# บทที่ 4

# การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้

## 4.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การป้องกันรักษาเนื้อไม้โดยทั่วไป นิยมใช้สารเคมีรักษาเนื้อไม้เพื่อป้องกันการเข้าทำลายจากแมลง เชื้อราและศัตรูทำลายไม้อื่น ๆ ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เช่น การอัดด้วยแรงดันและไม่ใช้แรงดัน เช่น การจุ่ม การพ่น และการแช่ เพื่อให้สารเคมีสามารถแทรกซึมเข้าไปภายในเนื้อไม้และมีความคงทนติดกับเนื้อไม้ เพื่อให้เนื้อไม้มีความเป็นพิษต่อศัตรูทำลายไม้ (อำไพ เปี่ยมอรุณ, ธีระ วีณิน และทรงกลด จารุสมบัติ, 2547) การอาบน้ำยาไม้สามารถทำการอาบได้ทั้งไม้สดและไม้ที่ผึ่งแห้ง โดยการอาบน้ำยาไม้สดเป็นวิธีการอาบน้ำยาไม้ที่ได้ตัดโค่นลงมาใหม่ ๆ หรือยังสดอยู่ มีความชื้นในไม้สูง โดยใช้ตัวยาข้นเหนียวแบบยาสีฟัน (Paste) ค่อย ๆ ซึมเข้าไปแทนที่น้ำเลี้ยงในไม้ที่เรียกว่าวิธีออสโมส (Osmose) แต่ถ้าตัวยามีความเข้มข้นมาก ๆ ค่อย ๆ ซึมเข้าไปในไม้ (Diffusion) ได้แก่ วิธีจุ่มแล้วหมัก (Dip Diffusion) ส่วนการอาบน้ำยาไม้แห้ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการอาบน้ำยาไม้แปรรูปหรือไม้ท่อนที่จะนำไปใช้ในกิจการต่าง ๆ ปัจจุบันโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราใช้กรรมวิธีในการอาบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัดหรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า การอัดน้ำยาไม้ มักทำหลังจากการเลื่อยแปรรูปหรือก่อนการอบ ซึ่งเป็นการป้องกันเบื้องต้นของเชื้อราที่เกิดการเสียสีและเชื้อราที่เข้าไปเจริญเติบโตในเนื้อไม้ โดยจะอัดน้ำยาที่เป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ให้เข้าไปในเนื้อไม้มากที่สุดตามลักษณะของการนำไปใช้ประโยชน์ การอัดน้ำยาไม่เหมาะสมกับน้ำยาประเภทน้ำมันเพราะน้ำมันจะเยิ้มอยู่เป็นเวลานาน สารเคมีที่สามารถป้องกันรักษาเนื้อไม้มีหลายชนิด สารเหล่านี้อาจจะใช้เพียงชนิดเดียวหรือใช้ร่วมกับสารชนิดอื่น บางชนิดเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการอุตสาหกรรม ปัจจุบันได้มีการคำนึงถึงเรื่องพิษของสารเคมีและผลกระทบที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมและมนุษย์กันมาก ดังนั้นการหาสิ่งทดแทนสารเคมีเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งจากการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของน้ำส้มควันไม้ในบทที่ 3 น้ำส้มควันไม้ไผ่มีแนวโน้มในการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพารา ดังนั้นงานวิจัยในบทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอาบน้ำยาไม้ด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่

## 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการอาบน้ำยาไม้ เป็นกรรมวิธีที่ทำให้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้สามารถแทรกซึมเข้าไป

ในเนื้อไม้เพื่อทำให้ไม้สามารถป้องกันศัตรูทำลายไม้ได้ มีการศึกษาค้นคว้าดังต่อไปนี้

พจน์ อนุวงศ์ และ ธีระ วีณิน (2525) ศึกษาหาวิธีการอาบน้ำยาไม้อย่างง่ายและได้รับผลดีเมื่อใช้กับไม้ยางพารา เนื่องจากไม้ยางพาราเป็นไม้ที่อาบน้ำยาได้ง่ายมาก และส่วนใหญ่เป็นการใช้ไม้ในที่ร่มที่ไม่ถูกแดดถูกฝน และเลือกใช้วิธีการแช่ไม้ในน้ำยาเป็นหลักในการทดลอง ผลการทดลองปรากฏว่า น้ำยาจะซึมซับเข้าไปในไม้เป็นปฏิภาคกลับกันกับปริมาณความชื้นของไม้ที่ลดลง กล่าวคือ น้ำยาจะซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้มากขึ้น เมื่อความชื้นของไม้นั้นลดต่ำลงตามลำดับจนถึงจุดยุติ ณ จุดใดจุดหนึ่ง

ไพวรรณ เล็กอุทัย และคณะ (2532) ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีในการป้องกันมอดทำลายไม้ยางพาราภายหลังการแปรรูป การทดลองนี้เป็นการนำน้ำยาไม้ยางพาราสด ใช้วิธีง่าย ๆ โดยการจุ่ม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารเคมีในกลุ่มที่เป็นยาฆ่าแมลง ได้แก่ Chlordane, Shelldrite, Diazinon และ Sumicidin ใช้ความเข้มข้นต่ำเพียง 0.5-1.0 % เท่านั้น เมื่อใช้กับไม้สดสารเคมีจึงเจือจางลงไปได้อีก ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงจึงลดลง ทำให้ใช้ได้ได้ผลเท่าสารเคมีในกลุ่มเดี่ยว ๆ ที่ใช้ความเข้มข้นสูงถึง 15 % เมื่อเจือจางลงไปบ้างประสิทธิภาพของสารเคมีก็ยังใช้ได้ผลดี ฉะนั้นการอาบน้ำยาไม้สด สารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ความเข้มข้นต่ำควรใช้ให้สูงขึ้น การอาบน้ำยาด้วยวิธีการจุ่มเป็นการป้องกันรักษาเนื้อไม้เฉพาะผิวนอกเท่านั้นใช้ได้ผลดีชั่วคราว เมื่อมอดเจาะกัดผิวไม้จนเป็นรูเข้าไปในเนื้อไม้ มอดตัวอื่นอาจจะเข้าไปตามรูเจาะนี้ได้และเข้าไปวางไข่ในไม้โดยไม่ได้สัมผัสกับตัวยาที่เคลือบอยู่บนผิวไม้ การทำลายจึงเกิดขึ้นรุนแรงในกรณีเช่นนี้ การป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่ให้ผลดีที่สุด คือ การอัดน้ำยา วิธีนี้ป้องกันรักษาเนื้อไม้ภายในด้วย

น้ำยาที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาสภาพเนื้อไม้มีหลายชนิด แต่น้ำยาที่นิยมใช้กันคือน้ำยาอัดเขียว ซึ่งมีประสิทธิภาพเพื่อฆ่าเชื้อราและแมลง มีส่วนประกอบของคอปเปอร์ โครเมียมและอาร์เซนิกและมีสารยึดเพื่อไม่ให้สารเหล่านี้ถูกชะล้างออกมา จึงมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง เหมาะแก่การใช้งานภายนอก ข้อเสียคืออาจเกิดเป็นสีเขียวของสารโลหะหนักเหล่านี้ได้และอาจเกิดมลภาวะเพราะถ้าสารโลหะหนักสะสมในร่างกายจะมีอันตรายต่อสุขภาพ เช่น มีผลต่อระบบประสาทหรือเป็นสารก่อมะเร็ง สารอีกชนิดหนึ่งเรียกว่าน้ำยาอัดขาว ประกอบด้วยสารประกอบโบรอน ได้แก่ บอแรกซ์ มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อราและแมลงต่ำกว่าชนิดแรกจึงเหมาะแก่การใช้กับเฟอร์นิเจอร์ภายในอาคาร แต่อย่างไรก็ตาม คนที่ทำงานอยู่ในโรงงานไม้แปรรูปและผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสและสูดเอาสารเหล่านี้เข้าไป (ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี, 2547) เนื่องจากสารประกอบโบรอนสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ได้รับเป็นประจำ เนื่องจากพิษของบอแร็กซ์มีผลต่อเซลล์ของร่างกาย (สำนักงานคณะกรรมการอาหาร

และยา, 2547) ดังนั้นจึงได้มีการค้นคว้าสารจากธรรมชาติ และสามารถป้องกันรักษาเนื้อไม้โดยไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมและไม่เป็นอันตรายกับมนุษย์ การนำน้ำส้มควันไม้ซึ่งเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติมาศึกษาเกี่ยวกับการรักษาสภาพเนื้อไม้และทำการจดสิทธิบัตร มีรายละเอียดดังนี้

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

Yoshiro and Yoshitaka (2005) ศึกษาเพื่อหาสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อรา แต่มีความปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เพราะเนื่องจากสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราจะมีโลหะหนัก สารหนูเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ การทดลอง คือ นำไม้มาอาบด้วยสารซึ่งเป็นสารละลายที่ถูกเตรียมจากการผสมตามอัตราส่วนของสารเพนซิมมอนซึ่งมีกรดเทนนินเป็นส่วนประกอบหลักกับสารละลายน้ำส้มควันไม้ที่มีกรดอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลัก สารผสมเหล่านี้เป็นผลผลิตจากธรรมชาติซึ่งสารต้านเชื้อราที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ได้มีการสนับสนุนการใช้สารนี้อาบไม้เพื่อใช้ภายในอาคารและคาดหวังว่าจะถูกนำไปใช้งานด้านวิศวกรรมโยธา

น้ำส้มควันไม้เป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสามารถนำมาใช้ในการรักษาสภาพไม้ได้ ดังนั้นงานวิจัยในบทนี้จึงได้พัฒนาโดยนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ในการรักษาสภาพไม้ยางพารารวมถึงศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอาบน้ำยาไม้

**4.3 วัสดุ**

4.3.1 น้ำส้มควันไม้สำหรับการทดลองนี้มี 3 ชนิด คือ น้ำส้มควันไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส และน้ำส้มควันไม้กระถิน ซึ่งผลิตมาจากเตาอิวาเตะ น้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด เป็นสารที่นำมาทดสอบหาสมบัติต่าง ๆ และศึกษาหาแนวโน้มในการรักษาสภาพไม้ยางพารา

4.3.2 สารเคมีที่ใช้เป็นสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ ได้แก่ สารประกอบโบรอนชนิดทิมบอร์ เป็นน้ำยาสำหรับอาบน้ำยาไม้ ซึ่งเป็นน้ำยาที่ใช้โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้ในการทดลองการรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพารา

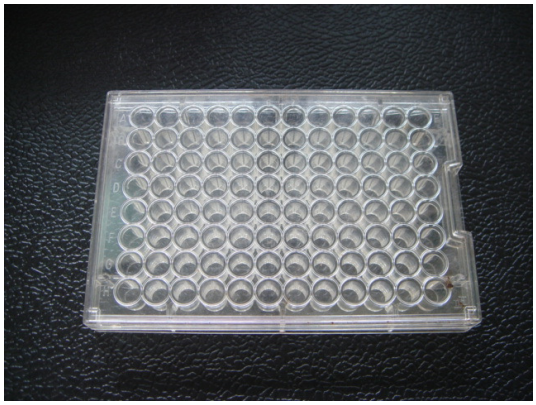
4.3.3 ไม้ยางพารา (*Heavea brasilliensis* Muell. Arg) จากโรงงานแปรรูปไม้ทั่วไป เป็นไม้สด ซึ่งผ่านการเลื่อยแปรรูปและยังไม่ได้ผ่านกระบวนการอาบน้ำยาไม้ ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่ใช้ทดสอบสำหรับการทดลองนี้

4.3.4 เชื้อราไม้สำหรับการทดลอง เชื้อราชนิดนี้มีลักษณะภายนอกเป็นเส้นใยสีขาว แสดงดังภาพประกอบที่ 3.1 และมีเส้นใยเป็นแบบมีผนังกั้น (Septate Hypha) เมื่อศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3.2 และลักษณะโครงสร้างที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน, 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 สำหรับเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อราในการทดสอบการรักษาสภาพไม้ภายหลังผ่านการอาบน้ำยา

4.3.6 อาหารเลี้ยงเชื้อราชนิดเหลว Sabouraud 2 % Dextrose Broth (SDB) ของ Merk, Germany โดยละลายในอัตราส่วน 30 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ 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

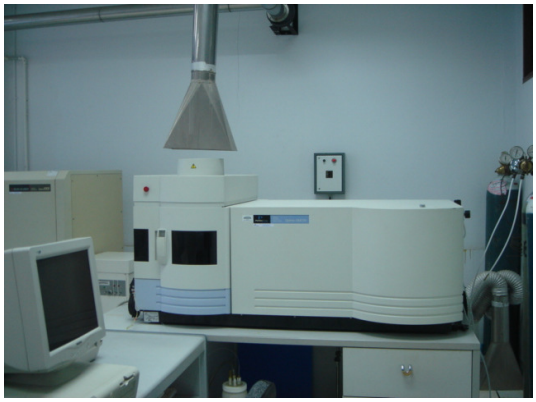


ภาพประกอบที่ 4.1 Microtitration Plate

**4.4 อุปกรณ์**

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

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



ภาพประกอบที่ 4.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ

4.4.3 ชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ที่หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัย-ลักษณ์ มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกแนวนอนทำด้วยเหล็ก ss-400 มีปริมาตรประมาณ 350 ลิตร สามารถทนแรงดันในการใช้งานได้ 150 psi แสดงดังภาพประกอบที่ 4.3

ภาพประกอบที่ 4.3 ชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ขนาด 350 ลิตร

4.4.4 ชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ที่ได้จำลองขึ้นสำหรับใช้ในการทดลอง เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสมบัติความเป็นกรด เมื่อนำไปทดลองอัดน้ำยาไม้อาจทำให้อุปกรณ์ 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 ตัวถังของชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ขนาด 3.5 ลิตร

4.4.4.2 ส่วนฝา เป็นส่วนที่ต่อกับท่อเพื่อให้ถังสามารถลดและเพิ่มความดัน โดยต่อกับปั๊มสุญญากาศ และปั๊มความดัน ตามลำดับ มีหน้าปัดเพื่อดูความดันภายในถัง และมีท่อสำหรับเติมสารเข้าสู่ถัง แสดงดังภาพประกอบที่ 4.5

ภาพประกอบที่ 4.5 ฝาถังของชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ ขนาด 3.5 ลิตร

**4.5 วิธีดำเนินการทดลอง**

งานวิจัยในบทนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ที่มีผลต่อการรักษาสภาพไม้ยางพารา ดังนั้นมีการศึกษาเบื้องต้นเพื่อให้ทราบแนวทางของตัวแปรที่เหมาะสมของการทดลอง ตัวแปรที่เลือกศึกษามี 4 ตัวแปร คือ ชนิดและความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ ความดันและระยะเวลาในการอาบน้ำยา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.5.1 ศึกษาชนิดของน้ำส้มควันไม้ จากผลการทดลองของบทที่ 3 น้ำส้มควันไม้ไผ่มีแนวโน้มเป็นสารรักษาสภาพไม้ยางพาราได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสและน้ำส้มควันไม้กระถิน เนื่องจากน้ำส้มควันไม้ไผ่พบปริมาณของกรดอะซิติกมากกว่าน้ำส้มควันไม้อีก 2 ชนิด ซึ่งกรดอะซิติกมีแนวโน้มที่จะเป็นสารที่ทำให้น้ำส้มควันไม้สามารถรักษาสภาพเนื้อไม้ยางพาราได้ และเมื่อนำไม้ยางพารามาอาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่แล้ว ไม้ยางพาราสามารถทนต่อการขึ้นของเชื้อราไม้ได้ 40 วัน และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่าไม้ยางพาราซึ่งอาบด้วยน้ำส้มควันไม้อีก 2 ชนิด

ดังนั้นจึงเลือกน้ำส้มควันไม้ไผ่เป็นน้ำยารักษาสภาพไม้ในกระบวนการอาบน้ำยา

4.5.2 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ โดยจะเลือกจากความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ซึ่งหามาจากค่า MIC (Minimum Inhibitory Concentration) มีหลักการคือ เจือจางในของเหลว (Tube or Broth Dilution) แบบลำดับ 2 (2-Fold Serial Dilution) โดยความเข้มข้นของสารจะลดลงทีละ 2 เท่าในอาหารเหลวในหลอดทดสอบ แล้วเพาะเชื้อทดสอบลงไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม สังเกตการเจริญของเชื้อ โดยมีการเตรียมสารตัวอย่างและขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

4.5.2.1 การเตรียมเชื้อราที่ใช้ทดสอบ

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

4.5.2.2 การเตรียมสารตัวอย่าง

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

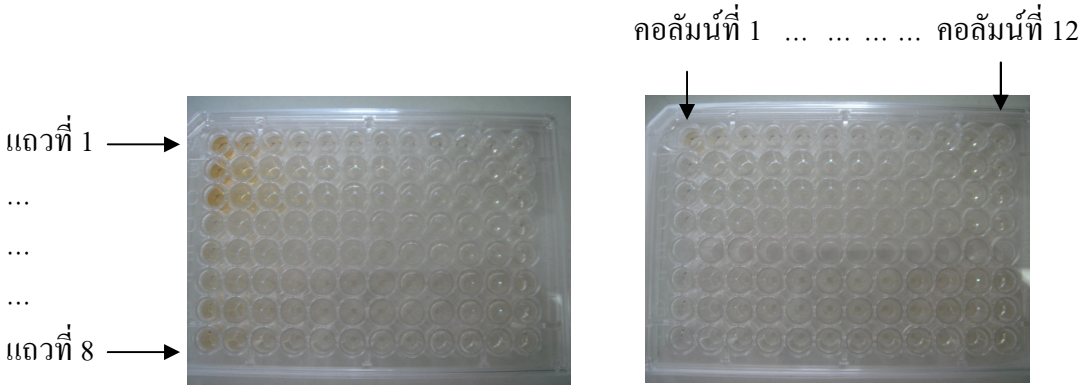
- สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) ความเข้มข้น 320 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นน้ำยารักษาสภาพเนื้อไม้ที่ใช้กันในปัจจุบัน เพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้

- สารละลายกรดอะซิติก 1,392 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากน้ำส้มควันไม้วิเคราะห์พบปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุดเมื่อเทียบกับอะซิโตนและฟีนอล ดังนั้นจึงนำกรดอะซิติกมาทดสอบเพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้

- จากนั้นนำสารที่เตรียมไว้มาเจือจางแบบลำดับ 2 ด้วยอาหารชนิด SDB ทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลงทีละ 2 เท่าในอาหารเหลวในหลอดทดสอบ

4.5.2.3 การทดสอบหาค่า MIC

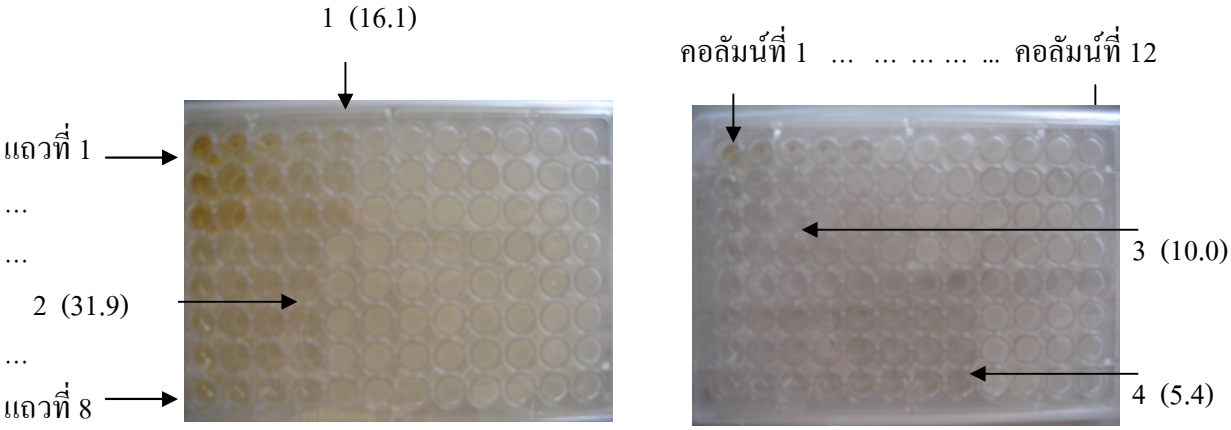
นำสารตัวอย่างที่เตรียมไว้ในแต่ละชนิดปริมาตร 100 ไมโครลิตรของแต่ละความเข้มข้น หยดในหลุมทดสอบของ Sterile Microtitration Plate โดยคอลัมน์ที่ 1 ความเข้มข้นมากที่สุด และความเข้มข้นจะลดลงครั้งละครึ่งหนึ่งจนถึงคอลัมน์ที่ 11 ส่วนคอลัมน์ที่ 12 หยดเฉพาะอาหารชนิด SDB จากภาพประกอบที่ 4.6 หาค่า MIC ของน้ำส้มควันไม้ไผ่และยูคาลิปตัส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




ภาพประกอบที่ 4.6 การหาค่า MIC ใน Sterile Microtitration Plate

4.5.2.4 ผลการทดลอง

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




ภาพประกอบที่ 4.7 ผลของค่า MIC ใน Sterile Microtitration Plate

- ค่า MIC ของน้ำส้มควันไม้ไผ่ กระถิน ยูคาลิปตัส สารประกอบโบรอน และกรดอะซิติก สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราไม้ได้ที่ความเข้มข้นต่ำสุด คือ 16.1 (ตำแหน่งที่ 1), 31.9 (ตำแหน่งที่ 2), 31.9 (ตำแหน่งที่ 2), 10.0 (ตำแหน่งที่ 3) และ 5.4 (ตำแหน่งที่ 4) มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารต่าง ๆ ในการยับยั้งเชื้อราไม้

| สาร | ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อรา (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) |
|---|---|
| น้ำส้มควันไม้ไผ่ | 16.1 |
| น้ำส้มควันไม้กระถิน | 31.9 |
| น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส | 31.9 |
| สารประกอบโบรอน | 10.0 |
| กรดอะซิติก | 5.4 |

- ค่า MIC ของสารประกอบโบรอน คือ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมจะใช้ความเข้มข้นนี้ในการรักษาสภาพเนื้อไม้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง

- ค่า MIC ของอะซิติก คือ 5.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบปริมาณกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้ไผ่, ยูคาลิปตัส และกระถิน เท่ากับ 86.6, 53.1 และ 55.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนั้นกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้ได้ และที่ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อราของน้ำส้มควันไม้ไผ่, ยูคาลิปตัส และกระถิน มีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 1.35, 1.66 และ 1.74 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

- เมื่อเปรียบเทียบค่า MIC ของน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด น้ำส้มควันไม้ไผ่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราไม้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในบทที่ 3 คือน้ำส้มควันไม้ไผ่สามารถรักษาสภาพไม้ยางพาราได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้กระถินและยูคาลิปตัส ผลการทดลองในบทนี้น้ำส้มควันไม้ไผ่ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไม้ คือ 16.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรหรือ 1.56 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ดังนั้นงานวิจัยในบทนี้จึงเลือกน้ำส้มควันไม้ไผ่ ความเข้มข้น 2, 4 และ 6 %โดยปริมาตร เพื่อนำไปทดลองในกระบวนการอาบน้ำยาด้วยชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ที่ได้จำลองขึ้น

4.5.3 ศึกษาความดันที่ใช้ในการอาบน้ำยา เนื่องจากชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ที่ได้จำลองขึ้นมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความดันที่ใช้ คือ มีความดันสูงสุดที่สามารถใช้ทดลองได้ 100 psi และไม่สามารถตั้งค่าที่ความดันอื่นได้ ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงเลือกใช้ความดันที่ 100 psi และไม่ใช้ความดัน เป็นตัวแปรของความดันในการอาบน้ำยาไม้

4.5.4 ศึกษาระยะเวลาในการอาบน้ำยา โดยใช้สารประกอบโบรอนอาบน้ำยาไม้ด้วยชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาขนาด 350 ลิตร และที่ได้จำลองขึ้นขนาด 3.5 ลิตร แล้ววิเคราะห์ปริมาณน้ำยาที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้และค่า % BAE (ค่าที่คิดเปรียบเทียบเท่ากับร้อยละของกรดบอริคที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อน้ำหนักของไม้ที่ใช้ในการทดสอบเป็นกิโลกรัม) โดยแบ่งเป็นการทดลองย่อยดังนี้

4.5.4.1 การทดลองอาบน้ำยาไม้ด้วยชุดอุปกรณ์อาบน้ำยา ขนาด 350 ลิตร โดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน มีการทดลองดังต่อไปนี้

- การเตรียมตัวอย่าง ไม้ยางพาราสด ขนาด 2.54×7.62×110 เซนติเมตร
- การเตรียมสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (สารประกอบโบรอน) โดยผสมน้ำให้ได้ความเข้มข้น 1 % โดยปริมาตร (อัตราส่วน 25 กก. ของสารประกอบโบรอน ต่อ น้ำ 2500 ลิตร)

- วิธีทดลอง ดังภาพประกอบที่ 4.8 นำชิ้นไม้ใส่ในถังอัดน้ำยา แล้วสุญญากาศ (Vacuum) ที่ 25 inHg นาน 15 นาที หลังจากนั้นปล่อยน้ำยาลงในถังอัดน้ำยาจนเต็ม แล้วอัดความดันที่ 150 psi และไม่ใช้ความดัน (แช่) ตามเวลาที่กำหนด คือ 15, 20, 30 และ 40 นาที แล้วจึงปล่อยน้ำยาออกจากถัง ชั่งน้ำหนักไม้ทดลองและอบแห้ง แล้วหา % BAE ที่สามารถแทรกซึมอยู่ในเนื้อไม้ได้ ด้วยเครื่อง ICP:OES และคำนวณหาปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้ ดังสมการที่ 2

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

$V$ = ปริมาตรไม้ทดลอง (ลบ.ซม.)

$G$ = น้ำหนักไม้ก่อนอาบน้ำยา – หลังการอาบน้ำยา (กรัม)

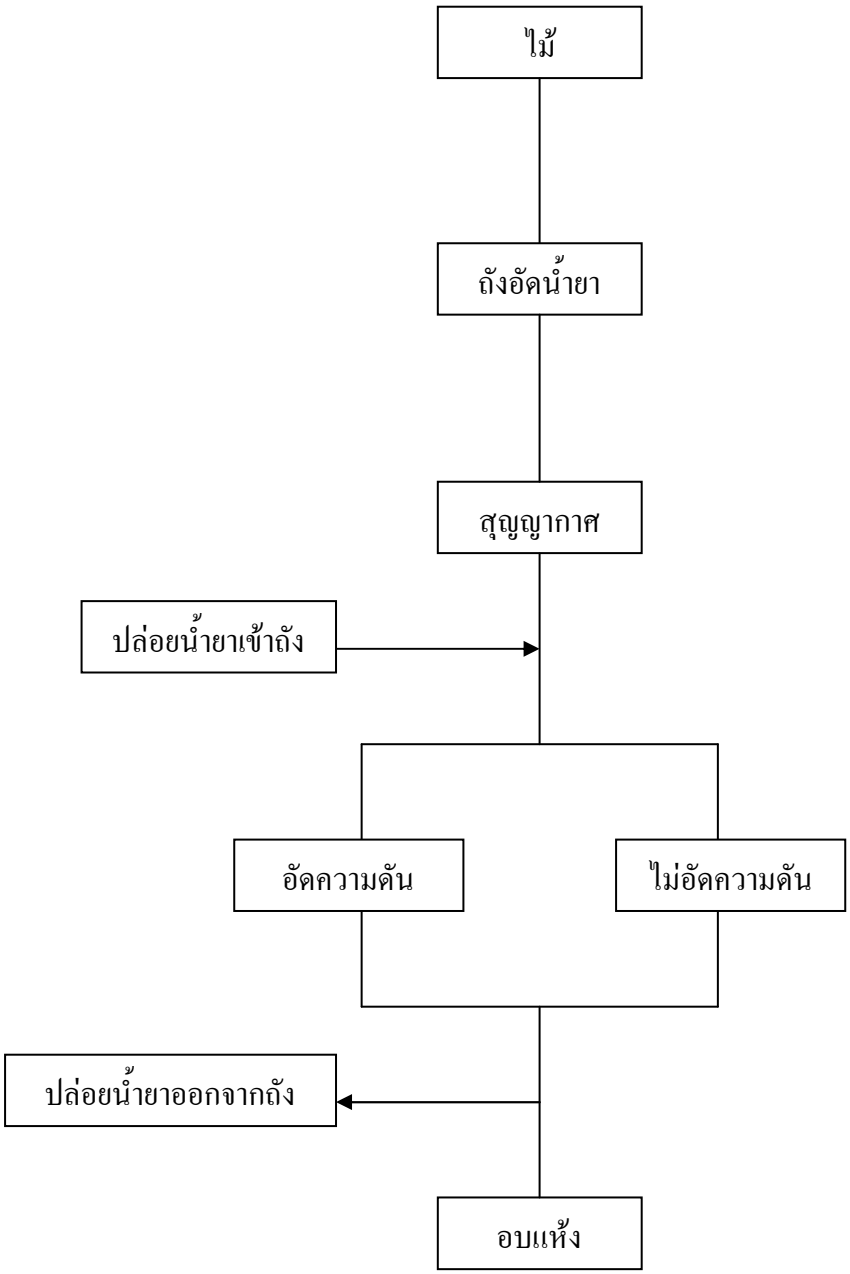
$C$ = ความเข้มข้นของสารเคมี (%)

4.5.4.2 การทดลองอาบน้ำยาไม้ด้วยชุดอุปกรณ์อาบน้ำยา ขนาด 3.5 ลิตร โดยไม่ใช้ความดัน 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 แล้วแช่ตามเวลาที่กำหนด คือ 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที แล้วจึงปล่อยน้ำยาออกจากถัง ชั่งน้ำหนักไม้ทดลองและอบแห้ง แล้วหา % BAE ที่สามารถแทรกซึมอยู่ในเนื้อไม้ได้ ด้วยเครื่อง ICP:OES และคำนวณหาปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้




ภาพประกอบที่ 4.8 ขั้นตอนการอาบน้ำยาไม้

4.5.4.3 ผลการทดลอง

- การอาบน้ำยาด้วยชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ขนาด 350 ลิตร โดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารรักษาเนื้อไม้ที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ได้ และ % BAE ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

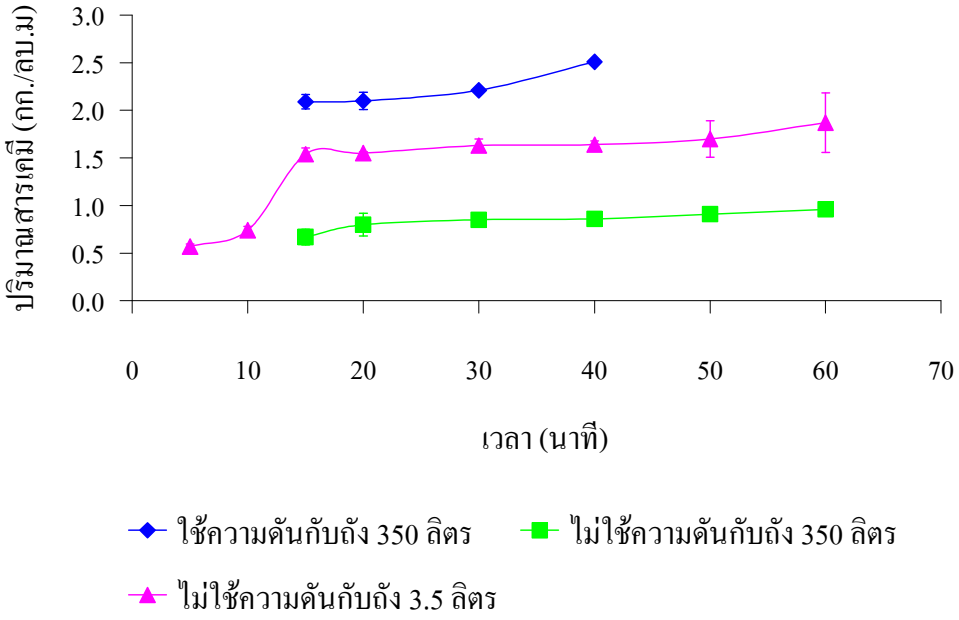
ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และ % BAE ซึ่งอาบน้ำยาโดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดันกับถัง 350 ลิตร

| 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 |

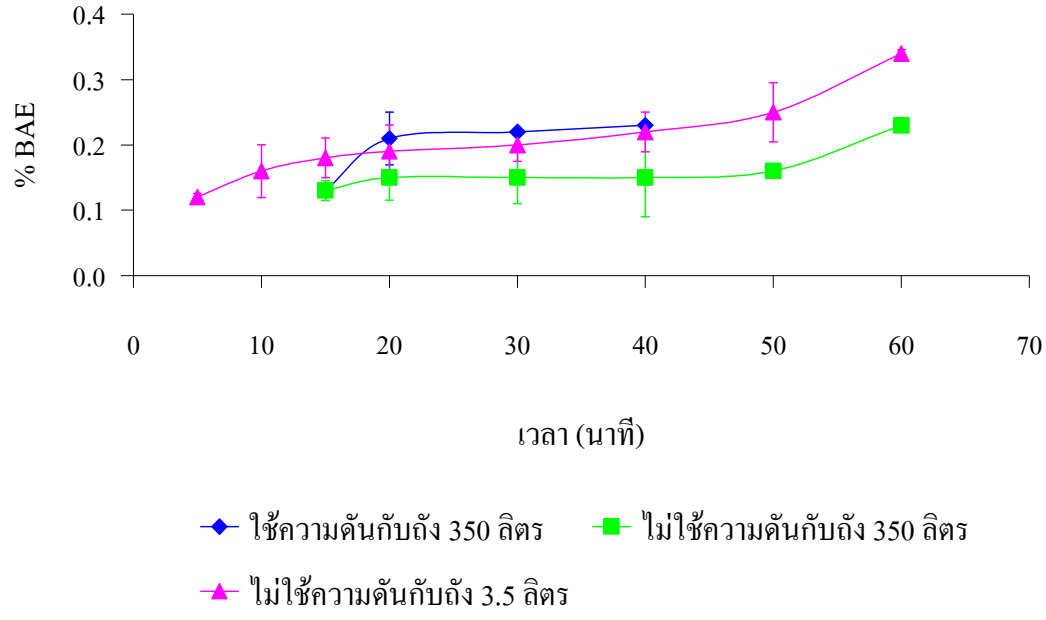
- การอาบน้ำยาไม้ด้วยชุดอุปกรณ์ที่จำลองขึ้นสำหรับการทดลองขนาด 3.5 ลิตร โดยไม่ใช้ความดัน เพื่อหาปริมาณสารรักษาเนื้อไม้ที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ได้ และ % BAE ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.3

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 ลิตร โดยใช้ความดันปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้และค่า % BAE สูงกว่าการอาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน ดังนั้นในกระบวนการอาบน้ำยาไม้การใช้ความดันจะทำให้สารเคมีสามารถแทรกซึมเข้าในเนื้อไม้ได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ที่ได้จำลองขึ้นซึ่งมีขนาด 3.5 ลิตร กับถังขนาด 350 ลิตร โดยไม่ใช้ความดัน ปริมาณสารเคมีและค่า % BAE ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของชุดอุปกรณ์อาบน้ำยาไม้ที่ได้จำลองขึ้นมีค่าสูงกว่าถังขนาด 350 ลิตร ดังนั้นการอาบน้ำยาด้วยถังที่จำลองขึ้นทำให้น้ำยาสามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้ได้ โดยที่เวลา 20-50 นาที ค่าของ % BAE ค่อนข้างคงที่ และตั้งแต่ที่เวลา 30 นาทีขึ้นไป มีค่า % BAE เป็นที่น่ายอมรับได้ตามมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นเท่ากับ 0.20 (แมนเดอร์, 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

ตารางที่ 4.5 ตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้โดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน

| ตัวแปร | ระดับที่ 1 | ระดับที่ 2 | ระดับที่ 3 |
|---|---|---|---|
| ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่ (% โดยปริมาตร) | 2 | 4 | 6 |
| เวลาในการอาบน้ำยา (นาที) | 30 | 40 | 50 |

และมีวิธีการดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

4.5.5.1 การหาค่าจำนวนทำซ้ำ (Replicate) โดยใช้โปรแกรม MINITAB Release 14 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 MINITAB Release 14

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 วิธีการดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดัน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design) แบบ 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้และเวลาในการอาบน้ำยา แบ่งเป็นการอาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน แสดงดังตารางที่ 4.7 และใช้ความดัน แสดงดังตารางที่ 4.8

ข. วิธีการทดลอง มีดังต่อไปนี้

(1) การเตรียมตัวอย่าง ไม้ยางพาราสด ขนาด 7.62×7.62×2.54 เซนติเมตร

(2) การเตรียมน้ำส้มควันไม้ไผ่ 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 | ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ไผ่ (% โดยปริมาตร) | เวลา (นาที) | การทดลองที่ | ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ไผ่ (%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 | ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ไผ่ (% โดยปริมาตร) | เวลา (นาที) | การทดลองที่ | ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ไผ่ (% โดยปริมาตร) | เวลา (นาที) |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 การทดลองกระบวนการอาบน้ำยาด้วยสารรักษาสภาพเนื้อไม้

เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ยางพารา โดยกระบวนการอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน ซึ่งมีตัวแปรในการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9 แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกับไม้ยางพาราที่อาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ในการทดลองที่ 4.5.5.2 มีวิธีทดลองดังนี้

- การเตรียมตัวอย่าง ไม้ยางพาราสด ขนาด 7.62×7.62×2.54 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 กับไม่ใช้ความดัน เมื่อครบเวลาจึงปล่อยน้ำยาออกจากถัง แล้วชั่งน้ำหนักไม้ทดลองและนำไปอบแห้ง
- นำไม้ทดลองไปทดสอบกับเชื้อราที่เตรียมไว้และเก็บไว้ภายใต้สภาวะของอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์
- คำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียของไม้และคำนวณหาปริมาณสารเคมีในเนื้อไม้
- เปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองที่ 4.5.5.2

ตารางที่ 4.9 ตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน

| ตัวแปร | ค่าที่ใช้ในการทดลอง |
|---|---|
| 1. น้ำยา | สารประกอบโบรอน |
| 2. ความเข้มข้น | 1 % โดยปริมาตร |
| 3. ความดันที่ใช้ในการอาบน้ำยา | ความดัน 100 psi และไม่ใช้ความดัน |
| 4. ระยะเวลาในการอาบน้ำยา | 30, 40 และ 50 นาที |

**4.6 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง**

การศึกษาอิทธิของตัวแปรในกระบวนการอาบน้ำยาไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ ผลการทดลองจะทราบถึงปริมาณน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ยางพาราหลังผ่าน

กระบวนการอาบน้ำยาไม้และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ยางพาราหลังนำไปทดสอบกับเชื้อราและนำผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเปรียบเทียบกับผลของการอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.6.1 ปริมาณน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ยางพารา

หลังจากไม้ยางพาราผ่านการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดัน ผลแสดงดังตารางที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ

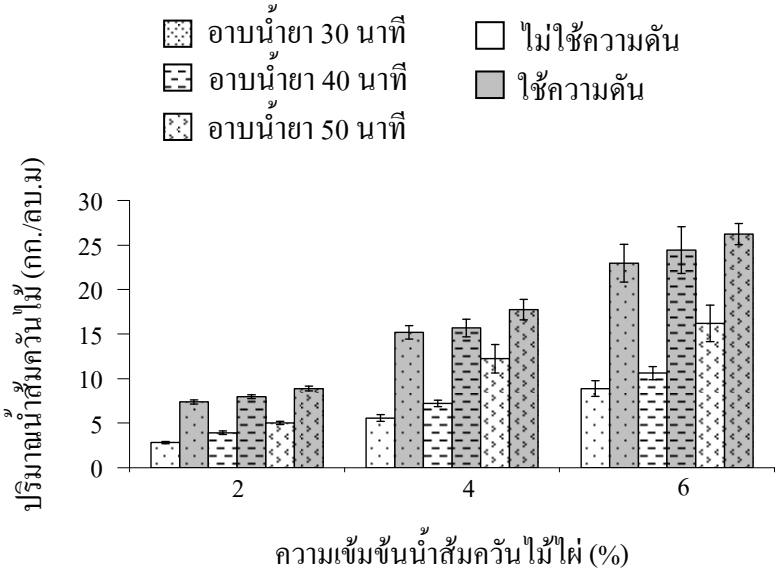
ตารางที่ 4.10 ปริมาณน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ยางพารา โดยไม่ใช้ความดัน

| ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ไผ่ (%โดยปริมาตร) | ปริมาณน้ำส้มควันไม้ไผ่ในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม) เวลา (นาที) | | |
|---|---|---|---|
| | 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 ปริมาณน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่สามารถแทรกซึมในเนื้อไม้ยางพารา โดยใช้ความดัน

| ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ไผ่ (%โดยปริมาตร) | ปริมาณน้ำส้มควันไม้ไผ่ในเนื้อไม้ (กก./ลบ.ม) เวลา (นาที) | | |
|---|---|---|---|
| | 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 พบว่าเมื่อเวลาในการอาบน้ำยาเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ไผ่สามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้ยางพาราได้เพิ่มขึ้นตามเวลานั้นด้วย โดยกระบวนการอาบน้ำยาที่ใช้ความดันทำให้น้ำส้มควันไม้ไผ่สามารถแทรกซึมได้ปริมาณมากกว่าไม่ใช้ความดัน กล่าวได้ว่าในกระบวนการอาบน้ำยาการใช้ความดันจะทำให้น้ำยาสามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้ได้เพิ่มขึ้น




ภาพประกอบที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำส้มควันไม้ในเนื้อไม้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

4.6.2 อิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอาบน้ำยาไม้ยางพาราด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ยางพาราหลังอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ ซึ่งจะแบ่งการทดลองออกเป็นการอาบน้ำยาโดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน ผลการทดลองจะใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MINITAB Release 14 ช่วยคำนวณค่าทางสถิติและทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง Factorial Design (กิติศักดิ์ พลอยพาณิชเจริญ, 2548) โดยค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ F-ratio และค่าระดับความเชื่อมั่น 95 % หรือที่ระดับนัยสำคัญ 5 % ($\alpha$ = 0.05) กำหนดค่าความเข้มข้น 2 %, 4 % และ 6 % โดยปริมาตร เวลาในการอาบน้ำยาไม้ 30, 40 และ 50 นาที โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดัน ผลตอบสนองเป็นค่าของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

4.6.2.1 กระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่โดยไม่ใช้ความดัน หลังจากทำการทดลองและเก็บข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่โดยไม่ใช้ความดัน

| ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ไผ่ (%โดยปริมาตร) | น้ำหนักที่สูญเสียของไม้ (%) เวลา (นาที) 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 |

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

$H_1$ : ข้อมูลมิได้มาจากประชากรแบบปกติ

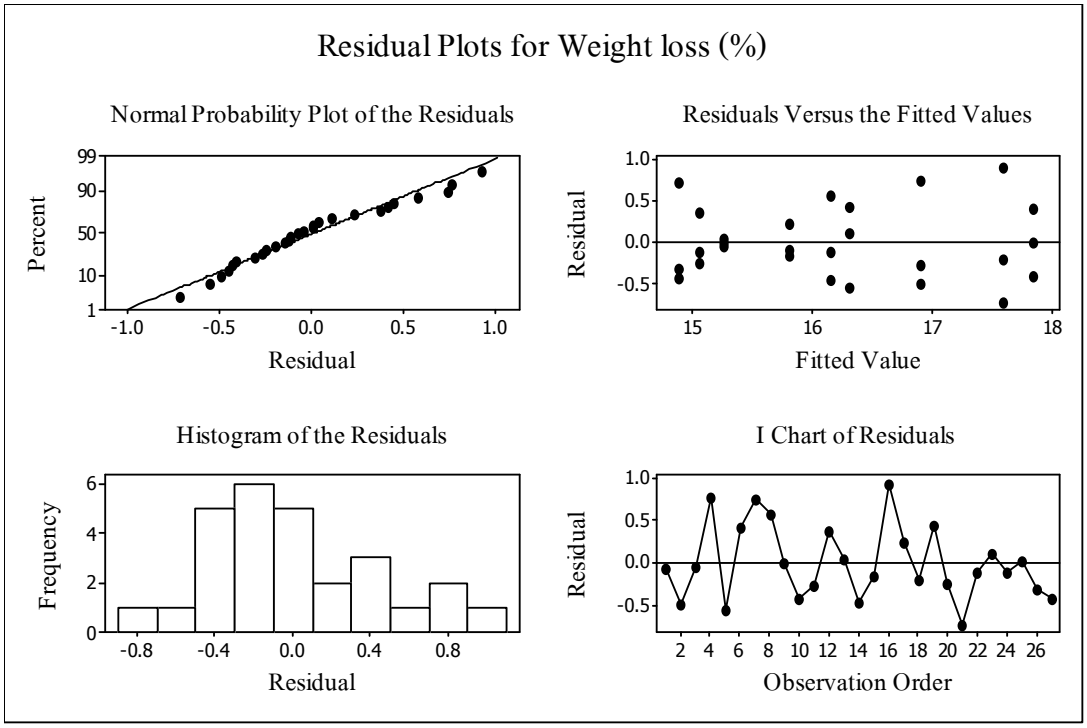
จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MINITAB Release 14 แสดงดังภาพประกอบที่ 4.13 มีค่า $P-value$ มากกว่า 0.15 และมีค่ามากกว่าค่าของ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก ผลที่ได้แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

3. พิจารณาจาก Residual vs. Fits ไม่พบถึงความผิดปกติของข้อมูล แต่เพื่อแสดงว่าความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างคงที่ จึงทำการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

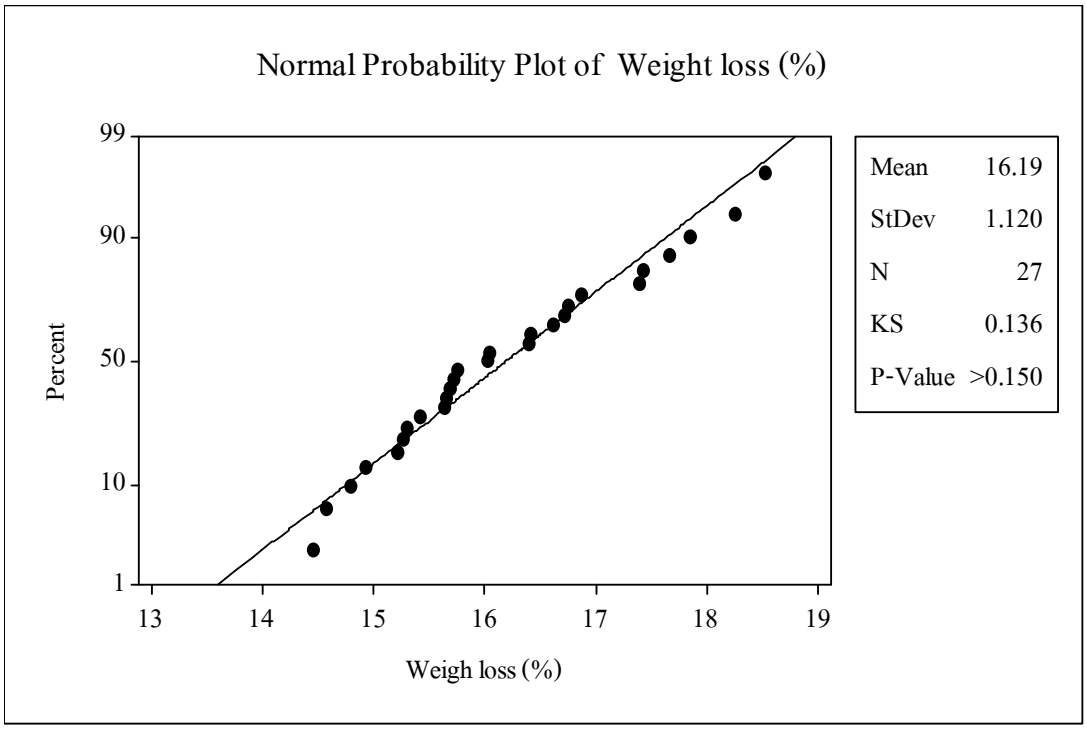
$H_0$ : ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่

$H_1$ : ข้อมูลมีความแปรปรวนไม่คงที่

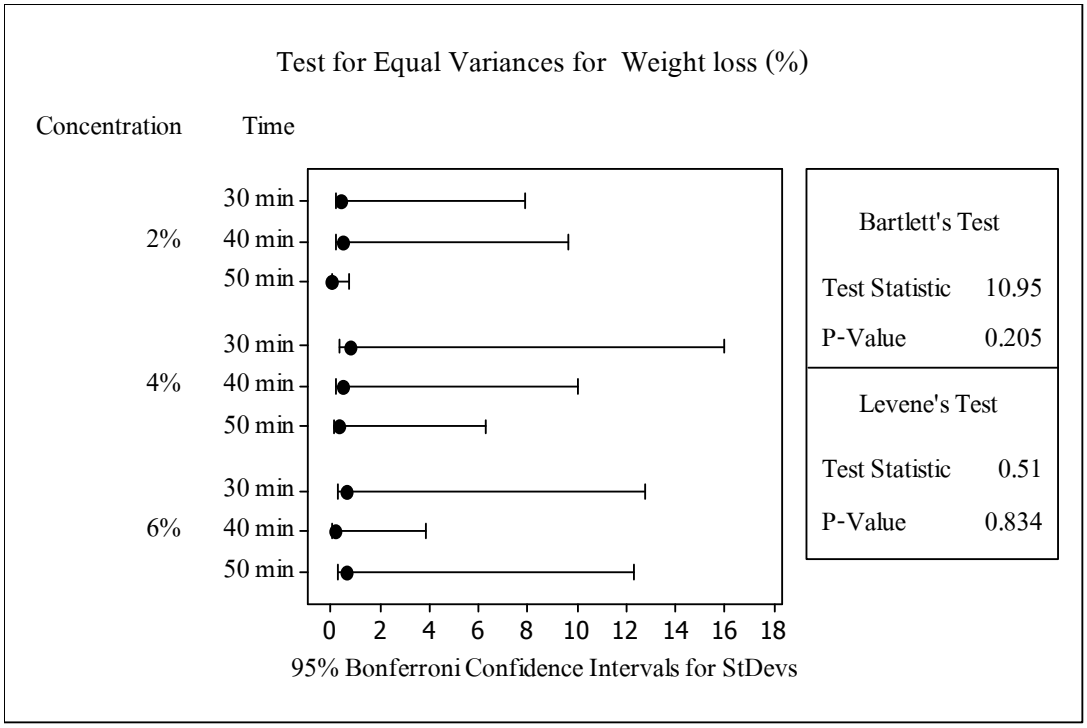
จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MINITAB Release 14 แสดงดังภาพประกอบที่ 4.14 มีค่า $P-value$ มากกว่าค่าของ $\alpha =$ 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก ผลที่ได้แสดงว่าข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่




ภาพประกอบที่ 4.12 Residual Plots for Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน




ภาพประกอบที่ 4.13 Normal Probability Plot of Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน




ภาพประกอบที่ 4.14 Test for Equal Variances for Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน

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

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ANOVA ของกระบวนการอาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน

| 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

การวิเคราะห์ ANOVA ของการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยไม่ใช้ความดัน มีสมมติฐานของการทดลอง คือ

$H_0$ : ปัจจัยที่พิจารณาไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

$H_1$ : ปัจจัยที่พิจารณามีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จากตารางที่ 4.13 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\alpha$ = 0.05) ซึ่งค่า $F_{\alpha,v_1,v_2}$ 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 3.13 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 3.55 และค่า $P-value$ = 0.068 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $\alpha$ = 0.05 ดังนั้น ยอมรับ $H_0$ จึงสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการอาบน้ำยาไม้โดยไม่ใช้ความดันไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

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

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 $H_0$ จึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไม่ขึ้นกับเวลาในการอาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

กระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่โดยไม่ใช้ความดัน ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง คือ 2, 4 และ 6 % โดยปริมาตร ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ แต่เวลาที่ใช้ในการอาบน้ำยา คือ 30, 40 และ 50 นาที มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่อเวลาในการอาบน้ำยาสูงขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ลดลง โดยการอาบน้ำยาที่เวลา 50 นาที สามารถทำให้ไม้ทนต่อการทำลายของเชื้อราได้ดีกว่าที่ 30 และ 40 นาที คือ ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่ 2, 4 และ 6 % โดยปริมาตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้เท่ากับ 15.25, 15.03 และ 14.88 ตามลำดับ

4.6.2.2 กระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่โดยใช้ความดัน หลังจากทำการทดลองและเก็บข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน

| ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ไผ่ (%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 |

จากนั้นทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบ (Model Adequacy Checking) พิจารณาจากภาพประกอบที่ 4.15 สรุปได้ดังนี้

1. พิจารณาจาก I Chart of Residuals กราฟไม่มีลักษณะที่เป็นรูปแบบ แสดงให้เห็นถึงความเป็นอิสระของข้อมูล ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองอยู่ในลักษณะสุ่ม

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

$H_0$ : ข้อมูลมาจากประชากรแบบปกติ

$H_1$ : ข้อมูลมิได้มาจากประชากรแบบปกติ

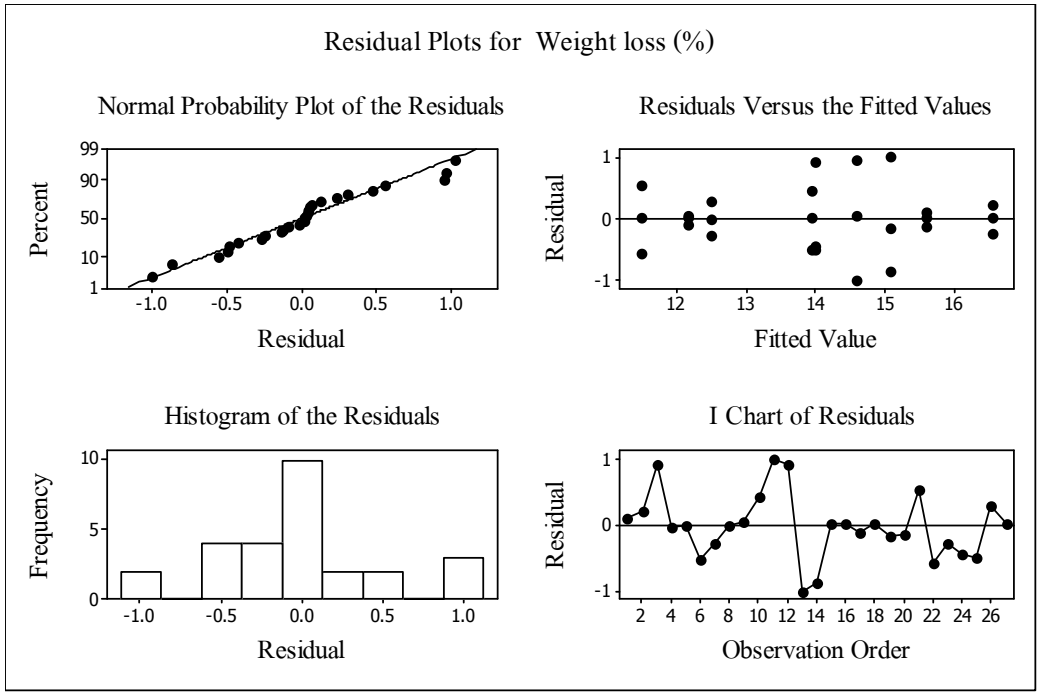
จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MINITAB Release 14 แสดงดังภาพประกอบที่ 4.16 มีค่า $P-value$ มากกว่า 0.15 และมีค่ามากกว่าค่าของ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก ผลที่ได้แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

3. พิจารณาจาก Residual vs. Fits ไม่พบถึงความผิดปกติของข้อมูล แต่เพื่อแสดงว่าความแปรปรวนของข้อมูลค่อนข้างคงที่ จึงทำการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

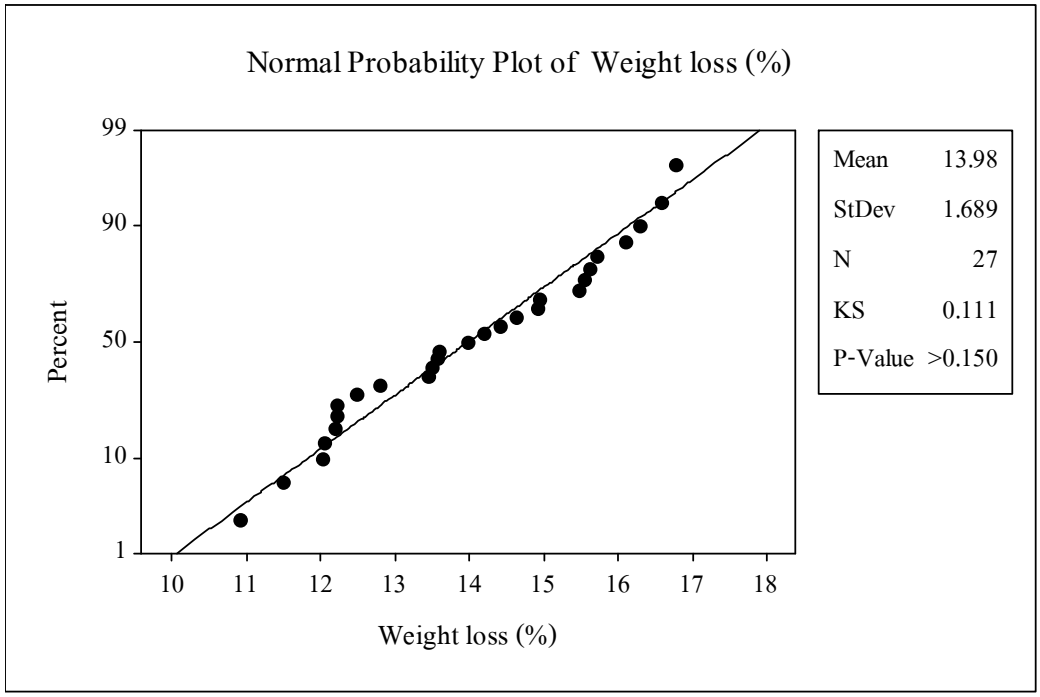
$H_0$ : ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่

$H_1$ : ข้อมูลมีความแปรปรวนไม่คงที่

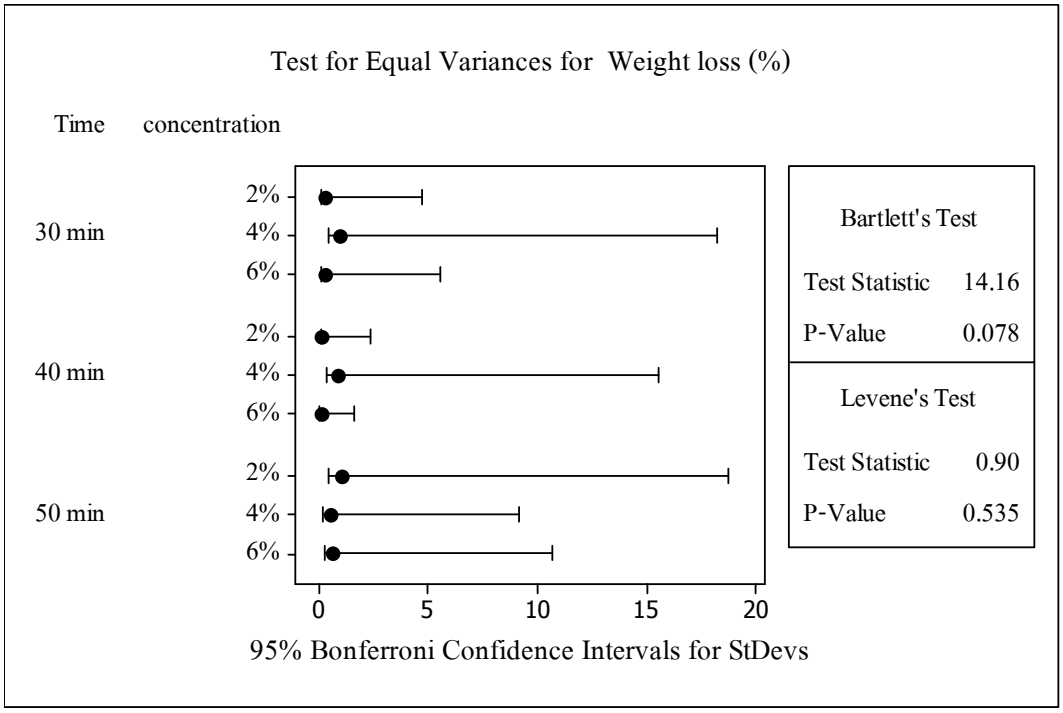
จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MINITAB Release 14 แสดงดังภาพประกอบที่ 4.17 มีค่า $P-value$ มากกว่าค่าของ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก ผลที่ได้แสดงว่าข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่




ภาพประกอบที่ 4.15 Residual Plots for Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน




ภาพประกอบที่ 4.16 Normal Probability Plot of Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน




ภาพประกอบที่ 4.17 Test for Equal Variances for Weight loss (%) ของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน

หลังจากวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบและแสดงผลแล้วว่าข้อมูลได้รับการเก็บรวบรวมภายได้สภาวะควบคุมตามแผนการทดลองแล้ว 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 ของกระบวนการอาบน้ำยาโดยใช้ความดัน

| 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 ของการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ โดยใช้ความดัน มีสมมติฐานของการทดลอง คือ

สมมติฐานของการทดลอง คือ

$H_0$ : ปัจจัยที่พิจารณาไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

$H_1$ : ปัจจัยที่พิจารณามีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จากตารางที่ 4.15 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\alpha$ = 0.05) ซึ่งค่า $F_{\alpha,v_1,v_2}$ 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 ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการอาบน้ำยาไม้โดยใช้ความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

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 เวลาในการอาบน้ำยาไม้โดยใช้ความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

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 $H_0$ จึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไม่ขึ้นกับเวลาในการอาบน้ำยาโดยใช้ความดัน ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้

กระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่โดยใช้ความดัน ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง คือ 2, 4 และ 6 % โดยปริมาตร และเวลาที่ใช้ในการอาบน้ำยา คือ 30, 40 และ 50 นาที มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ โดยการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ความเข้มข้น 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที สามารถทำให้ไม้ทนต่อการทำลายของเชื้อราได้ดีที่สุด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เท่ากับ 11.48

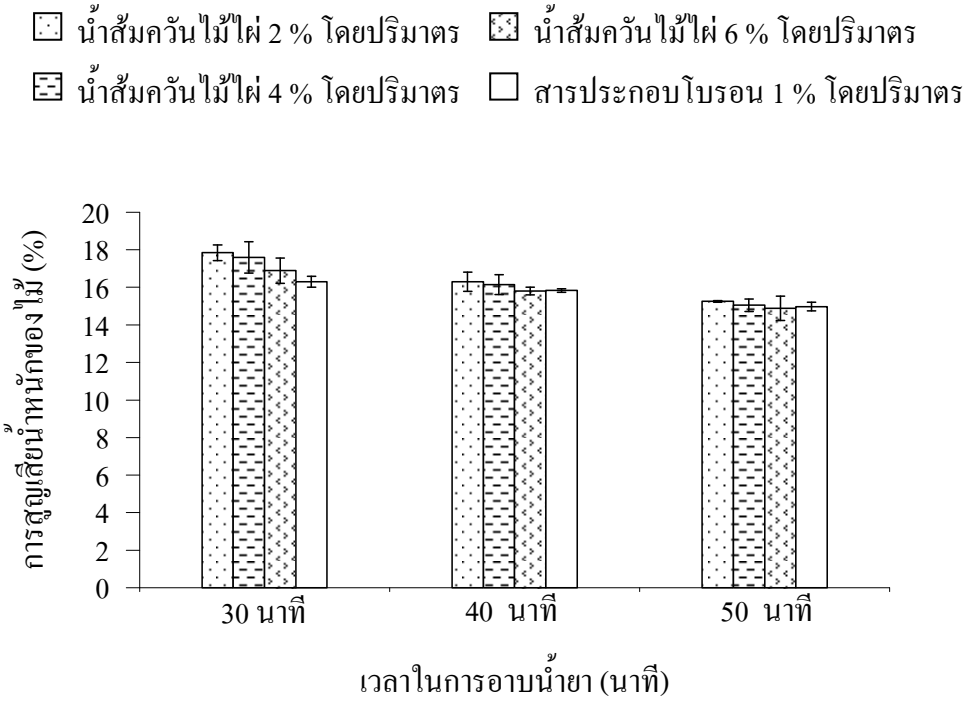
4.6.2.3 กระบวนการอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน

จากการทดลองและเก็บข้อมูลของกระบวนการอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน กำหนดค่าความเข้มข้น 1 % โดยปริมาตร เวลาในการอาบน้ำยา คือ 30, 40 และ 50 นาที โดยไม่ใช้ความดันและใช้ความดัน ผลตอบสนองเป็น ค่าของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ แสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่าไม้ที่ผ่านกระบวน การอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนแล้ว

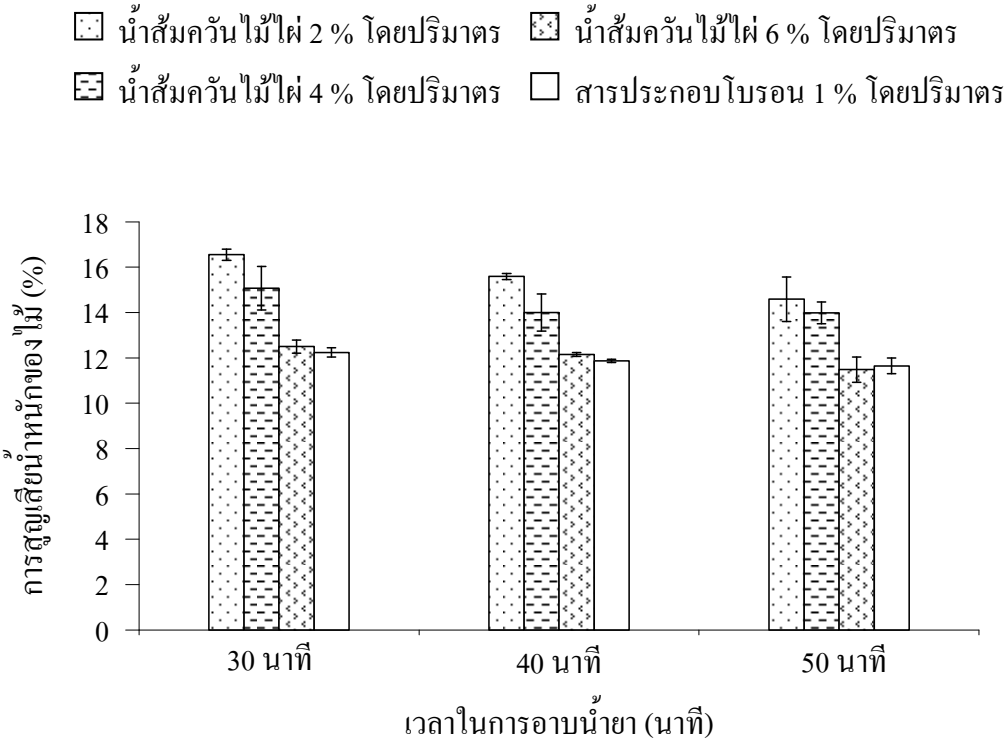
ทดสอบกับเชื้อรา เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้เมื่ออาบน้ำยาโดยใช้ความดันทำให้ไม้ทนทานต่อเชื้อราได้ดีกว่าการอาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน ซึ่งผลที่ได้มีแนวโน้มเดียวกันในการอาบน้ำยาที่ 30, 40 และ 50 นาที

ตารางที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ เมื่ออาบด้วยสารประกอบโบรอนโดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน

| ความเข้มข้นสารประกอบโบรอน (% 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 |




ภาพประกอบที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%) กับชนิดของน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ โดยไม่ใช้ความดัน




ภาพประกอบที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียน้ำหนักของไม้ (%) กับชนิดของน้ำยาที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ความดัน

ผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้หลังนำไปทดสอบกับเชื้อรา โดยไม้ยางพาราได้ผ่านกระบวนการอาบน้ำยาด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่และสารประกอบโบรอน โดยไม่ใช้ความดัน ผลแสดงดังภาพประกอบที่ 4.18 พบว่าไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้แตกต่างกันไม่มาก โดยที่ความเข้มข้นสูง ๆ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้มีค่าต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ยางพาราที่อาบด้วยสารประกอบโบรอน พบว่า ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 40 และ 50 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ค่อนข้างใกล้เคียงกันหรือกล่าวได้ว่าสามารถทนต่อการทำลายของเชื้อราได้ใกล้เคียงกัน

สำหรับกระบวนการอาบน้ำยาไม้โดยใช้ความดัน ผลแสดงดังภาพประกอบที่ 4.19 พบว่าไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้แตกต่างกัน โดยน้ำส้มควันไม้ไผ่ที่ 2 % และ 4 % โดยปริมาตร จะมีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ใกล้เคียงกันแต่สูงกว่าที่ 6 % โดยปริมาตร กล่าวได้ว่าไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ 6 % โดยปริมาตร สามารถทนต่อการทำลายของเชื้อราได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบกับ

ไม้ยางพาราที่อาบด้วยสารประกอบโบรอน พบว่า ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 30, 40 และ 50 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ใกล้เคียงกันหรือกล่าวได้ว่าสามารถทนต่อการทำลายของเชื้อราได้ใกล้เคียงกัน

เมื่อเปรียบเทียบผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ในกระบวนการอาบน้ำยาโดยใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน พบว่ากระบวนการอาบน้ำยาไม้โดยไม่ใช้ความดันมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้สูงกว่ากระบวนการอาบน้ำยาไม้โดยใช้ความดัน จึงกล่าวได้ว่าความดันทำให้น้ำยาสามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้ได้เพิ่มขึ้นจึงทำให้ไม้ยางพาราสามารถทนต่อการทำลายของเชื้อราได้เพิ่มขึ้น สำหรับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ด้วยเช่นกัน กล่าวคือ น้ำส้มควันไม้ไผ่ 6 % โดยปริมาตร มีปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ สูงที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มข้นที่นำมาทดลอง ทำให้สามารถป้องกันการทำลายของเชื้อราได้ดีกว่า

**4.7 สรุปผลการทดลอง**

น้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยน้ำส้มควันไม้ไผ่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราดีที่สุด คือ มีความเข้มข้นต่ำที่สุด เท่ากับ 1.56 % โดยปริมาตร หรือ 16.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลของกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา พบว่ากรดอะซิติกมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 5.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากน้ำส้มควันไม้ไผ่มีกรดอะซิติกประมาณ 86.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้นกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้เป็นองค์ประกอบที่ทำให้น้ำส้มควันไม้มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้

กระบวนการอาบน้ำยาไม้ด้วยถังขนาด 3.5 ลิตร โดยใช้ความดัน 100 psi น้ำยาสามารถแทรกซึมเข้าเนื้อไม้ได้มากกว่าไม่ใช้ความดัน จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ต่ำกว่าด้วยเช่นกัน เมื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการอาบน้ำยาโดยไม่ใช้ความดัน พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญแต่เวลาในการอาบน้ำยามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ ผลที่ดีที่สุด คือ ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ คือ 14.88 สำหรับกระบวนการอาบน้ำยาโดยใช้ความดัน พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไผ่และเวลาในการอาบน้ำยามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้อย่างมีนัยสำคัญ ผลที่ดีที่สุด คือ ไม้ยางพาราที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ 6 % โดยปริมาตร ที่เวลา 50 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ คือ 11.48

ผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ที่อาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่เปรียบเทียบกับสารประกอบโบรอน พบว่าไม้ยางพาราอาบด้วยน้ำส้มควันไม้ไผ่ความเข้มข้น 6 % โดยปริมาตร หรืออัตราส่วนของน้ำส้มควันไม้กับน้ำเท่ากับ 6 : 94 หรือ 62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ใกล้เคียงกับไม้ยางพาราที่อาบด้วยสารประกอบโบรอน โดยกระบวนการอาบน้ำยาไม้ที่ใช้ความดันจะทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น