40	162.68	187.94	177.59	205.49	178.16	204.75
4	50	189.57	240.57	167.19	206.35	199.88	245.05
6	30	176.2	197.43	183.62	207.89	188.79	208.86
6	40	176.31	204.4	163.9	188.4	174.72	200.35
6	50	165.21	202.15	158.74	195.67	197.83	243.49

ตารางที่ ค-5 น้ำหนักไม้ยางพารา เมื่ออบด้วยน้ำสั้ควันไม้ไฟ โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร

ความเข้มข้น น้ำสั้ควันไม้ไฟ (%)	เวลา (นาที่)	น้ำหนักไม้ตัวอย่างที่ 1		น้ำหนักไม้ตัวอย่างที่ 2		น้ำหนักไม้ตัวอย่างที่ 3	
		ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)	ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)	ก่อนทดลอง (กรัม)	หลังทดลอง (กรัม)
2	30	168.69	225.17	159.33	213.06	176.9	230
2	40	169.91	230.38	159.72	216.97	168.86	227.49
2	50	169.12	233.61	177.07	244.62	165.14	229.41
4	30	167.21	225.65	175.07	231.54	159.01	212.06
4	40	155.64	210.49	164.19	220.98	179.01	240.77
4	50	158.05	218.6	177.53	245.95	172.98	240.25
6	30	183.87	245.7	172.97	229.22	174.15	225.51
6	40	181.65	249.2	152.72	208.64	160.47	217.31
6	50	161.83	222.92	168.88	234.64	167.38	233.94

ภาคผนวก ง ตารางบันทึก % BAE

ตารางที่ ง-1 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร

เวลา (นาที)	% BAE			
	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
15	0.15	0.10	0.13	0.13
20	0.19	0.18	0.27	0.21
30	0.22	0.21	0.23	0.22
40	0.24	0.27	0.19	0.23

ตารางที่ ง-2 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร

เวลา (นาทึ)	% BAE			ค่าเฉลี่ย
	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	
15	0.13	0.11	0.15	0.13
20	0.17	0.13	0.14	0.15
30	0.15	0.14	0.17	0.15
40	0.19	0.13	0.13	0.15
50	0.12	0.20	0.16	0.16
60	0.29	0.23	0.17	0.23

ตารางที่ ง-3 % BAE ของไม้ เมื่ออาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร

เวลา (นาทึ)	% BAE			
	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
5	0.13	0.12	0.12	0.12
10	0.18	0.11	0.18	0.16
15	0.15	0.17	0.21	0.18
20	0.17	0.17	0.24	0.19
30	0.18	0.23	0.20	0.20
40	0.25	0.23	0.19	0.22
50	0.30	0.21	0.25	0.25
60	0.34	0.34	0.33	0.34

ภาคผนวก จ ตารางบันทึกปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้

ตารางที่ จ-1 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร

เวลา (นาทีก)	ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม)			ค่าเฉลี่ย
	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	
15	0.70	0.58	0.72	0.67
20	0.64	0.81	0.94	0.80
30	0.87	0.76	0.92	0.85
40	0.93	0.72	0.92	0.86
50	0.88	0.88	0.98	0.91
60	0.99	0.98	0.91	0.96

ตารางที่ จ-2 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยใช้ความดันกับถึงขนาด 350 ลิตร

เวลา (นาทึ)	ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม)			
	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
15	2.20	1.83	2.23	2.09
20	2.08	2.05	2.17	2.10
30	2.28	2.23	2.13	2.21
40	2.49	2.43	2.61	2.51

ตารางที่ จ-3 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร

เวลา (นาทึ)	ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม)			ค่าเฉลี่ย
	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	
5	0.59	0.54	0.58	0.57
10	0.73	0.78	0.70	0.74
15	1.48	1.54	1.61	1.54
20	1.56	1.53	1.55	1.55
30	1.56	1.63	1.70	1.63
40	1.60	1.63	1.68	1.64
50	1.84	1.78	1.48	1.70
60	1.75	2.22	1.63	1.87

ตารางที่ จ-4 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มคว้นไม้ไฟ โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร

ความเข้มข้น น้ำส้มคว้นไม้ไฟ (%)	เวลา (นาที)	ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม)			
		การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
2	30	2.75	2.73	2.97	2.82
2	40	3.79	4.14	3.82	3.92
2	50	4.93	4.92	5.22	5.02
4	30	5.92	5.19	5.61	5.57
4	40	6.85	7.57	7.21	7.21
4	50	13.83	10.62	12.25	12.23
6	30	8.64	9.87	8.16	8.89
6	40	11.43	9.97	10.43	10.61
6	50	15.03	15.02	18.58	16.21

ตารางที่ จ-5 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มคว้นไม้ไฟ โดยใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร

ความเข้มข้น น้ำส้มคว้นไม้ไฟ (%)	เวลา (นาที)	ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม)			
		การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
2	30	7.66	7.29	7.20	7.38
2	40	8.20	7.76	7.95	7.97
2	50	8.75	9.16	8.72	8.88
4	30	15.85	15.32	14.39	15.19
4	40	14.88	15.40	16.75	15.68
4	50	16.42	18.56	18.24	17.74
6	30	25.15	22.88	20.89	22.97
6	40	27.48	22.75	23.12	24.45
6	50	24.85	26.75	27.08	26.23

ภาคผนวก ข ตารางใบรายงานผลการวิเคราะห์
 ตารางที่ ข-1 ปริมาณองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University
 Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-0031/T ฉบับที่ 4 บังคับใช้ 23/08/47

เลขที่ 1111/50 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า: ผศ. ดร.ธนศ รัตนวิไล
 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 เลขที่ใบขอใช้บริการฯ: 1243/50 (สำเนารายงานผลการทดสอบของใบขอใช้บริการเลขที่ 6290/48 วันที่ 28 เมษายน 2548)
 วันที่รับตัวอย่าง: 11 พฤษภาคม 2550
 ผู้ทดสอบ: นางสาวสาธิตา มะลี
 วันที่ทำการทดสอบ: 4 - 5 พฤษภาคม 2548
 วิธีการทดสอบ: อ้างอิง WI-RES- GC6850-001
 เครื่องมือทดสอบ: HP 6850 Gas Chromatograph with Flame Ionization Detector
 เทคนิคการทดสอบ: Gas Chromatography
 สภาวะการทดสอบ:

Inlet temperature: 250°C

Detector temperature: 300°C

Oven initial temperature: 70°C

Ramp to : 100 °C, at 5 °C/minute

Ramp to : 220 °C, at 6 °C/minute, hold for 4 minutes

Column: Stabilwax , length 30 m., film thickness 0.25 µm, ID. 0.25 mm

รายละเอียดตัวอย่าง: น้ำส้มควันไม้

จำนวน: 3 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ:

ที่	ชื่อตัวอย่าง	ความเข้มข้น $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, mg/L		
		Acetone	Acetic acid	Phenol
1	ยูคาลิปตัส1	360.67 $\pm$ 12.07	53126.07 $\pm$ 100.55	339.83 $\pm$ 7.72
2	กระดังงา	169.08 $\pm$ 7.31	55560.47 $\pm$ 274.37	464.14 $\pm$ 13.99
3	ไผ่1	22655 $\pm$ 9.59	86551.07 $\pm$ 673.78	2652.73 $\pm$ 38.59

อ้างอิงข้อมูลดิบที่โฟลเดอร์ 6290-48

(นางสาวพัชรา สุกรัตน์)

ผู้ตรวจสอบ

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
 ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์

ตารางที่ จ-2 % BAE ของไม้ เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน)
โดยไม้ใช้ความดันกับถึงขนาด 3.5 ลิตร



CENTRAL EQUIPMENT DIVISION
FACULTY OF SCIENCE, PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
P.O.BOX 3 KHOHONG, HATYAI, THAILAND 90112.
TEL.(074)288058-9
FAX: 66-74-212923

ANALYSIS REPORT : ICP-OES AND CHEMICAL METHOD ANALYSIS

SAMPLE FROM : ดร.ธเนศ รัตนวิไล

: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ANALYST : นางสาวมุสตี มุหะหมัด และนางสาวดวงฤดี นมวกทอง

SAMPLE ID. : ไม้ จำนวน 24 ตัวอย่าง

FORM NO. : 441/49 (20/02/2549)

LABORATORY TEST RESULTS

Samples	BAE (%)
T5(1)	0.13
T5(2)	0.12
T5(3)	0.12
T10(1)	0.18
T10(2)	0.11
T10(3)	0.18
T15(1)	0.15
T15(2)	0.17
T15(3)	0.21
T20(1)	0.17
T20(2)	0.17
T20(3)	0.24
T30(1)	0.18
T30(2)	0.23
T30(3)	0.20



ตารางที่ จ-2 % BAE ของไม้ เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน)
โดยไม่ใช้ความดันกับถังขนาด 3.5 ลิตร (ต่อ)



CENTRAL EQUIPMENT DIVISION
FACULTY OF SCIENCE, PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
P.O.BOX 3 KHOHONG, HATYAI, THAILAND 90112.
TEL.(074)288058-9
FAX: 66-74-212923

LABORATORY TEST RESULTS (CON'S)

Samples	BAE (%)
T40(1)	0.25
T40(2)	0.23
T40(3)	0.19
T50(1)	0.30
T50(2)	0.21
T50(3)	0.25
T60(1)	0.34
T60(2)	0.34
T60(3)	0.33

Method : Modified method AOAC 958.01 (B in plant ; ICP-OES)

: Density 650 kg/m³



 (นางสาวดวงฤดี หมวกทอง) (นางสาวนุสดี มุทะหมัด)
 นักวิทยาศาสตร์ 5 นักวิทยาศาสตร์ 6
 27 กุมภาพันธ์ 2549

ตารางที่ จ-3 % BAE ของไม้ เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน)
โดยไม้ใช้ความดันและใช้ความดันกับถังขนาด 350 ลิตร



CENTRAL EQUIPMENT DIVISION
FACULTY OF SCIENCE, PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
P.O.BOX 3 KHOHONG, HATYAI, THAILAND 90112.
TEL (074)288058-9
FAX: 66-74-212923

ANALYSIS REPORT : ICP-OES AND CHEMICAL METHOD ANALYSIS
SAMPLE FROM : ดร.ธเนศ รัตนวิไล
: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ANALYST : นางสาวมูสดี มุทะหมัด และนางสาวดวงฤดี นมวกทอง
SAMPLE ID. : ไม้ จำนวน 30 ตัวอย่าง
FORM NO. : 0215/49 (02/12/2548)

LABORATORY TEST RESULTS

Samples	BAE (%)
P15(1)	0.15
P15(2)	0.10
P15(3)	0.13
P20(1)	0.19
P20(2)	0.18
P20(3)	0.27
P30(1)	0.22
P30(2)	0.21
P30(3)	0.23
P40(1)	0.24
P40(2)	0.27
P40(3)	0.19
N15(1)	0.13
N15(2)	0.11
N15(3)	0.15



ตารางที่ จ-3 %BAE ของไม้ เมื่ออบด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน)
โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดันกับถึงขนาด 350 ลิตร (ต่อ)



CENTRAL EQUIPMENT DIVISION
FACULTY OF SCIENCE, PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
P.O.BOX 3 KHOHONG, HATYAI, THAILAND 90112.
TEL.(074)288058-9
FAX: 66-74-212923

LABORATORY TEST RESULTS (CON'S)

Samples	BAE (%)
N20(1)	0.17
N20(2)	0.13
N20(3)	0.14
N30(1)	0.15
N30(2)	0.14
N30(3)	0.17
N40(1)	0.19
N40(2)	0.13
N40(3)	0.13
N50(1)	0.12
N50(2)	0.20
N50(3)	0.16
N60(1)	0.29
N60(2)	0.23
N60(3)	0.17

Method : Modified method AOAC 958.01 (B in plant ; ICP-OES)

: Density 650 kg/m³


 (นางสาวดวงฤดี หมวกทอง)
 นักวิทยาศาสตร์ 5


 (นางสาวมุสดี มุหะหมัด)
 นักวิทยาศาสตร์ 6

14 ธันวาคม 2548

ตารางเปรียบเทียบแผนงาน วัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับจากงานวิจัย
1. ทราบองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ต่างชนิด 2. ทราบอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการรักษาสภาพไม้ยางพาราโดยกระบวนการอัดน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้และประสิทธิภาพการใช้น้ำส้มควันไม้ในกระบวนการอัดน้ำยา	1. จัดหาและเตรียมความพร้อมของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากแหล่งผลิตจากจังหวัดนครราชสีมาให้สอดคล้องกับการทดลอง 2. สร้างชุดเครื่องมือและระบบอุปกรณ์ในการอัดน้ำยาในระดับห้องปฏิบัติการ 3. ศึกษาหลักการทำงานและพัฒนาระบบการอัดน้ำยาในระดับห้องปฏิบัติการ 4. ทำการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอัดน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ที่มีผลต่อการรักษาสภาพไม้ยางพารา 5. ทำการออกแบบการทดลองโดยใช้วิธี Response Surface Method (RSM) เพื่อลดจำนวนครั้งในการทดลอง 6. นำไม้ยางพาราที่ผ่านการอัดน้ำยากำหนดหาอัตราการแทรกซึมของ	1. น้ำส้มควันไม้ 3 ชนิดที่ใช้ในการทดลองซึ่งได้จากไม้ไผ่ ไม้ยูคาลิปตัส และไม้กระถิน จัดหาจากแหล่งที่ผลิตน้ำส้มควันไม้โดยเฉพาะในแถบจังหวัดนครราชสีมา จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักเช่น กรดอะซิติก เมธานอล ฟอร์มาลดีไฮด์ และฟีนอล เป็นต้น ที่มีอยู่ในน้ำส้มควันไม้ โดยทำการวิเคราะห์ด้วย GC และ HPLC เพื่อทราบองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้ 2. ทำการออกแบบและสร้างถังอัดน้ำยา โดยเลือกใช้วัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน เช่น เหล็กไร้สนิม เป็นต้น และทำการสร้างในระดับห้องปฏิบัติการ 3. ศึกษาหลักการทำงานและทดสอบเครื่องมือ 4. ทำการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอัดน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ที่มีผลต่อการรักษาสภาพไม้ยางพารา โดยตัวแปรหลักที่เลือกศึกษาในงานวิจัยนี้ได้แก่ - ชนิดของน้ำส้มควันไม้: น้ำส้มควันไม้ 3 ชนิดที่ได้จาก ไม้ไผ่ ไม้ยูคาลิปตัสและไม้กระถิน	1. ทราบว่าสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้มีสีอยู่ในช่วงสีเหลืองถึงสีแดงน้ำตาล ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.01-1.03 และค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 3 ซึ่งเป็นสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพดี เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติก ฟีนอลและอะซิโตน พบว่าในน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุด โดยพบว่าปริมาณมากที่สุดคือน้ำส้มควันไม้ไผ่ 2. ทราบว่าน้ำส้มควันไม้ไผ่มีปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสและกระถิน ทำให้เห็นแนวโน้มความเป็นไปได้ในการทดลองรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพาราด้วยการอบน้ำส้มควันไม้ที่มีปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุดซึ่งช่วยในการป้องกันไม้ยางพาราจากเชื้อราได้ 3. พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่ไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญแต่เวลาในการอบ

	น้ำส้มควันไม้และทดสอบการถูกชะล้างของน้ำส้มควันไม้ 7. วิเคราะห์และทดสอบผลการรักษาสภาพไม้ยางพาราที่ผ่านการอัดน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ต่อการทนปลวก, การทนมอด และการทนรา 8. เปรียบเทียบผลการทดลองกับวิธีการอัดน้ำยาที่ใช้ในปัจจุบันและสรุปผล	องค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้ขึ้นกับชนิดของน้ำส้มควันไม้ ตัวอย่างองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้ เช่น กรดอะซิติก เมธานอล ฟอร์มัลดีไฮด์ และฟีนอล เป็นต้น - ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไฟที่ความเข้มข้น 3 ค่า คือ 2, 4 และ 6 % โดยปริมาตร - ความดันที่ใช้ในการอัดน้ำยาที่ 100 psi - เวลาที่ใช้ในการอัดน้ำยาที่แตกต่างกัน 3 เวลา คือ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง โดยมากในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราจะใช้เวลาในการอัดน้ำยาต่อครั้งประมาณ 1.5-2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับน้ำยาและชนิดของไม้ 5. ไม้ยางพาราที่ผ่านการอัดน้ำยาแล้วจะทำการทดสอบคุณสมบัติต่อการต้านทานทานเชื้อรา โดยทำการทดสอบตามมาตรฐานและ แนวทาง การทนราตามแนวทางASTM Designation : D 1413 – 76 6. วิเคราะห์ผลการทดลองและใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อให้การวิเคราะห์ผลมีความน่าเชื่อถือ	น้ำยามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ อย่างมีนัยสำคัญ ผลที่ดีที่สุดคือ ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ คือ 14.88 สำหรับกระบวนการอาบน้ำยาโดยใช้ความดันพบว่า ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไฟและเวลาในการอาบน้ำยามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ อย่างมีนัยสำคัญ ผลที่ดีที่สุดคือ ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไฟ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที เช่นเดียวกันกับการไม่ใช้ความดัน แต่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักของไม้ที่ต่ำกว่า คือ 11.48
--	---	---	--