

กระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

อภุทธิม สาริบุตร

คุณุญิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาคุญิบัณฑิต

สาขาวิชาทัศนศิลป์และการออกแบบ


คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

มีนาคม 2564

ลิขสิทธ์นี้เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมคุณภาพนิพนธ์และคณะกรรมการสอบคุณภาพนิพนธ์ ได้พิจารณาคุณภาพนิพนธ์
ของ อัญญา สารินุตร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดตามหลักสูตรปริญญาคุษฎี
บัณฑิต สาขาวิชาทัศนศิลป์และการออกแบบ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

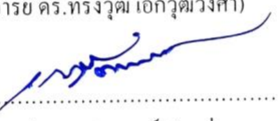
คณะกรรมการควบคุมคุณภาพนิพนธ์


..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง)

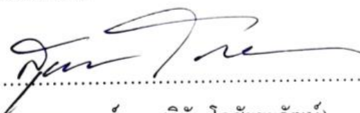

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.มียอง ซอ)

คณะกรรมการสอบคุณภาพนิพนธ์


..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา)

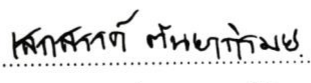

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง)


..... กรรมการ
(ดร.มียอง ซอ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิชัย โกศัยยะวัฒน์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรัญญา วานิชกร)

คณะศิลปกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับคุณภาพนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดตามหลักสูตร
ปริญญาคุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาทัศนศิลป์และการออกแบบ ของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสกสรรค์ ตันยาภิรมย์)

วันที่ 18 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2564

กิตติกรรมประกาศ

คุณฉันทิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.มียอง ซอ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่เสียสละเวลาอันมีค่าของท่าน ให้คำชี้แนะ ให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ ตรวจสอบถูกต้องของเล่มคุณฉันทิพนธ์ การตีพิมพ์ เผยแพร่ผลงาน ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ และขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา ประธานสอบเค้าโครงคุณฉันทิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการดำเนินการให้คุณฉันทิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา บุญภักดิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา กิตติ ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ที่ได้ให้ความกรุณา ประเมินเครื่องมือสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ สถาพร ดิบุญมี ณ ชุมแพ ดร.พิศุทธิ์ ศิริพันธุ์ และดร.ภุชงค์ โรจน์แสงรัตน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ที่ได้ให้ความกรุณาประเมินความเหมาะสมของแบบร่าง เพื่อให้ผลงานการออกแบบสำเร็จลุล่วงไปได้ และสามารถผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ใช้งานได้

ขอขอบคุณ คุณศักรินทร์ บุญล้ำ และ คุณณัฐพร มานะประดิษฐ์ นักวิจัยศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และปฏิบัติการด้านการทดลองทางเคมี สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาทัศนศิลป์และการออกแบบ ทั้งคณาจารย์ในหลักสูตร ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ให้คำชี้แนะ กำลังใจ และขอขอบคุณที่ รุ่งที่ 6 หลักสูตรทัศนศิลป์ และออกแบบ ที่ดูแล ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ให้โอกาสในการทำงานที่ไม่เคยทำ ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คณาจารย์ประจำหลักสูตรครุศาสตร์การออกแบบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณาจารย์หลักสูตรการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา คณาจารย์หลักสูตรนวัตกรรมการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ที่ได้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจต่อผู้วิจัยเสมอมา รวมถึงคณาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเฉพาะ รศ.ดร.ปิยะ สุกวราศุวัฒน์

ดร.สุธาสินธุ์ บุรีคำพันธ์ คุณภัณฑิรา วิเชียร คุณจินตนา นกอยู่ และคุณเอื้อมอัมพร เพชรสินจร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ รวมถึงการติดต่อประสานงานต่าง ๆ ที่ดีเสมอมา ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลเมืองเก่า คุณณธษา ธวัชรัตนโชติ และชุมชนผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ไม้สัก ตำบลเมืองเก่า จังหวัดสุโขทัย ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับไม้สัก การผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้สัก เพื่อให้ผู้วิจัย สามารถนำข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ในงานวิจัยในครั้งนี้ได้อย่างดี

และท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอขอบคุณ บิดา รองศาสตราจารย์ อุดมศักดิ์ สาริบุตร มารดา นางวรรณุช สาริบุตร และครอบครัวสาริบุตร ที่ได้ให้กำลังใจ กำลังทรัพย์ ให้การช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้การดูแลมาตลอด จนกระทั่งจบการทำวิทยานิพนธ์ในที่นี่ รวมถึงเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้กำลังใจ ช่วยเหลือเสมอมา ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอยกให้แก่บุพการี คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ผู้วิจัยเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จเท่าทุกวันนี้ ทั้งนี้หากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ มีความผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัย มา ณ ที่นี้ด้วย

อภุชม สาริบุตร

ผู้วิจัย

58810089 : สาขาวิชา : ทัศนศิลป์และการออกแบบ; ปร.ด. (ทัศนศิลป์และการออกแบบ)

คำสำคัญ: ไม้สักอายุน้อย/ การเพิ่มสมบัติ/ นวัตกรรมชีวภาพ/ การออกแบบผลิตภัณฑ์

อภิญญา สาริบุตร: กระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์(PROCESS OF ADDING PROPERTIES OF YOUNG TEAK WITH BIO-INNOVATION FOR PRODUCT DESIGN) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง, ศป.ด., มียอง ซอ, ปร.ด., 235 หน้า .ปี พ.ศ. 2564

การวิจัย เรื่อง กระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ มีวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย คือ 1. เพื่อศึกษาและทดลองกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ 2. เพื่อวิเคราะห์ลักษณะพิเศษของไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ 3. เพื่อสังเคราะห์ผลการทดลอง ประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย

การวิจัยนี้มีกระบวนการตั้งแต่การนำสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเดา และขี้เหล็ก นำมาทดลองสกัดสารสกัดสมุนไพร โดยใช้น้ำสะอาดและจับคู่สารสกัดสมุนไพรด้วยทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) ทั้ง 4 ชนิด ในอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้น 100% จนเกิดเป็นสูตรสารสกัดจำนวน 24 สูตร จากนั้นทดลองนำตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย ไปแช่ลงในสารสกัดสมุนไพรทั้ง 24 สูตร และนำตัวอย่างทดลองไปฝังลงในรังปลวกเป็นเวลา 1 เดือน

ผลการทดลองพบว่า สูตรสารสกัดขี้เหล็ก ร้อยละ 60 ต่อสารสกัดสะเดา ร้อยละ 40 ได้ผลในการป้องกันแมลงศัตรูชนิดปลวกได้ดีที่สุด เพราะตัวอย่างทดลองไม่ถูกทำลายโดยแมลงศัตรู จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen) 2 ชนิด คือ ชนิด HaCat และชนิด Vero โดยนำสารสกัดขี้เหล็กร้อยละ 60 ต่อสารสกัดกระเทียม ร้อยละ 40 สารสกัดขี้เหล็ก ร้อยละ 60 ต่อสารสกัดตะไคร้ ร้อยละ 40 และสารสกัดขี้เหล็ก ร้อยละ 60 ต่อสารสกัดสะเดา ร้อยละ 40 ผลการทดลองพบว่า สารสกัดขี้เหล็กร้อยละ 60 ต่อสารสกัดสะเดาร้อยละ 40 มีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์น้อยที่สุด โดยมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด HaCat อยู่ที่ 53.561% และชนิด Vero อยู่ที่ 33.318%

ผู้วิจัยทำการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ โดยสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคจำนวน 103 คน และสรุปการตัดสินใจเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) พบว่า ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญมากที่สุด ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ได้แก่ ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก ผลิตภัณฑ์ประดับตกแต่ง ผลิตภัณฑ์หิ้งพระ และผลิตภัณฑ์ชั้นวางของ และประเมินความเหมาะสมของ

แบบร่างโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ โดยมีผลการประเมินคือ ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52, SD = 0.17$) หิ้งพระ มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.48, SD = 0.21$) ผลิตภัณฑ์แกะสลัก มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.37, SD = 0.30$) และ ชั้นวางของเล่น มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.33, SD = 0.25$)

การวิจัยนี้ สามารถสรุปได้ว่า 1. ไม้สักอายุน้อยที่ผ่านการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ซึ่งเกิดจากผลการทดลองนำสารสกัดขี้เหล็กร้อยละ 60 ต่อสารสกัดสะเดาร้อยละ 40 มาผ่านกระบวนการแช่เป็นเวลา 7 วัน เกิดสมบัติ คือ สามารถป้องกันแมลงศัตรู แมลงศัตรูไม่สามารถทำลายเนื้อไม้สักอายุน้อยได้ 2. ไม้สักอายุน้อยที่ผ่านการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ซึ่งเกิดจากผลการทดลองนำสารสกัดขี้เหล็กร้อยละ 60 ต่อสารสกัดสะเดาร้อยละ 40 ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติด้วยแรงดันและความร้อน สามารถลดเวลาเพิ่มสมบัติจาก 7 วันเป็น 1 วันได้จริง แต่เนื้อไม้สักเกิดการเกิดเป็นรอยแยก จึงไม่เหมาะในการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จากไม้สัก 3. สารสกัดขี้เหล็ก ร้อยละ 60 ต่อสารสกัดสะเดาร้อยละ 40 มีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์น้อย จึงมีความปลอดภัยในการนำไปใช้งาน 4.ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคมักมีความสนใจในผลิตภัณฑ์ในผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยที่ผ่านการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ โดยผลิตภัณฑ์ประเภทเบ็ดเตล็ดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคมีความสนใจมากที่สุด

58810089 : MAJOR: VISUAL ATRS AND DESIGN; Ph.D. (VISUAL ATRS AND DESIGN)

KEYWORDS: YOUNG TEAK WOOD/ ADDING PROPERTIES/ BIO-INNOVATION/ PRODUCT DESIGN

ATTAMA SARIBUTR: PROCESS OF ADDING PROPERTIES OF YOUNG TEAK WITH BIO-INNOVATION FOR PRODUCT DESIGN. ADVISORY COMMITTEE: KRIANGSAK KHIAOMANG, D.A.A., MIYOUNG SEO, Ph.D. 235 P. 2021.

The objectives of process of adding properties of young teak with bio-innovation for product design are 1. to study and experiment process of adding properties of young teak with bio-innovation 2. to analyze the characteristics of young teak with bio-innovation 3. to synthesize experimental results applied to product design from young teak wood.

This research includes a process for the introduction of 4 herbs: garlic, lemongrass, neem, and cassia, which are herbs that have anti-insect activity. The researcher performed an experiment by extracting using water and matching herbal extracts using the Line Blend theory of all 4 types in a ratio of 1: 1 at 100% concentration until forming 24 extract formulas. Then, soaked the experimental samples in 24 herbal extracts and were buried in termite nests for a month.

The results of the experiment showed that Cassia extract formula 60% and neem extract 40% is effective in preventing insect pests of termites as the best because the experimental sample was not destroyed by the Termites then tested two types of cytotoxicity (Primary Screen) by using cassia extract 60% with garlic extract 40%, cassia extract 60% with lemongrass extract 40%, and cassia extract 60% with neem extract 40%. It was found that 60% cassia extract and 40% neem extract had the lowest cytotoxicity. The cytotoxicity was 53.561% HaCat and 33.318% Vero.

The researcher designs products from young biological teak by polling the opinions of 103 consumers and summarizing the decision on the product model by using Analytic Hierarchical Process: AHP. It was found that miscellaneous products are the product that is the most important score. Therefore, the researcher designed 4 types of products: enhancing skills toy for children, carving products, Buddha shelf products, and shelf products. The suitability of drafts are evaluated by design experts. The evaluation results are enhancing skills toy for children was the most suitable

($\bar{X} = 4.52, SD = 0.17$). The Second was Buddha shelf had a very suitable level ($\bar{X} = 4.48, SD = 0.21$). The third was carving product which was a very suitable level ($\bar{X} = 4.37, SD = 0.30$) and the last was a shelf that had a very suitable level ($\bar{X} = 4.33, SD = 0.25$).

The conclusions were 1. Younger teak has been added to the properties of young teak with bio-innovation was caused by the experiment results of 60% cassia extract with 40% neem extract through the soaking process for 7 days. The property is able to protect against termites. The Termites cannot destroy a young wood. 2. Young teak that has been added to the properties of young wood with bio-innovation was caused by the experiment results of 60% cassia extract with 40% neem extract through the process of adding properties by pressure and which heat can reduce the time to increase the property from 7 days to 1 day, but the teak wood is degraded. Therefore, it is not suitable for producing teak wood products. 3. Cassia extract 60% with 40% neem extract is the least toxic to humans and animals. It is safe to use. 4. Consumers are interested in products from young teak that have been added to young teak properties through bio-innovations. The miscellaneous products are the products that consumers are most interested in.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
สมมติฐานของการวิจัย.....	4
กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
วิธีดำเนินการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับไม้สัก.....	11
- ความเป็นมาของไม้สัก.....	11
- การปลูกสัก.....	12
- ระเบียบและกฎหมายเกี่ยวกับสัก.....	24
- คุณสมบัติของไม้สัก.....	25
- การแปรรูปไม้สัก.....	29
- เมล่งศัตรูของไม้สัก.....	35
สมุนไพรป้องกันแมลง.....	39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
- ชนิดของสมุนไพรและผลของการออกฤทธิ์ต่อแมลงศัตรู.....	39
- สารป้องกันและกำจัดแมลงศัตรู.....	45
หลักการออกแบบ.....	46
- ความหมายของการออกแบบ.....	46
- ลักษณะของการออกแบบ.....	48
- ประเภทของผลิตภัณฑ์.....	49
- หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์.....	50
- การประเมินผลการออกแบบผลิตภัณฑ์.....	52
- การสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์.....	53
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	55
- งานวิจัยในประเทศ.....	55
- งานวิจัยต่างประเทศ.....	57
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	60
การกำหนดวิธีทดลอง.....	60
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	62
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	63
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	65
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	66
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	67
4 ผลการทดลอง.....	72
ผลการทดลองเชิงประจักษ์ด้วยวิธีการแช่.....	72
ผลการทดลองเชิงประจักษ์ด้วยวิธีการใช้แรงดันและความร้อน.....	86
ผลการทดลองความเป็นพิษของเซลล์ไลน์จากห้องปฏิบัติการทดลอง.....	89
5 ผลการวิจัย.....	97
ผลการศึกษาวัสตุไม้สักอายุน้อย.....	97

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ผลการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์.....	111
การสังเคราะห์ผลการทดลอง ประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ.....	113
ผลการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิง ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP).....	118
ผลการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ.....	125
6 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	153
สรุปผลการวิจัย.....	153
อภิปรายผล.....	155
ข้อเสนอแนะ.....	157
บรรณานุกรม.....	159
ภาคผนวก.....	164
ภาคผนวก ก.....	165
ภาคผนวก ข.....	172
ภาคผนวก ค.....	182
ภาคผนวก ง.....	189
ภาคผนวก จ.....	220
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	227

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 การเจริญเติบโตของไม้สักและผลผลิตแต่ละช่วงอายุ.....	19
2-2 การเจริญเติบโตของไม้สัก ทางเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอก ทางความสูงทางปริมาณและความหนาแน่นของเปลือกในระดับอายุที่ต่างกัน.....	20
2-3 คำอธิบายลักษณะชั้นเรือนยอดของต้นไม้.....	22
2-4 เกณฑ์ในการแบ่งประเภทของกรมป่าไม้ ตามความแข็งแรงของไม้ที่ระดับความชื้นร้อยละ 12	25
2-5 ตัวอย่างพืชที่ออกฤทธิ์ในการควบคุมปลวก.....	40
3-1 เกณฑ์การประเมินมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญ.....	68
3-2 ค่าเฉลี่ยของดัชนีเชิงสุ่ม (RI) ในแต่ละเมตริกซ์ $n \times n$	69
4-1 สูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้กระเทียมและตะไคร้.....	75
4-2 สูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้กระเทียมและสะเดา.....	75
4-3 สูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้กระเทียมและขี้เหล็ก.....	76
4-4 สูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้ตะไคร้และสะเดา.....	76
4-5 สูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้ตะไคร้และขี้เหล็ก.....	76
4-6 สูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้สะเดาและขี้เหล็ก.....	76
4-7 การทำลายตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ และผ่านการทดสอบการทำลายเนื้อไม้ของแมลงศัตรูเชิงประจักษ์.....	82
4-8 การดูดซึมสารสกัดของตัวอย่างทดลองที่ผ่านการต้มด้วยหม้อแรงดัน.....	87
4-9 ผลการทดสอบความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์ HaCat และ Vero.....	95
5-1 การจำแนกความแข็งแรงของเนื้อไม้และความทนทานตามธรรมชาติ.....	98
5-2 ความแข็งแรงของเนื้อไม้อุตสาหกรรมแต่ละชนิด.....	99
5-3 สมบัติทางกายภาพ และเชิงกลของไม้สัก เปรียบเทียบกับ ไม้ยางพารา.....	103
5-4 ดัชนีความเหมาะสมในการใช้งานไม้ยางพารา เมื่อเทียบกับไม้สักให้มีค่า 100.....	104
5-5 ดัชนีการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว ไม้สักตัดวางขายระยะ อายุ 17 ปี.....	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
5-6	สรุปลักษณะและคุณสมบัติของไม้โตเร็ว ไม้สักตัดสายขยายระยะ จากสวนป่า.....	107
5-7	อัตราการเจริญเติบโตของไม้สักสวนป่าแม่เกาะ จ.ลำปาง.....	110
5-8	ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาและทางเลือก.....	120
5-9	วิเคราะห์ผลรวมการเปรียบเทียบปัจจัยในการพิจารณา.....	121
5-10	การคำนวณค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector).....	122
5-11	เปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านลักษณะและคุณสมบัติของไม้.....	123
5-12	การคำนวณค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ปัจจัยด้านลักษณะและ คุณสมบัติของไม้.....	124
5-13	เปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	124
5-14	การคำนวณค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ปัจจัยด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	125
5-15	เปรียบเทียบความสำคัญของรูปแบบผลิตภัณฑ์กับการตัดสินใจของผู้บริโภค.....	126
5-16	การคำนวณค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ปัจจัยด้านการตัดสินใจซื้อ ของผู้บริโภค.....	127
5-17	ระดับคะแนนตามปัจจัยในการตัดสินใจ.....	128
5-18	การคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม.....	128
5-19	ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบร่างผลิตภัณฑ์ของเล่นสำหรับเด็ก.....	133
5-20	ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบร่างผลิตภัณฑ์แกะสลัก.....	135
5-21	ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบร่างผลิตภัณฑ์หิ้งพระ.....	137
5-22	ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบร่างผลิตภัณฑ์ชั้นวางของ.....	140

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
2-1 ลักษณะพื้นที่ปลูกไม้สัก.....	15
2-2 ลักษณะพื้นที่ปลูกไม้สัก.....	16
2-3 ลักษณะพื้นที่ปลูกไม้สัก.....	16
2-4 การวางแผนการปลูกสักให้เป็นระบบหมุนเวียนปลูกและตัดฟัน.....	17
2-5 การปลูกสักก่อนและหลังการตัดสวน.....	22
2-6 หน้าตัดไม้สักอายุน้อย.....	27
2-7 ลักษณะท่อนไม้สักขนาดเล็ก.....	27
2-8 ลักษณะผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย.....	27
2-9 ลักษณะผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย.....	28
2-10 ลักษณะผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย.....	28
2-11 ลักษณะผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย.....	28
2-12 วิธีการทำให้ไม้แห้งด้วยวิธีการทางธรรมชาติ.....	29
2-13 วิธีการทำให้ไม้แห้งด้วยวิธีการทางธรรมชาติ.....	29
2-14 วงจรชีวิตของหนอนเจาะต้นสัก.....	36
2-15 ความเสียหายของเนื้อไม้สักที่เกิดจากการเจาะของหนอนเจาะต้นสัก.....	36
2-16 ความเสียหายของเนื้อไม้สักที่เกิดจากการเจาะของหนอนเจาะต้นสัก.....	37
2-17 ความเสียหายของเนื้อไม้สักที่เกิดจากการเจาะของหนอนเจาะต้นสัก.....	38
2-18 ปมที่เกิดจากหนอนสร้างปมในต้นสักและความเสียหายของไม้สัก.....	39
3-1 แผนผังแสดงวิธีการดำเนินการวิจัย.....	71
4-1 ถ้วยตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร.....	73
4-2 สารสกัดกระเทียม.....	73
4-3 สารสกัดตะไคร้.....	74
4-4 สารสกัดสะเดา.....	74
4-5 สารสกัดขี้เหล็ก.....	74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-6 การผสมสูตรสารสกัด โดยทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend).....	77
4-7 การผสมสูตรสารสกัด โดยทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend).....	77
4-8 การผสมสูตรสารสกัด โดยทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend).....	78
4-9 ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย.....	78
4-10 การแช่ตัวอย่างทดลองในสารสกัดสมุนไพร	79
4-11 การแช่ตัวอย่างทดลองในสารสกัดสมุนไพร	79
4-12 การฝังตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยในจอมปลวก.....	80
4-13 การฝังตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยในจอมปลวก.....	81
4-14 การวัดค่าความชื้นของตัวอย่างทดลองไม้สักก่อนการนำไปทดลองการดูดซึมสารสกัด สมุนไพรด้วยมือแรงดัน.....	88
4-15 การทดลองดูดซึมสารสกัดสมุนไพรด้วยมือแรงดัน.....	88
4-16 การทดลองดูดซึมสารสกัดสมุนไพรด้วยมือแรงดัน.....	89
4-17 การวัดความชื้นตัวอย่างทดลองที่ผ่านการทดลองการดูดซึมสารสกัดสมุนไพร ด้วยมือแรงดัน.....	89
4-18 ภาพแสดงการเพาะเลี้ยงเซลล์ผิวหนังมนุษย์ Human Keratinocyte immortal cells (HaCat).....	91
4-19 ภาพแสดงการเพาะเลี้ยงเซลล์ไตลิง African green monkey kidney fibroblast (Vero).....	92
4-20 HaCat A.....	92
4-21 HaCat B.....	93
4-22 HaCat C.....	93
4-23 Vero A.....	94
4-24 Vero B.....	94
4-25 Vero C.....	94
5-1 แผนภูมิแสดงเพศของผู้ตอบแบบสอบถาม.....	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5-2 แผนภูมิแสดงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม.....	114
5-3 แผนภูมิแสดงผลิตภัณฑ์ไม้สักที่เคยใช้.....	115
5-4 แผนภูมิแสดงผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยที่ต้องการจะซื้อ.....	116
5-5 แผนภูมิแสดงความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปีที่ผ่านกระบวนการ เพิ่มสมบัติโดยใช้น้ำยาสมุนไพรร.....	117
5-6 แผนภาพแสดงโครงสร้างการจัดลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP).....	119
5-7 แนวทางการออกแบบตามอารมณ์ของงาน (Mood Board).....	129
5-8 ร่างของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก.....	130
5-9 ร่างผลิตภัณฑ์ระดับตกแต่งโดยใช้เทคนิคการแกะสลัก.....	130
5-10 ร่างผลิตภัณฑ์หิ้งพระ.....	131
5-11 ร่างผลิตภัณฑ์ชั้นวางของ.....	132
5-12 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ.....	142
5-13 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ.....	143
5-14 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ.....	143
5-15 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ.....	144
5-16 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ.....	144
5-17 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ.....	145
5-18 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ.....	145
5-19 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ.....	146
5-20 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ.....	146
5-21 การผลิตฐานผลิตภัณฑ์หิ้งพระจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ.....	147
5-22 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก.....	147

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5-23 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก.....	148
5-24 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก.....	148
5-25 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก.....	149
5-26 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก.....	149
5-27 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก.....	150
5-28 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระ.....	150
5-29 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระ.....	151
5-30 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระ.....	151
5-31 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระ.....	152
5-32 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระ.....	152
ค-1 เขียนแบบการผลิตของเล่นเสริมทักษะ.....	176
ค-2 เขียนแบบการผลิตของเล่นเสริมทักษะ.....	177
ค-3 เขียนแบบการผลิตของเล่นเสริมทักษะ.....	178
ค-4 เขียนแบบการผลิตหิ้งพระ.....	179
ค-5 เขียนแบบการผลิตหิ้งพระ.....	180
ค-6 เขียนแบบการผลิตหิ้งพระ.....	181

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไม้สักเป็นไม้ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ในอดีตถือเป็นไม้ที่เป็นสินค้าส่งออกทำรายได้หลักให้กับประเทศ เป็นไม้พื้นเมืองของประเทศไทย แต่ในปัจจุบันไม้สักในธรรมชาติมีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่อง กรมป่าไม้จึงได้ส่งเสริมให้ภาคเอกชนและเกษตรกร มีการปลูกสวนป่าเชิงเศรษฐกิจขึ้น โดยมีการให้ความรู้แก่เกษตรกรผู้ปลูกสัก ถึงวิธีการปลูกสักให้เจริญเติบโตได้ดี ตัดฟันมาใช้ประโยชน์และขายได้ ซึ่งในอดีต กรมป่าไม้ได้กำหนดรอบตัดฟันที่อายุ 60 ปี แต่ภายหลังมีการเปลี่ยนแปลงเป็นการกำหนด รอบตัดฟันที่อายุ 30 ปี เนื่องจากรอบตัดฟัน 60 ปีนั้นนานเกินไป ซึ่งเป็นการสูญเสียเวลาเสียโอกาส มูลค่าทางเศรษฐกิจ ในต่างประเทศเช่น เปรู บราซิล ได้มีการกำหนดรอบตัดฟันที่อายุ 12-15 ปี เพื่อใช้เป็นไม้สักเชิงเศรษฐกิจ ดังนั้นการปลูกไม้สักในประเทศไทย การกำหนดรอบตัดฟันสั้น ๆ ไม่เกิน 12-15 ปี จึงมีโอกาสเป็นไปได้มาก (อรุณี ภู่อุดแสง, 2553, หน้า 5-6)

การปลูกไม้สัก จำเป็นต้องมีการตัดสางขยายระยะ เพื่อให้เกิดช่องว่างให้ไม้ที่เหลือสามารถเจริญเติบโตได้ดี และมีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถขายได้ราคา การตัดสางขยายระยะครั้งแรก คือ 7-14 ปี ถึงแม้ไม้จะมีขนาดเล็กและราคาต่ำ จำเป็นต้องมีการตัดออก การตัดสางครั้งที่ 2 คือช่วงอายุ 15-22 ปี ขึ้นไป หรือไม้มีเส้นรอบวงมากกว่า 65 เซนติเมตร ซึ่งเป็นการตัดสางขยายระยะครั้งสุดท้าย

ในประเทศไทย ชาวบ้านต้องประสบปัญหาเรื่องการกำจัดแมลงศัตรูพืช ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ต่อการทำเกษตรกรรม เกษตรกรหลายคนจึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชทั้งหลาย แต่ในอดีตก่อนการใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงศัตรูพืช ภูมิปัญญาของคนไทย มีการใช้สมุนไพรในการกำจัดแมลง และสืบทอดมาจนถึงปัจจุบันเป็นภูมิปัญญาที่สืบทอดมาตั้งแต่รุ่นพ่อแม่จนถึงรุ่นลูก หลานหลายสูตร เช่น การใช้สะเดาหมัก เพื่อใช้ในการไล่แมลง หรือการกำจัดปลวกด้วยใบขี้เหล็ก ซึ่งใบขี้เหล็ก พบสารเคมีกลุ่มโครโมน (Chromone) และกลุ่มแอนทราควิโนน (Anthraquinone) ซึ่งสามารถใช้กำจัดปลวกได้

ปลวก เป็นศัตรูต่อไม้ที่คนทั่วไปรู้จักกันดี ปลวกมีหลายประเภท ซึ่งแบ่งตามประเภทของอาหารและอุปนิสัยในการสร้างรัง เป็น 4 ประเภท ได้แก่ ปลวกกินไม้ ปลวกเพาะเลี้ยงเชื้อรา ปลวกกินดิน และปลวกกินไลเคน ปลวกสามารถสร้างความเสียหายต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างได้ โดยปลวก

สามารถเข้าทำลาย และก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างประเภทไม้ได้ แม้กระทั่งไม้สัก หากไม้สักเกิดอาการขึ้น ปลวกสามารถกัดกินจนเกิดเป็นรอยทางยาวได้ แต่ปลวกจะสามารถกัดกิน ได้เพียงผิวของไม้ แต่ไม่เจาะพรุนเข้าไปภายในเนื้อไม้ตามวิสัย อาจจะเป็นได้ว่า เมื่อไม้สักเกิดความชื้น ทำให้เนื้อไม้เปลี่ยนสภาพจนปลวกสามารถกัดกินได้ หรืออีกอย่างคือ เนื้อไม้นั้นเป็นเนื้อ ไม้มีอายุเติบโตที่ไม่นานพอ เนื่องจากปลวกไม่สามารถทำอันตรายต่อไม้สักได้ หากไม้สักมีอายุวงปีเกิน 10 ปีขึ้นไป เหตุผลเพราะ ไม้สักอายุตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป จะสามารถสะสมสารเคมีชื่อ *O - Cresyl Methyl Ether* ได้มากเพียงพอจนปลวกทำอันตรายไม่ได้นั่นเอง

จากผลการทดลองของกานิสและโคเอ็ทลี (Ganis and Koetsu, 2008) พบว่ากระพี้และแก่นของไม้สักที่มีอายุ น้อยกว่า 8 ปี มีอัตราการถูกปลวกทำลายมากกว่า ไม้สักที่มีอายุ 30 ปีและ 51 ปี อันเนื่องมาจากการเจริญเติบโตยังไม่เต็มที่ และสารเคมีพิเศษในเนื้อ ไม้มีไม่มากพอ ทำให้ไม้สักอายุน้อยสามารถทำให้ ปลวกทำลายได้

ไม้สักเป็นไม้ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง ซึ่งในอดีต ไม้สักเป็นไม้ที่เป็นสินค้าส่งออกและสร้างรายได้หลักให้กับประเทศไทย แต่ในปัจจุบันไม้สักในธรรมชาติมีการลดลงเป็นอย่างมาก การนำไม้สักมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้น ควรต้องใช้ให้เกิดความคุ้มค่าต่อวัสดุมากที่สุด ดังนั้น ไม้สักอายุน้อยที่เกิดจากการตัดสางนั้น ยังมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ให้เกิดความคุ้มค่า การใช้ประโยชน์จากทรัพยากร ไม้สักอย่างมีความรู้ จะทำให้เกิดความคุ้มค่า ช่วยในด้านการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ ในการนำไม้สักมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ต้องอาศัยกระบวนการออกแบบที่คำนึงถึงผลกระทบ ในปัจจุบันการให้ความสำคัญทางด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรม การผลิตเป็นสิ่งสำคัญที่นักออกแบบต้องคำนึงถึง จึงได้มีการตั้งกฎเกณฑ์บังคับใช้กับผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น ต้องมีการรับผิดชอบการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังหมดอายุการใช้งานจากผู้บริโภค การหลีกเลี่ยงใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์หลายคนมักเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากสารเคมี เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อตนเองและครอบครัว ในระหว่างการใช้ผลิตภัณฑ์ (อุดมศักดิ์ สารีบุตร และคณะ, 2562, หน้า 1)

การออกแบบผลิตภัณฑ์จากวัสดุประเภทไม้ มักได้รับความนิยมจากผู้ใช้อย่างไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ ของประดับตกแต่งบ้านหรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ซึ่งไม้ที่ได้รับความนิยมจากผู้ใช้นั้นคือไม้สัก ไม้สักมักถูกนำมาผลิตและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งการนำไปสร้างบ้าน ซึ่งบ่งบอกถึงฐานะอันดรของเจ้าของบ้าน นอกจากนั้น ไม้สักมักนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของไม้สัก คือ มีความทนทาน เกิดการผุพังยาก แต่การนำไม้สักมาใช้

ประโยชน์ได้ จำเป็นต้องใช้ไม้สั๊กที่มีอายุมากกว่า 15 ปี ขึ้นไป เนื่องจากเป็นไม้สั๊กที่มีความแข็งแรงเหมาะสมที่สามารถตัดเพื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากไม้สั๊กได้ การนำไม้สั๊กอายุน้อยที่ถูกตัดวาง เช่น ไม้สั๊กอายุ 7-14 ปี มักถูกตัดทิ้งหรือนำไปผลิตเป็นฟืน ซึ่งมูลค่าของไม้สั๊กถูกลดทอนลงไป การจะนำไม้สั๊กอายุน้อยมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ ควรต้องเพิ่มสมบัติต่าง ๆ เพื่อให้เนื้อไม้สั๊กอายุน้อยเกิดความแข็งแรงขึ้น แต่การใช้สารเคมีอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคด้านสุขภาพในอนาคต การเพิ่มสมบัติไม้สั๊กอายุน้อยด้วยวิธีธรรมชาติ เป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการทำให้ไม้สั๊กอายุน้อยเกิดสมบัติที่ดีขึ้นในด้านต่าง ๆ ก่อนการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ดังนั้นการทดลองเพื่อการแนวทางในการเพิ่มสมบัติด้วยวิธีธรรมชาติ จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ เพื่อให้เกิดกระบวนการที่เหมาะสม และค้นพบวิธีธรรมชาติที่ทำให้ไม้สั๊กอายุน้อยมีสมบัติที่ดีขึ้น เกิดความแข็งแรงขึ้นกว่าไม้สั๊กอายุน้อยโดยทั่วไป และสามารถนำมาสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองการใช้งานต่อผู้บริโภคได้อย่างเกิดประโยชน์และมีความปลอดภัย และเป็นการนำไม้สั๊กอายุน้อยที่ถูกตัดทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าและสร้างมูลค่าได้สูงสุดต่อชุมชนผู้ผลิต

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สั๊กอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อให้วัสดุไม้สั๊กเกิดคุณสมบัติที่ดีขึ้น สามารถป้องกันแมลงศัตรูเข้าทำลายเนื้อไม้ โดยปราศจากการใช้สารเคมี ก่อนการนำมาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมถึงในระหว่างการใช้งานผลิตภัณฑ์ไม้สั๊กที่นำวัสดุที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อนำวัสดุไม้สั๊กที่มีมูลค่าเหล่านี้ มาใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานผลิตภัณฑ์ของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ในการดำรงชีวิตต่อไปได้อย่างยั่งยืน

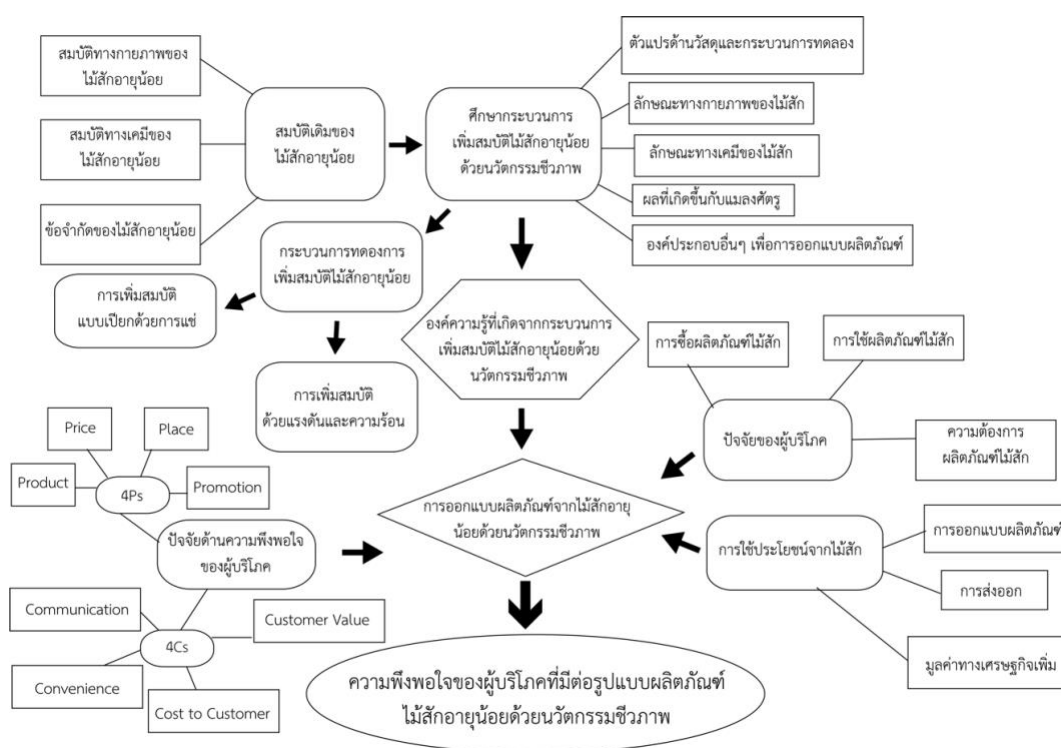
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและทดลองกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สั๊กอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ
2. เพื่อวิเคราะห์ลักษณะพิเศษของไม้สั๊กอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ
3. เพื่อสังเคราะห์ผลการทดลอง ประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สั๊กอายุน้อย

สมมติฐานของการวิจัย

1. กระบวนการเพิ่มสมบัติของไม้สักอายุน้อยด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ สามารถเพิ่มสมบัติให้ไม้สักอายุน้อยให้สามารถป้องกันแมลงศัตรูได้
2. ไม้สักอายุน้อยที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติ สามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จากไม้สักได้ และมีสมบัติการป้องกันแมลงศัตรูที่ดีกว่าไม้สักอายุน้อยเดิม

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎี เอกสาร หลักฐาน และได้กำหนดเนื้อหาของการวิจัย ดังนี้

- 1.1 ศึกษาสมบัติของ ไม้สัก แมลงศัตรู ความแข็งแรงของเนื้อไม้ รวมถึงสมบัติทางกายภาพ การนำไปใช้ประโยชน์ และคุณค่าต่อผู้บริโภค

1.2 ศึกษาสมุนไพรรักษาป้องกันปลวก แมลงศัตรูต่อเนื้อไม้สัก เพื่อใช้พัฒนาวัสดุไม้สักอายุน้อย จากการเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของเล่นเด็กต่อไป

1.3 ศึกษากระบวนการทดลองแบบเปียก โดยนำสมุนไพรมีฤทธิ์ในการป้องกันแมลงศัตรู มาเพิ่มสมบัติให้กับวัสดุไม้สักอายุน้อย ด้วยวิธีการแช่ และศึกษากระบวนการทดลองวิธีการเร่งปฏิกิริยาด้วยแรงดันและความร้อน และศึกษากระบวนการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์

1.4 วิเคราะห์ผลการทดลองเชิงประจักษ์ เพื่อหาสูตรสารสกัดสมุนไพรมีฤทธิ์เหมาะสมในการป้องกันแมลงศัตรู ทดสอบและวิเคราะห์ความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์

1.5 ศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สัก สำหรับกลุ่มบุคคลที่ต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่ปราศจากเคมีที่มีผลต่อร่างกาย หรือผู้ที่สนใจผลิตภัณฑ์จากไม้สักโดยปราศจากการใช้สารเคมีในการผลิต

2. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- ประชากร คือ
1. ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี
 2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ
 3. ผู้บริโภคที่ต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่ปลอดภัยจากสารเคมี

กลุ่มตัวอย่าง คือ

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี จำนวน 2 ท่าน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติ คือ เป็นนักวิทยาศาสตร์เคมีที่มีประสบการณ์ด้านความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 3 ท่าน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติคือ เป็นนักวิชาการที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ มีประสบการณ์การสอนด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ไม่ต่ำกว่า 10 ปี หรือมีประสบการณ์เกี่ยวกับงานออกแบบผลิตภัณฑ์ไม้ ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

3. ผู้บริโภคที่มีความสนใจในผลิตภัณฑ์ไม้สัก หรือต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่ปลอดภัยจากสารเคมี และเคยใช้ผลิตภัณฑ์จากไม้สัก โดยกำหนดช่วงอายุตั้งแต่ 15-75 ปี ซึ่งไม่ทราบประชากรที่แน่นอน ดังนั้นผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างจากรายการกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำเร็จรูปของทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane, 1973) ซึ่งมีประชากรไม่สิ้นสุด จึงมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 10 และสุ่มโดยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ สมุนไพรที่ใช้ศึกษา จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเดา และ ขี้เหล็ก

ตัวแปรตาม คือ ผลของนวัตกรรมชีวภาพต่อการป้องกันแมลงศัตรู

- ตัวแปรควบคุม คือ
1. ปริมาตรของสมุนไพร
 2. ปริมาณน้ำที่ใช้สกัดสารสกัดสมุนไพร
 3. เวลาที่ใช้สกัด
 4. ปริมาตรของการวัดสารสกัดสมุนไพร
 5. สถานที่ใช้ทดสอบ
 6. ชนิดของแมลงศัตรูที่ใช้ทดสอบ
 7. ระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ
 8. ขนาดของไม้ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ
 9. อายุของไม้ที่ใช้ทดสอบ

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงผสมผสาน (Mixed Method Research) ผู้วิจัย กำหนดขั้นตอนของวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตามขอบเขตของการวิจัย โดยผู้วิจัยกำหนด ขอบเขตที่ใช้ในการศึกษา 4 ด้าน ดังนี้ (1) สมบัติของไม้สัก แมลงศัตรู ความแข็งแรงของเนื้อไม้ รวมถึง สมบัติทางกายภาพ การนำไปใช้ประโยชน์ และคุณค่าต่อผู้บริโภค (2) สมุนไพรป้องกันปลวก แมลง ศัตรูต่อเนื้อไม้สัก (3) กระบวนการทดลองนำสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการต้านแมลงศัตรูของไม้สักมาเพิ่ม สมบัติให้กับวัสดุไม้สักอายุน้อย ด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ (4) การออกแบบผลิตภัณฑ์จาก ไม้สัก

2. รวบรวมข้อมูลจากเอกสารต่าง ๆ สรุปข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการสร้างเครื่องมือและ เก็บข้อมูลภาคสนาม

3. ประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อหาค่าความ เทียบตรงของเครื่องมือ (Index of Item Objective Congruence : IOC) เพื่อนำเครื่องมือไปใช้ในการเก็บ ข้อมูล โดยเครื่องมือที่ใช้ แบ่งออกเป็น แบบบันทึกผลการทดลอง แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นแบบ มีโครงสร้าง และแบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง

4. ออกแบบกระบวนการทดลอง โดยผู้วิจัยแบ่งกระบวนการทดลอง ออกเป็น ขั้นตอน ดังนี้
- (1) การทดลองการสกัดสารสกัดสมุนไพร (2) การทดลองการจับคู่สารสกัดสมุนไพร เพื่อให้เกิดสูตรสกัดสมุนไพร (3) ทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ (4) ทดลองการเข้าทำลายตัวอย่างไม้สักอายุน้อยของแมลงศัตรู (5) ทดสอบค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ สรุปผลการทดลองเพื่อหาสูตรสารสกัดสมุนไพรที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย และนำวัสดุนี้ไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยต่อไป
 5. ศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย เพื่อหาลักษณะผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปสร้างเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย
 6. สรุป และวิเคราะห์ผลความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย และนำข้อสรุปที่ได้ มาออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย
 7. ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 3 ท่าน
 8. สรุปองค์ความรู้ที่ได้ และเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ
 9. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ พร้อมทั้งจัดทรัพย์สินทางปัญญา

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้องค์ความรู้จากการทดลองเพิ่มสมบัติให้กับไม้สักอายุน้อย ด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ
2. ได้วัสดุไม้สักอายุน้อยที่มีสมบัติที่ดีกว่าไม้สักอายุน้อยทั่วไป
3. ได้วัสดุไม้สักอายุน้อยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์และเกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ
4. ได้รูปแบบผลิตภัณฑ์จากวัสดุไม้สักอายุน้อย ด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ
5. เกิดองค์ความรู้เพื่อต่อยอดทางด้านนวัตกรรมที่ทำด้วยไม้สักหรือไม้สักเป็นส่วนประกอบได้ต่อไป

นิยามศัพท์เฉพาะ

นวัตกรรมชีวภาพ หมายถึง สารสกัดสมุนไพร ที่สามารถเพิ่มคุณลักษณะพิเศษในการป้องกันแมลงศัตรูให้ไม้สักอายุน้อย เพื่อให้เนื้อไม้มีความคงทน ป้องกันแมลงศัตรูได้ดีขึ้นกว่าไม้สักอายุน้อย โดยทั่วไป โดยปราศจากการใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่ก่อให้เกิดพิษต่อร่างกาย ซึ่งสารสกัดที่ใช้ในกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ เกิดจากการผสมกันโดยใช้ทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) เพื่อให้เกิดสูตรสารสกัดขึ้น เพื่อใช้ในกระบวนการเพิ่มสมบัติต่อไป

กระบวนการเพิ่มสมบัติ หมายถึง ขั้นตอนหรือวิธีเพิ่มคุณลักษณะพิเศษที่ดีขึ้นให้ไม้สักอายุน้อยที่มีสมบัติในการป้องกันแมลงเพิ่มขึ้น ไม่ให้แมลงศัตรูสามารถทำลายเนื้อไม้สักอายุน้อย ซึ่งมีความแข็งแรงในการป้องกันแมลงศัตรูน้อย โดยกระบวนการแบบเปียก คือ แช่สารสกัดจากสมุนไพร ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านแมลงศัตรูของไม้สัก หรือเร่งปฏิกิริยาการนำเข้าสู่สารสกัดสมุนไพร ด้วยแรงดันและความร้อน เพื่อให้สารสกัดสมุนไพรเข้าสู่เนื้อไม้ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เพื่อให้ไม้สักอายุน้อยเกิดสมบัติในการป้องกันแมลงศัตรู และสามารถนำวัสดุไม้สักอายุน้อยชีวภาพนี้ ไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการนำวัสดุไม้สักอายุน้อยชีวภาพมาใช้ประโยชน์ เกิดสมบัติในการป้องกันแมลงศัตรูได้เพิ่มขึ้นกว่าไม้สักอายุน้อยโดยทั่วไป และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

ไม้สักอายุน้อย หมายถึง ไม้สักที่เกิดจากการตัดสางขยายระยะอยู่ในรอบการตัด 7-14 ปี มีส่วนของกระพี้เป็นจำนวนมาก มีแก่นน้อย มีขนาดเล็ก ซึ่งไม้สักในช่วงอายุที่ไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า หรือสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้น้อย เช่น การนำไปทำฟืน ซึ่งไม้สักมีสมบัติในการป้องกันแมลงศัตรูได้น้อยกว่าไม้สักที่ใช้ในอุตสาหกรรมโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นไม้สักที่ยังไม่เกิดการสร้างสารเคมีธรรมชาติในเนื้อไม้ที่ชื่อ *O-Cresyl Methyl Ether* ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์ในการป้องกันแมลงศัตรู โดยเฉพาะปลวก จะเริ่มสร้างขึ้นเมื่อไม้สักมีอายุตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป และจะสะสมอยู่ในเนื้อไม้สัก เพื่อไม่ให้เนื้อไม้ถูกปลวกทำลาย

การตัดสางขยายระยะ หมายถึง การตัดฟันไม้สักที่มีลักษณะไม้แข็งแรงทั้ง โดยเกษตรกรผู้ปลูกสวนป่าสัก จะทำการปลูกสวนป่าอย่างเป็นแถวเป็นแนว แต่จะมีการตัดฟัน เพื่อให้ไม้สักต้นที่มีลักษณะแข็งแรง ได้เติบโตต่อไปจนครบกำหนดรอบฟันตามที่กรมป่าไม้กำหนดที่ 30 ปี โดยกำหนดรอบตัดฟันแรกเพื่อการตัดสางขยายระยะในครั้งแรก คือ เมื่อไม้สักมีอายุตั้งแต่ 7-14 ปี ขยายระยะในครั้งที่ 2 คือ เมื่อไม้สักมีอายุตั้งแต่ 15-22 ปี ซึ่งเป็นรอบสุดท้าย

เพิ่มสมบัติ หมายถึง การเพิ่มคุณลักษณะพิเศษทางเคมีจากสมุนไพรมีเคมีธรรมชาติอยู่ใน ส่วนใดส่วนหนึ่งของสมุนไพรมชนิดนั้น ๆ นำมาผ่านกระบวนการสกัดเพื่อให้เกิดสารสกัดสมุนไพรม ชนิดน้ำ และนำสารสกัดสมุนไพรมชนิดน้ำนั้น นำเอาเคมีธรรมชาติที่มีลักษณะพิเศษในการป้องกันแมลง ศัตรูเข้าไปสู่เนื้อไม้สักอายุน้อยด้วยวิธีแบบเปียก คือการแช่ หรือเร่งปฏิกิริยาการนำเคมีธรรมชาติเข้าสู่ เนื้อไม้สักอายุน้อย ด้วยแรงดันและความร้อน

ไม้สักชีวภาพ หมายถึง วัสดุไม้สักอายุน้อยที่เป็นผลผลิตมาจากการเพิ่มสมบัติทางเคมี ธรรมชาติที่มีลักษณะพิเศษในการป้องกันแมลงศัตรูได้มากกว่าวัสดุไม้สักอายุน้อยโดยทั่วไป และเป็น วัสดุหลักในการนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากไม้สัก

แมลงศัตรู หมายถึง สัตว์ที่มีลำตัวเป็นปล้อง ไม่มีกระดูกสันหลัง เจริญเติบโตได้ด้วยวิธีการ ลอกคราบ ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว สัตว์ชนิดนี้สามารถสร้างความเสียหายให้แก่พืชผลทางการเกษตร รวมถึงสามารถทำให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุประเภทไม้ได้ โดยเฉพาะต่อไม้สักที่มีอายุน้อย โดยมีอายุ ตั้งแต่ 7-14 ปี

ผลิตภัณฑ์จากไม้สัก หมายถึง ผลที่เกิดจากการนำวัสดุไม้สักอายุน้อยที่ผ่านกระบวนการเพิ่ม สมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ มาออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น เฟอร์นิเจอร์ ของตกแต่งบ้าน ของเล่น หรืออื่น ๆ ที่วัสดุประเภทไม้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และเกิดความ คุ่มค่าต่อการใช้งานของผู้บริโภค

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ศึกษาหนังสือ ตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้ โดยผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อที่ศึกษา ดังนี้

1. ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับไม้สัก
 - ความเป็นมาของไม้สัก
 - การปลูกสัก
 - ระเบียบและกฎหมายเกี่ยวกับสัก
 - คุณสมบัติของไม้สัก
 - การแปรรูปไม้สัก
 - แมลงศัตรูของไม้สัก
2. สมุนไพรป้องกันแมลง
 - ชนิดของสมุนไพรและผลของการออกฤทธิ์ต่อแมลงศัตรู
 - สารสกัดป้องกันและกำจัดแมลงศัตรู
3. หลักการออกแบบ
 - ความหมายของการออกแบบ
 - ลักษณะของการออกแบบ
 - ประเภทของผลิตภัณฑ์
 - หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์
 - การประเมินผลการออกแบบผลิตภัณฑ์
 - การสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - งานวิจัยในประเทศ
 - งานวิจัยต่างประเทศ

ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับไม้สัก

1. ความเป็นมาของไม้สัก

กรมป่าไม้ (2556) กล่าวไว้ว่า ไม้สัก มีชื่อทางการค้าว่า Teak และชื่อพฤกษศาสตร์ ว่า *Tectona grandis* Linn.f. อยู่ในวงศ์ *Labiatae* เป็นไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าผลัดใบเขตร้อน มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แถบประเทศอินเดียตอนใต้ พม่า ไทย โดยเฉพาะภาคเหนือของประเทศไทย ลาว และอินโดนีเซีย ในประเทศไทยมีการกระจายตามธรรมชาติ อยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดแพร่ น่าน เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ ตาก กำแพงเพชร นครสวรรค์และอุทัยธานี

ไม้สักสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติของเนื้อไม้ละเอียด ตกแต่งได้ง่าย ลวดลายสวยงามและมีความคงทนต่อสภาพภูมิอากาศ พบมากในพื้นที่ดินร่วนปนทราย ที่อุดมสมบูรณ์ สักในประเทศไทยจะพบอยู่กระจายทั่วไปตามธรรมชาติ และมีหน้าที่เช่นเดียวกับไม้สักจากพม่า จึงถือว่าเป็นบริษัทที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดในโลก และเป็นที่ต้องการของตลาดโลกอย่างมาก ความสูงเมื่อไม้สักโตเต็มที่จะมีความสูงตั้งแต่ 20 เมตรขึ้นไป มีกระพี้หนาสีขาว เปลือกนอกหนา ประมาณ 1 ถึง 2 เซนติเมตร เนื้อไม้มีสีน้ำตาลทอง เห็นเส้นวงปีชัดเจนและลายเส้นวงปีจะบอกถึงอายุของสัก โดย 1 วงปีจะใช้เวลาประมาณ 1 ปี สักจัดอยู่ในกลุ่มประเภทไม้ตกค่อนข้างช้าตามหลักเกณฑ์การจำแนกประเภทมาจากอัตราการเติบโตซึ่งแบ่งไว้ 5 ประเภท ดังนี้

1. ไม้โตเร็วมาก (Very Fast Growing Tree Species) ได้แก่ ต้นไม้ที่มีอัตราการเติบโตเส้นรอบวงมากกว่าปีละ 5 เซนติเมตร
2. ไม้โตเร็ว (Fast Growing Tree Species) ได้แก่ ต้นไม้ที่มีอัตราการเติบโตของเส้นรอบวงปีละ 4- 5 เซนติเมตร
3. ไม้โตปกติ (Normal Growing Tree Species) ได้แก่ ต้นไม้ที่มีอัตราการเติบโตของเส้นรอบวงปีละ 2.5 - 4.0 เซนติเมตร
4. ไม้โตค่อนข้างช้า (Rather Slow Growing Tree Species) ได้แก่ ต้นไม้ที่มีอัตราการเติบโตของเส้นรอบวงปีละ 1.0 - 2.50 เซนติเมตร
5. ไม้โตช้า (Slow Growing Tree Species) ได้แก่ ไม้ที่มีอัตราการเติบโตของเส้นรอบวงน้อยกว่าปีละ 1.0 เซนติเมตร

ในการจำแนกชนิดของสัตว์ที่ขึ้นอยู่ในแต่ละพื้นที่ สามารถจำแนกชนิดของสัตว์ขึ้นอยู่ตามแต่ละพื้นที่ได้ ดังต่อไปนี้

1. สักทอง เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งใกล้ห้วยหรือแหล่งแสง แต่ใกล้ห้วย ดินค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ เนื้อไม้สักเป็นเส้นตรง ผ่าง่าย มีความแข็งแรง เนื้อไม้เป็นสีน้ำตาลเหลืองหรือที่เรียกว่าสีทอง สักห้วยกและสักทองจะอยู่ในทำเลที่คล้ายกันและมีลักษณะภายนอกคล้าย แต่อาจพิจารณาได้จากร่องของเปลือกที่แตกเป็นร่องตรงเหมือนกัน จะสักห้วยกมีขนาดรอกกว้างกว่าสักทอง

2. สักห้วยก เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งขึ้นริมห้วย ลำต้นตรง เปลือกแตกเป็นร่องตื้นยาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน ตัดและตากได้ง่าย

3. สักไซ เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งแสง มีการเติบโตช้า เรือนยอดบอบบางและจะทราบได้ว่าเป็นสักไซ ก็ต่อเมื่อถึงมือช่างไม้ เพราะเนื้อไม้มีสีน้ำตาลเข้มปนเหลืองจะมีไขปน ทำให้ขาดและทาเชลแลค หรือแลคเกอร์ยาก

4. สักหิน ไปสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งแสงระดับสูง จะทราบได้แน่นอนก็ต่อเมื่อมีการโค่นล้ม หรือตกแต่งโดยช่างไม้ เพราะเนื้อไม้มีสีน้ำตาลเข้มจะแข็งและเปราะบางกว่าสักอื่น

5. สักจี้ควาย เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ค่อนข้างแล้งในป่าผสมผลัดใบ จะทราบแน่นอนว่าเป็นสักจี้ควายก็ต่อเมื่อโค่นลงมาเลื่อย เพราะเนื้อไม้มีสีเขียวปนน้ำตาล หรือน้ำตาลแก่ หรือน้ำตาลอ่อนปนคละกันอยู่

2. การปลูกสัก

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกสัก

สัก (*Tectona grandis*) ในประเทศไทยมีเพียงชนิดเดียว แต่อาจมีชื่อเรียกอื่น ๆ เช่น สักทอง สักหิน สักจี้ควาย ตามลักษณะเนื้อไม้ หรือสีที่ แตกต่างกันซึ่งอาจเป็นผลจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ปริมาณน้ำฝน ชนิดดิน และแร่ธาตุ หรือลักษณะทางพันธุกรรมโดยทั่วไป สักมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในป่าเบญจพรรณ บริเวณภาคเหนือ และภาคกลางตอนบนของประเทศไทย สักเป็นไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ในอดีตเป็นสินค้าส่งออกที่นำรายได้หลักสู่ประเทศไทย รองจากข้าว ปัจจุบันประเทศไทยขาดแคลนไม้สักใช้ในอุตสาหกรรม ต้องนำเข้าไม้สักจากประเทศเพื่อนบ้าน ไม้สักจากป่าธรรมชาติมีปริมาณลดน้อยลง และราคาสูงขึ้น ตั้งแต่ 25,000 - 60,000 บาท ต่อลูกบาศก์เมตร ขึ้นอยู่กับคุณภาพ ของไม้ ขนาดความโตและอายุ ปัจจุบันมี แนวโน้มการใช้ไม้สักจากสวนป่าเพิ่มมากขึ้น ในอดีตได้กำหนดรอบตัดฟันไม้สักไว้ที่อายุ 60 ปี ภายหลังกรมป่าไม้ได้มีการเปลี่ยนแปลงกำหนด รอบตัดฟันที่อายุ 30 ปี การกำหนดรอบตัดฟันสัก อำนวย คอวนิช (2535) กล่าวว่า กรมป่าไม้กำหนดรอบ หมุนเวียน (Rotation) ไม้สักสวนป่าไว้ 60 ปี นั้นนานเกินไป เป็นการสูญเสีย

โอกาส เสียเวลา และสูญค่าทางเศรษฐกิจ ด้วยไม้สักอายุ 40 ปี มีความโต (ขนาดเส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตร จากพื้นดิน) ได้ 205 เซนติเมตร ก็แสดงว่าไม้สักมีอัตราการความโตเฉลี่ยปีละ 5.1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นไม้ที่โตเร็วพอสมควร และจะใช้เวลาเพียง 37 ปี ก็จะโตถึงขนาดจำกัด คือ 190 เซนติเมตร ทั้งนี้เป็นการปลูกแบบธรรมชาติ ไม่มีการให้น้ำปุ๋ยแต่ประการใด แต่มีการกำจัดวัชพืชและตัดขยายระยะตามปกติ เท่านั้น สิ่งเหล่านี้เป็นหลักฐานในการพิสูจน์ว่าเราสามารถลดรอบหมุนเวียนของไม้สักที่ปลูกลงได้อีก เมื่อมีการปฏิบัติต่อสวนสักที่ปลูกโดยใช้หลักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่เข้าช่วยหากได้มีการบำรุงรักษาอย่างดี ให้น้ำให้ปุ๋ยตามแบบการปลูกต้นไม้เพื่อหวังผลทางเศรษฐกิจ ไม้สักก็จะกลายเป็นต้นไม้ประเภทที่โตเร็วมากชนิดหนึ่ง ในบางประเทศในทวีปอเมริกาใต้ เช่น เปรู บราซิล ได้มีการปลูกไม้สักเชิงเศรษฐกิจ และกำหนดรอบหมุนเวียนการตัดฟันไว้เพียง 12 - 15 ปี เท่านั้น ดังนั้นการปลูกไม้สักในประเทศไทย โดยกำหนดรอบตัดฟันสั้น ๆ ไม่เกิน 15 ปี จึงมีโอกาสเป็นไปได้มาก

ในปี พ.ศ. 2537 รัฐบาลโดยกรมป่าไม้ได้ส่งเสริมให้ภาคเอกชนปลูกสวนป่าเพื่อการค้า ซึ่งสักเป็นพันธุ์ไม้ที่ประชาชนนิยมปลูกกัน มากที่สุดมีการปลูกกระจายอยู่ ทั่วประเทศปัจจุบันมีผลผลิตไม้สักจากสวนป่าเอกชนแล้วซึ่งการดำเนินงานปลูกสวนป่าของภาค เอกชนที่ผ่านมาประสบปัญหาต่าง ๆ ที่ให้เกษตรกร ยกเลิกการ ปลูกสัก และเปลี่ยนไปปลูกพืช ชนิดอื่นแทน ซึ่งปัญหาในการปลูกสักของภาคเอกชน ได้แก่

1. สักเติบโตไม่ดี หรือเติบโตช้า แคระแกร็น เนื่องจากการปลูกในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม เช่น ปลูกในที่น้ำ พื้นที่น้ำท่วมขัง หรือบนดินลูกรัง เป็นต้น
2. การใช้กล้าไม้ที่ไม่มีคุณภาพ หรือไม่ได้คัดเลือกจากแม่ไม้พันธุ์ดี
3. การปลูกด้วยระยะปลูก หรือระยะห่างระหว่างต้นที่ชิดเกินไป คือ ระยะ 2 x 2 เมตร เป็นต้น
4. การจัดการไม่ดี ไม่มีการตัดขยายระยะ ปล่อยให้สักขึ้นหนาแน่นเกินไป ทำให้ต้นมีขนาดเล็ก ไม้โต
5. ขาดเงินทุนหมุนเวียน
6. มีที่ดินจำกัด หรือไม่สามารถรอให้ต้นไม้โตเนื่องจากไม่มีรายได้ หรือ ต้องการปลูกพืช อื่นที่ ผลตอบแทนดีกว่าสำหรับเกษตรกรที่ยังปลูกสักต่อเนื่องอยู่มีเหตุผลหรือปัจจัยเกี่ยวข้อง ดังนี้

6.1 ผู้ปลูกมีที่ดินว่างเปล่า ไม้ได้ใช้ประโยชน์ หรือมีที่ดินเหลือเพียงพอ ในการ ปลูกสวนป่า

- 6.2 ผู้ปลูก มีการจัดการสวนป่าดี เติบโตดี มีการตัดขยายระยะ
- 6.3 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการเติบโตของสัก
- 6.4 มีเงินทุน หรือมีรายได้จากอาชีพอื่น ระหว่างรอให้ต้นไม้โต
- 6.5 ต้องการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ต้องการรักษาสสิ่งแวดล้อม

การปลูกสักมีวิธีปลูกและจัดการแตกต่างจากการทำการเกษตร หรือการทำสวนผลไม้ คือ ต้องการผลผลิตด้านเนื้อไม้โดยราคาไม้ขึ้นกับคุณภาพขนาดและอายุของต้นไม้ ดังนั้นการปลูกสักให้ประสบความสำเร็จจำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของพื้นที่ การจัดการรูปแบบการปลูก ขนาดของพื้นที่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน และควรวางแผนการปลูกให้เป็นระบบรอบมวนเวียน เพื่อให้ตัดไม้ในพื้นที่ได้อย่างต่อเนื่อง

2.2 ลักษณะพื้นที่ในการปลูก

ไม้สัก มีถิ่นกำเนิดอยู่ในตอนใต้ของประเทศอินเดีย พม่า ไทย ลาว (ส่วนที่ติดภาคเหนือของไทย) และอินโดนีเซีย สำหรับประเทศไทยนั้น ไม้สักจะขึ้นอยู่เป็น ส่วนใหญ่ในป่าเบญจพรรณทางภาคเหนือ และบางส่วนของภาคกลาง ไม้สักชอบขึ้นตามพื้นที่ที่เป็นภูเขา หรือตามพื้นราบ แต่ดินระบายน้ำได้ดี น้ำไม่ท่วมขัง ซึ่งอาจจะเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินที่มีความลึกมาก ๆ โดยเฉพาะดินที่เกิดจากหินปูน ซึ่งแตกแยกผุพังจนกลายเป็นดินร่วน ไม้สักจะเจริญเติบโตดีมากมักขึ้นอยู่เป็นกลุ่มไม้สักล้วน ๆ เป็นหย่อมๆ หรืออาจขึ้นปะปนอยู่กับไม้เบญจพรรณอื่น ๆ เช่น ไม้แดง ประดู่ มะค่าโมง ชิงชัน ตะแบก โดยมีไม้เฝ้านชนิดต่าง ๆ เป็นไม้ชั้นล่าง

ปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไม้สัก ซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการพิจารณา คัดเลือกพื้นที่ในการปลูกไม้สักพอสรุปได้ดังนี้

1. ไม้สักจะเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มชื้นมากกว่าที่แห้งแล้งปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตและมีเนื้อไม้คงามของไม้สักอยู่ระหว่าง 1,000–2,000 มิลลิเมตร ต่อปี และฝนไม่ทิ้งช่วงนานเกินไปในระหว่างฤดูการเจริญเติบโต นอกจากนี้จะต้องมีช่วง ฤดูแล้งที่ชัดเจน 3-4 เดือน
2. อุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของไม้สักอยู่ระหว่าง 25 – 35 เซนติเมตร
3. ไม้สักเป็น ไม้ที่ชอบแสงสว่าง ความเข้มของแสงที่เหมาะสม คือ 75 – 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแสงกลางวันที่ได้รับเต็มที่ การปลูกไม้สักจึงไม่ควรปลูกในร่ม หรือใกล้ต้นไม้ ใหญ่ซึ่งอาจบดบังแสงแดดแก่ต้นที่ปลูกได้
4. ดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไม้สัก คือ เป็นดินที่มีการระบายน้ำ ได้ดี ไม่เป็นดินดาน ดินค่อนข้างลึก ดินร่วนปนทรายหรือเป็นดินที่เกิดจากการผุสลาย ของหินปูนและมี

ค่า pH ประมาณ 6.5 – 7.5 ส่วนดินที่ไม่เหมาะสมกับการปลูกไม้สัก คือ ดินเหนียว ดินลูกรัง ดินทราย และที่มีน้ำท่วมขัง 5. สภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของไม้สัก โดยทั่วไปจะมีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 700 เมตร เป็นพื้นที่ราบถึงลาดชันเล็กน้อยไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์

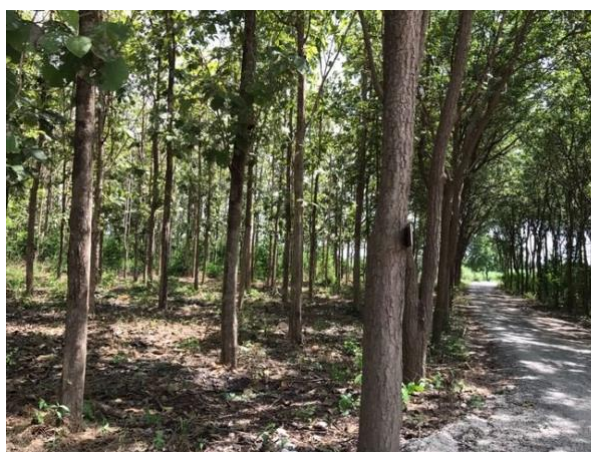


ภาพที่ 2-1 ลักษณะพื้นที่ปลูกไม้สัก (<https://www.teedin108.com/land/view/1077298>)

ลักษณะของพื้นที่การปลูกสักให้ได้ผลดีต้องเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเติบโตของสัก ขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่นั้น ๆ กล่าวคือ สักสามารถเติบโตได้ดีในที่มีแสงมาก ดินร่วนปนทราย ดินมีความลึก สามารถระบายน้ำดี พื้นที่ค่อนข้างเป็นด่างสำหรับพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมกับการปลูกสักได้ คือ ที่น้ำ หรือที่น้ำท่วมขัง และดินลูกรังโดยทั่วไปสักมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ ในท้องที่ภาคเหนือ และภาคกลางตอนบน แต่ที่ผ่านมาเกษตรกร ภาคเอกชน ได้มีการปลูกสักกระจายอยู่ทั่วประเทศ สำหรับภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางพื้นที่ สัก สามารถเติบโตได้ดี กล่าวได้ว่า สักชอบขึ้นในดินที่ สลายตัวจากวัตถุดิบกำเนิดจำพวกหินปูนที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เนื้อดินร่วน มีการระบายน้ำดี การเลือกพื้นที่ปลูกมีความสำคัญต่อการปลูกป่าในเชิงพาณิชย์ เป็นอย่างมาก (บุญวงศ์ ไทยอุดสำห้ และคณะ, 2535)



ภาพที่ 2-2 ลักษณะพื้นที่ปลูกไม้สัก (<http://www.sc.mahidol.ac.th/usr/?p=141>)



ภาพที่ 2-3 ลักษณะพื้นที่ปลูกไม้สัก (<https://baan.kaidee.com/product-336032652>)

ขนาดของพื้นที่ ขนาดของพื้นที่เป็นปัจจัยสำคัญ ที่ผ่านมาผู้ปลูกได้มีการยกเลิกปลูกสัก เนื่องจากมีพื้นที่จำกัดส่วนที่ยังดำเนินการปลูกต่อเนื่องอยู่ เนื่องจากมีพื้นที่ว่างเปล่าไม่ได้ใช้ ประโยชน์ หรือมีพื้นที่มากเพียงพอต่อการทำการเกษตร และปลูกสักด้วย ดังนั้นรูปแบบการปลูก และการจัดการ ให้เหมาะสมกับขนาดของพื้นที่จะเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินงานปลูกไม้สัก ให้ประสบผลสำเร็จ โดยพื้นที่ขนาดใหญ่อาจปลูกเป็นแถวเป็นแนว เพื่อสะดวกในการบริหารจัดการ สำหรับพื้นที่น้อยกว่า 20 ไร่ ควรพิจารณารูปแบบการปลูก ดังนี้

1. การใช้ระบบวนเกษตร การปลูกผสมผสาน และการปลูกไม้หลายชั้น
2. การกำหนดสัดส่วนการใช้พื้นที่ให้เหมาะสมระหว่างสักกับพืชเกษตร

3. ควรมีการรวมกลุ่มผู้ปลูกสักในพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อให้มีวัตถุประสงค์เพียงพอต่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม รวมกันเพื่อการบริหารจัดการ การบำรุงดูแลรักษา การแปรรูป การปลูกและการจัดการ การปลูกและการจัดการ มีผลต่อผลผลิตของไม้สักและค่าใช้จ่ายในการลงทุน หากมีการปลูกและการจัดการที่ดีจะส่งผลต่อการเติบโต และให้ผลตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุน การปลูกและการจัดการ หมายถึงตั้งแต่การวางแผนการปลูกและการจัดการ รูปแบบการปลูก ระบบวนวัฒนวิธีการ กำหนดระยะห่างระหว่างต้น การลิดกิ่ง การตัดขยายระยะ การบำรุงดูแลรักษา การป้องกันไฟ กำจัดวัชพืช การกำหนดระบบ หมุนเวียน และการตัดฟัน

2.3 การวางแผนปลูกสักให้เป็นระบบรอบหมุนเวียนปลูกและตัดฟัน

กำหนดอายุตัดฟันสัก ประมาณ 25-30 ปีทำการแบ่งพื้นที่เป็น 8-10 แปลง ปีที่ 1 ปลูกแปลงที่ 1 ทำการปลูกเพิ่มในแต่ละปีจนครบเต็มพื้นที่ในปีที่ 8-10 ปีปีต่อมากลับมา ทำการตัดขยายขยายระยะแปลงที่ 1 หรือที่ปลูกไว้ปีที่ 1 ที่สามารถตัดต่อเนื่อง ในแปลงถัดไป ทุก ๆ ปีหลังจากตัดขยายระยะสามารถปล่อยให้มีการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติจะช่วยลดต้นทุน การผลิตได้ ดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-4 การวางแผนการปลูกสักให้เป็นระบบหมุนเวียนปลูกและตัดฟัน (กรมป่าไม้, 2559)

2.4 ปัญหาการปลูกสัก

ปัญหาการตัดสาขายาระยะของผู้ปลูกสวนป่า มีดังนี้

1. ข้อจำกัดด้านตลาดและใช้ประโยชน์ของไม้ตัดสาขายาระยะครั้งแรก เนื่องจากเป็นไม้ขนาดเล็ก มีราคาต่ำ
2. ปัญหาการเลือกซื้อไม้ของพ่อค้า ผู้ปลูกสวนป่าปล่อยให้พ่อค้าเข้าไปคัดเลือกตัดไม้เอง ซึ่งจะเลือกเฉพาะไม้ที่มีลักษณะดี และขนาดใหญ่ออก เหลือแต่ไม้ที่มีขนาดเล็กไม่สมบูรณ์ มีการเติบโตช้า ทำให้ผลผลิตที่จะได้ในอนาคต ไม่คุ้มค่าการลงทุน
3. ผู้ปลูกขาดความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับการเติบโตของต้นไม้กับความหนาแน่นของต้นไม้ ทำให้เกษตรกรไม่ตัดสาขายาระยะ ปล่อยให้ขึ้นหนาแน่นแข่งขันตามธรรมชาติ

2.5 การเจริญเติบโตของไม้สัก

ไม้สักจัดได้ว่าเป็นไม้โตเร็วชนิดหนึ่งเมื่อเทียบกับไม้ชนิดอื่นอีกหลายๆ ชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเจริญเติบโตในช่วง 10 ปีแรกจะเร็วมาก อย่างไรก็ตาม ไม้สักจะโตเร็วมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ

1. สภาพพื้นที่ที่ปลูก รวมทั้งการเตรียมพื้นที่
2. การจัดการสวนป่ารวมทั้งการบำรุงรักษาและ
3. คุณภาพของเมล็ดหรือกล้าพันธุ์ที่ใช้ปลูก

ในพื้นที่ที่เหมาะสมและมีการจัดการสวนป่าเป็นอย่างดี ต้นสักอายุ 10 ปี จะสูงเฉลี่ยมากกว่า 15 เมตรขึ้นไป และมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมากกว่า 15 เซนติเมตรมีผลผลิต (ไม้ท่อน) สูงกว่า 13 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หลังจากนั้นการเจริญเติบโตทางความสูงจะลดลง แต่ความโตทางเส้นรอบวงจะยังคงเพิ่มขึ้นอีกเรื่อย ๆ

โดยผู้วิจัยได้ศึกษา และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของไม้สัก ตั้งแต่อายุ 10 ปี ถึง 60 ปี โดยแบ่งเป็นด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตในแต่ละช่วงอายุ เส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกและความสูง ดังแสดงในตารางที่ 2-1 และ 2-2

ตารางที่ 2-1 ตารางแสดงการเจริญเติบโตของไม้สักและผลผลิตแต่ละช่วงอายุ (กรมป่าไม้, 2560)

อายุ	เส้นผ่าศูนย์กลาง เพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงของไม้ชั้น เด่นและชั้นรอง (เซนติเมตร)	จำนวนต้น (ต้น/ไร่)	พื้นที่หน้าตัดไม้ (ตารางเมตร./ ไร่)	ปริมาณที่ทำ เป็นสินค้าได้ (ลูกบาศก์เมตร/ ไร่)
10	15.01	17.0	130	2.39	13.03
15	19.44	20.5	92	2.92	18.58
20	22.90	23.0	75	3.33	22.97
25	25.90	24.5	65	3.64	26.19
30	27.86	26.0	58	3.94	29.40
35	29.85	27.0	53	4.18	32.04
40	31.36	27.5	49	4.37	34.09
45	32.63	27.8	47	4.53	35.41
50	33.89	28.0	45	4.68	37.61
55	35.40	28.5	42	4.87	39.66
60	26.67	28.8	40	5.03	41.48

ตารางที่ 2-2 ตารางการเจริญเติบโตของไม้สัก ทางเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอก ทางความสูงทางปริมาตร และความหนาแน่นของเปลือกในระดับอายุต่างกัน (กรมป่าไม้, 2560)

อายุ (ปี)	เส้นผ่านศูนย์กลาง ระดับอก (เซนติเมตร)	ความสูง (เมตร)	ปริมาตร (ตารางเมตร)	2x ความหนาเปลือก (เซนติเมตร)
10	4.8	4.8	0.02	0.95
20	10.4	10.1	0.053	1.36
30	15.4	14.8	0.14	1.8
40	20.4	18.8	0.285	2.3
50	25.8	22.6	0.485	2.78
60	31.6	25.8	0.75	3.04
70	34.4	28.1	0.97	3.14
80	36.6	30	1.16	-
90	38.9	31.4	1.34	-
100	40.6	32.6	1.5	-
110	42.4	33.4	1.645	-
120	44	34	1.762	-
130	45.4	34	1.9	-

2.6 การตัดขยายระยะ

บุญวงศ์ และคณะ (2535 อ้างถึงใน กรมป่าไม้, 2553) กล่าวว่า การตัดสงขขยายระยะ เป็นการปฏิบัติทางวนวัฒนวิทยาที่จำเป็นต่อการจัดการสวนป่า ทั้งนี้ ไม้ว่าไม้ที่ตัดขยายระยะออก จะจำหน่ายได้คุ้มค่าหรือไม่ก็ตาม อันเป็นผลพลอยได้จากการปลูกสวนป่า ซึ่งปรัชญาที่แท้จริงของการตัดสงขขยายระยะ เพื่อปรับปรุงการเจริญเติบโตของไม้ที่เหลืออยู่ ไม่ใช่รายได้จากไม้ที่ตัดออก

การตัดสงขขยายระยะเป็นการตัดไม้บางส่วนออก เพื่อให้สักเจริญเติบโตหนาแน่นมากขึ้น เพื่อให้ต้นไม้ที่เหลืออยู่เติบโตมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งขนาดของต้นไม้มักจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ

ขนาดเรือนยอดและเรือนราก คือ เรือนยอดแผ่ขยายมากขึ้น ต้นไม้ก็จะมียขนาดใหญ่ขึ้น การปลูกต้นไม้ ต้องมีความหนาแน่นในช่วงแรก เพื่อให้ต้นไม้มีการแข่งขันทางความสูง ลำต้น เปลาตรง ไม่แตกกิ่งมาก ช่วยทุ่นแรงในการลิดกิ่ง การปลูกสักอาจเริ่มต้นด้วยระยะห่างประมาณ 3x3 เมตร หลังจากต้นสักโตได้ ระยะหนึ่ง เรือนยอดสักจะเริ่มชิดกัน การเติบโตจะไม่เพิ่มขึ้น ต้องทำการตัดสายขยายระยะ หากปล่อยให้ จะเกิดการแข่งขันตามธรรมชาติ โดยการแย่งน้ำและอาหาร ทำให้ต้นไม้บางต้นตาย บางส่วนชะลอ การเติบโต ทำให้ไม้ที่จะได้ขนาดใหญ่ ต้องใช้เวลานานขึ้น ทำให้ไม่คุ้มค่าการลงทุน

การปลูกสักควรตัดขยายระยะครั้งแรก เมื่อสักเริ่มหนาแน่นขึ้น การเจริญเติบโตไม่เพิ่มขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ ระยะปลูก การบำรุงรักษา สักจะเริ่มหนาแน่นเมื่ออายุประมาณ 6-10 ปี จะต้องทำการตัดสายขยายระยะครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 เมื่อสักอายุประมาณ 15-22 ปี สำหรับการปลูกไม้สักตัดสายขยายระยะครั้งแรก จะได้สักขนาดเล็ก ราคาต่ำ ผู้ปลูกสวนป่าส่วนมากจะไม่ทำการตัดสายขยายระยะ ทำให้ต้นไม้ขึ้นหนาแน่นมาก ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของสักทั้งหมด ถึงแม้จะไม่คุ้มค่า ผู้ปลูกสวนป่าจำเป็นต้องตัดสายขยายระยะออก การตัดสายขยายระยะ มีวิธีการตัด ดังนี้

1. การตัดเป็นระบบ คือ ตัดแถวเว้นแถว หรือตัดต้นเว้นต้น
2. การตัดแบบเลือกตัด คือ ตัดต้นที่มีขนาดใหญ่ หรือเล็กออก

สำหรับสวนป่าขนาดใหญ่ การตัดแบบเป็นระบบ จะทำให้สะดวกในการตัดไม้ สำหรับสวนป่าขนาดเล็ก หากมีการเติบโตแตกต่างกัน ควรใช้แบบเลือกตัด โดยการตัดสายขยายระยะครั้งแรก ควรเลือกต้นที่มีขนาดเล็ก และลักษณะไม่ดี เนื่องจากต้นที่เติบโตได้ดีจะสามารถเติบโตเป็นต้นไม้ใหญ่ได้ ดีกว่า ส่งผลให้สวนป่ามีผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น คุ้มค่าต่อการลงทุนในการตัดฟันรอบสุดท้ายมากกว่า โดยไม้ที่ขายได้ดีและเป็นที่ต้องการของตลาด คือ อายุมากกว่า 15 ปี ขนาดเส้นรอบวงที่ความสูง 1.3 เมตร หรือ เส้นรอบวงที่ความสูงระดับอก หรือเส้นรอบวงเพียงอก มีขนาด 60 เซนติเมตรขึ้นไป

สำหรับบางพื้นที่ ผู้ปลูกสักที่ไม่ทำการตัดขยายระยะ สักจะขึ้นหนาแน่น การเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอกัน ในการตัดขยายระยะในครั้งแรก จำเป็นต้องตัดต้นเล็กออก เหลือแต่ต้นสักที่มีขนาดใหญ่ไว้ ซึ่งปัญหาการตัดสายขยายระยะของผู้ปลูกสวนป่า คือ

1. ข้อจำกัดด้านตลาด และการใช้ประโยชน์ไม้สักตัดขยายระยะครั้งแรกไม่มีขนาดเล็ก และราคาต่ำ
2. ปัญหาการเลือกซื้อไม้ของพ่อค้า ผู้ปลูกสักปล่อยให้พ่อค้าคนกลางเข้าไปคัดเลือกตัดไม้เอง โดยเฉพาะไม้ที่มีขนาดใหญ่ออก เหลือแต่ต้นที่มีขนาดเล็ก ไม่สมบูรณ์ มีการเติบโตช้า ทำให้ผลผลิตที่จะได้ในอนาคตต่ำ ไม้คุ้มค่าต่อการลงทุน

3. เกษตรกร ผู้ปลูกขาดความรู้และความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของต้นไม้กับความหนาแน่นของต้นไม้ ทำให้เกษตรกรไม่คำนึงถึงความสำคัญของการตัดขยายระยะปล่อยให้ต้นไม้ในสวนป่าขึ้นหนาแน่น



ภาพที่ 2-5 การปลูกสักก่อนและหลังการตัดสาง (กรมป่าไม้, 2553)

2.7 ชนิดและวิธีการตัดสางขยายระยะ

ประเภทของต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอด (Crown Class) ที่แตกต่างกัน ซึ่งได้ระบุชั้น เรือนยอดของต้นไม้ จำแนกตามลักษณะรูปร่าง ขนาด และตำแหน่งของเรือนยอด ที่สัมพันธ์กับต้นไม้ใกล้เคียง และลักษณะคุณภาพของลำต้นของต้นไม้จำนวน 6 ประเภท ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 คำอธิบายลักษณะชั้นเรือนยอดของต้นไม้ (กรมป่าไม้, 2558)

ชั้นของเรือนยอดของต้นไม้	ลักษณะชั้นเรือนยอดของต้นไม้
ชั้นเรือนยอดเด่น (Dominant, Do)	ต้นไม้ที่มีเรือนยอดแผ่ขยายอยู่เหนือ ระดับเรือนยอดของต้นไม้ ต้นอื่นในหมู่ไม้นั้น ได้รับแสงเต็มที่จากทางด้านบน และ บางส่วนทางด้านข้าง โดยปกติจะเป็นต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่โต กว่าค่าเฉลี่ย เป็นต้นไม้ที่แข็งแรงและสมบูรณ์เต็มที่
ชั้นเรือนยอดรองเด่น (Co-dominant, C)	ต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดอยู่ในระดับเดียวกัน กับ เรือนยอดของไม้ ต้นอื่นในหมู่ไม้นั้น ได้รับแสงเต็มที่จากทางด้านบน และอาจได้รับแสงบ้างจากทางด้านข้าง โดยปกติเป็นต้นไม้ที่มีเรือนยอดขนาดกลาง เป็นต้นไม้ที่ใหญ่ แข็งแรง และสมบูรณ์

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

ชั้นของเรือนยอดของต้นไม้	ลักษณะชั้นเรือนยอดของต้นไม้ม
ชั้นเรือนยอดปานกลาง (Intermediate, I)	ชั้นยอดที่อยู่บริเวณต่ำกว่าเรือนยอดหลัก และรับแสงได้จำกัด เพียงส่วนบนเท่านั้นเรือนยอดมีลักษณะแคบและเตี้ย เส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในเกณฑ์ต่ำ
ชั้นเรือนยอดที่ถูก บดบัง หรือ ถูกข่ม (Suppressed or Overtopped, Su)	เรือนยอดชั้นที่อยู่ต่ำกว่าเรือนยอดหลักโดยสิ้นเชิง และถูก ปกคลุมด้วยกิ่งก้านของต้นไม้มที่สูงกว่าเล็กน้อยแต่ยังสามารถ รับแสงที่ส่องถึงโดยตรงได้ เรือนยอดมีขนาดเล็ก ลักษณะกระจายกันไม่เป็นกลุ่ม
ต้นไม้มที่มีขนาดใหญ่ (Wolf, Wo)	ต้นไม้มขนาดใหญ่ ที่มีรูปร่างค่อนข้างไม่ดี ซึ่งสามารถเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และอาจทำลายต้นไม้มข้างเคียงได้
ต้นไม้มที่มีลำต้น ผอมบาง (Whip, Wh)	ต้นไม้มที่มีลำต้นบางที่รองรับเรือนยอดหลัก ซึ่งสามารถเป็น อันตรายกับต้นไม้มข้างเคียงได้หากมีการแกว่งของลำต้นเมื่อเกิดลม
ต้นไม้มที่ตายและแห้ง (Dead and dried, D)	ต้นไม้มที่หยุดการเติบโต หรือเป็นโรค ที่ตายแล้ว หรือกำลังแห้งตาย รวมถึง ต้นไม้มที่เอียงเอน และต้นไม้มที่ถูกพัดไปตามกระแสลม

2.8 ข้อจำกัดของไม้สัก

การปลูกไม้สักอาจจะมีข้อจำกัดบางประการ ดังต่อไปนี้

1. ด้านสภาพพื้นที่ ไม้สักไม่ชอบพื้นที่ลุ่ม ที่ชื้นแฉะ มีน้ำท่วมขัง ดินระบายน้ำไม่ดี เช่น ดินเหนียว ดินลูกรัง ดินดาน และดินที่เป็นทรายจัดหรือดินตื้นมาก ๆ
2. ด้านสภาพแวดล้อม ไม้สักจะเจริญเติบโตได้ดีในที่แห้งแล้ง หรือมีฝนตกไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงฤดูการเจริญเติบโต
3. การปลูกไม้สักล้วน เป็นผืนใหญ่ อาจก่อให้เกิดโรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย เช่น หนอนกินใบสักและมอดป่าเจาะไม้สัก เป็นต้น

3. ระเบียบ และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับสัก

ประชาชนสามารถปลูกต้นสักในที่ดินกรรมสิทธิ์ ของตนเองได้ สำหรับ การตัด ไม้สัก หรือ การทำไม้ ออก ผู้ปลูกต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติสวนป่า พ.ศ. 2535 โดยการนำที่ดินที่ปลูกไม้สักไป ขึ้นทะเบียนสวนป่า กรมป่าไม้จะออกหนังสือรับรองการเป็นสวนป่าและให้ผู้ปลูกจัดทำรายการบัญชีไม้ (สป. 15) ไว้สำหรับ ควบคุมการตัด ไม้ และใช้สำหรับ แสดงเมื่อนำไม้เคลื่อนที่ กฎหมายที่ เกี่ยวข้องกับ การปลูกสัก ได้แก่ พระราชบัญญัติป่าไม้ พุทธศักราช 2484 พระราชบัญญัติสวนป่า พ.ศ. 2535 และ พระราชบัญญัติ เลื่อยโซ่ยนต์ พ.ศ. 2545 พระราชบัญญัติป่าไม้ พุทธศักราช 2484 ได้กำหนดสักเป็นไม้ หวงห้าม ประเภท ก ไม่ว่าจะ ขึ้นที่ใด เมื่อจะทำการตัด ต้องมีการขออนุญาตและเสียค่าภาคหลวงซึ่งเมื่อ รัฐบาลได้สนับสนุนและส่งเสริมให้ประชาชนปลูกสวนป่า จึงได้ออกกฎหมาย คือพระราชบัญญัติ สวนป่า พ.ศ. 2535 เพื่อให้ผู้ปลูกสวนป่าสามารถตัด ไม้สัก เพื่อความสะดวก และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย เพียงแต่มีระเบียบและขั้นตอนในการปฏิบัติ โดยการขึ้นทะเบียนสวนป่า การแจ้งตัด การจัดทำบัญชีไม้ พระราชบัญญัติเลื่อยโซ่ยนต์ พ.ศ. 2545 ประกาศใช้เพื่อป้องกันและปราบปรามการลักลอบตัด ไม้ ทำลายป่าโดยควบคุม การมีเลื่อยยนต์ไว้ในครอบครองและการนำเข้ามาในราชอาณาจักร ซึ่งภาคเอกชน สามารถครอบครองได้ โดยขออนุญาต และขึ้นทะเบียนเลื่อยโซ่ยนต์กับพนักงานเจ้าหน้าที่ ของรัฐในแต่ละ จังหวัด โดยต้อง ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ และขั้นตอนในการขออนุญาต (อรุณี ภู่อุดแสง, 2553)

ผู้วิจัยศึกษากฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการปลูกสักที่ผู้ปลูกต้องทราบ ซึ่งมีกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1. พระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2484

พระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2484 ได้กำหนดสักเป็น ไม้หวงห้ามประเภท ก ไม่ว่าจะขึ้นที่ ใด เมื่อจะทำการตัด ต้องมีการขออนุญาตและค่าภาคหลวง ซึ่งเมื่อรัฐบาลได้สนับสนุนและส่งเสริมให้ ประชาชนปลูกสวนป่า จึงได้ออกกฎหมาย คือ พระราชบัญญัติสวนป่า พ.ศ. 2535 เพื่อให้ผู้ปลูกสวนป่า สามารถตัด ไม้สัก เพื่อความสะดวก และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย เพียงแต่มีระเบียบ และขั้นตอนในการ ปฏิบัติ โดยการขึ้นทะเบียนสวนป่า การแจ้งตัด การจัดทำบัญชีไม้

2. พระราชบัญญัติสวนป่า พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัติสวนป่า พ.ศ. 2535 ประชาชนสามารถปลูกต้นสักในที่ของตนเองที่มี กรรมสิทธิ์ได้ สำหรับการตัด ไม้สัก หรือการทำไม้ ออก ผู้ปลูกต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติสวนป่า พ.ศ.2535 โดยการนำที่ดินที่ปลูกไม้สักไปขึ้นทะเบียนสวนป่า กรมป่าไม้จะออกหนังสือรับรองการเป็น

สวนป่า และให้ผู้ปลูกจัดทำรายการบัญชีไม้ (สป.15) ไว้ควบคุมการตัดไม้และใช้สำหรับแสดงเมื่อนำไม้เคลื่อน

3. พระราชบัญญัติเลื่อยโซ่ยนต์

พระราชบัญญัติเลื่อยโซ่ยนต์ ประกาศมาใช้เพื่อป้องกัน และปราบปรามการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า โดยควบคุมการมีไว้ในครอบครอง และการนำเข้ามาในราชอาณาจักร ภาคเอกชนสามารถมีครอบครองได้ โดยขออนุญาต และขึ้นทะเบียนเลื่อย-โซ่ยนต์ กับพนักงานเจ้าหน้าที่ของรัฐในแต่ละจังหวัด ซึ่งต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และขั้นตอนในการขออนุญาต

4. คุณสมบัติของไม้สัก

4.1 คุณสมบัติของไม้สัก

คุณสมบัติของไม้สักแบ่งออกเป็นกลสมบัติ กายสมบัติ และลักษณะโครงสร้างไม้ สำหรับไม้สักมีลักษณะโดยทั่วไปคือลำต้นตรง เนื้อไม้มีสีเหลืองหรือสีน้ำตาล เส้นตรง เนื้อหยาบ ปลายมอด ไม้ทำลาย เนื่องจากมีสารพวกเทคโทควิโนน (Tectoquinone) อยู่ สามารถเลื่อน ผ่า ไส กบ ตกแต่ง และชักเงาได้ง่าย สามารถผึ่งและอบให้แห้งได้ด้วยอากาศได้ง่าย และเร็ว

ผู้วิจัยทำการศึกษา ลักษณะความแข็งแรงของไม้ชนิดต่าง ๆ เพื่อศึกษาว่า ลักษณะของไม้สักจัดอยู่ไม้ชนิดใด โดยได้ทำการศึกษาเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของกรมป่าไม้ ตามความแข็งแรงของไม้ที่ระดับความชื้นร้อยละ 12 ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 เกณฑ์ในการแบ่งประเภทของกรมป่าไม้ ตามความแข็งแรงของไม้ที่ระดับความชื้นร้อยละ 12 (กรมป่าไม้, 2556, หน้า 273)

ประเภท	ค่าความแข็งแรงในการตัด		ความทนทานตามธรรมชาติ (ปี)
	กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร	เมกะปาสกาล	
ไม้เนื้อแข็ง	สูงกว่า 1,000	สูงกว่า 100	สูงกว่า 6
ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	600-1,000	60 – 100	2 - 6
ไม้เนื้ออ่อน	ต่ำกว่า 600	ต่ำกว่า 60	ต่ำกว่า 2

จากการศึกษาจากเอกสาร หนังสือ ตำรา และงานวิจัยเกี่ยวกับไม้สัก พบว่า ไม้สักที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ ตั้งแต่การผลิตไม้ซุงขนาดใหญ่ การแปรรูปเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้าน อาคาร การผลิตเฟอร์นิเจอร์ มีค่าความหนาแน่น 642 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.62 ค่าความร้อน 5,094 แคลอรีต่อกรัม เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2-4 พบว่า ไม้สักเป็นไม้ที่มีค่าความแข็งแรงในระดับไม้เนื้อแข็งปานกลาง ที่มีค่าความแข็งแรงอยู่ระหว่าง 600-1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

4.2. ลักษณะโครงสร้างภายในเนื้อไม้

ลักษณะภายในเนื้อไม้สักนั้น แบ่งออกเป็น ลักษณะโครงสร้างอย่างหยาบ เป็นลักษณะที่มองเห็นด้วยเลนส์ขยาย (Hands Lens) ได้แก่ ด้านหน้าตัด ด้านรัศมี ด้านสัมผัสของไม้ วงปี แก่น กระพี้ และเสี้ยนไม้เป็นต้น และคุณสมบัติทางกายภาพอย่างหยาบ ส่วนลักษณะโครงสร้างอย่างละเอียด เป็นลักษณะโครงสร้างทางกายวิภาคของเนื้อไม้ที่มองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ได้แก่ ชนิด ขนาด จำนวนเซลล์ การเรียงตัว การกระจาย การทำหน้าที่ต่าง ๆ ของเซลล์ รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ ความแข็งแรงโมเลกุลของเซลล์ ลอส และคุณสมบัติทางกายภาพอย่างละเอียด

4.3 คุณสมบัติบางประการของไม้สัก

ไม้สัก เป็นไม้ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เดิมโตได้ดีในเขตประเทศไทย พม่า ลาว และอินเดีย รัฐบาลไทยได้ออกพระราชบัญญัติปิดป่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 ทำให้เกิดการขาดแคลนไม้สักในอุตสาหกรรม ต่อมาได้มีองค์กรเอกชนปลูกสวนป่าเชิงพาณิชย์ขึ้นอย่างแพร่หลาย แต่การปลูกสวนป่าในแต่ละที่มีปัจจัยที่แตกต่างกันออกไป เช่น สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ สภาพดิน น้ำ เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นตัวแปรที่ทำให้ไม้สักมีคุณภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของไม้สัก ที่ทำให้ไม้สักมีความทนทานตามธรรมชาติ คือ *Tectoquinone*, *Lapachol* และ *Deoxy lapachol* โดยจะพบในแก่นไม้เป็นส่วนใหญ่ และจะมีปริมาณมากขึ้น เมื่อไม้มีอายุเพิ่มขึ้น

ผลการวิจัยของ ทรรศนีย์ พัฒนาเสรี (2552) กล่าวถึงผลของเทคโทควิโนน (*Tectoquinone*) ที่มีต่อปลวกได้ดิน สารเทคโทควิโนน (*Tectoquinone*) มีผลยับยั้งการกินอาหารของปลวกชนิดนี้ได้ และทำให้ปลวกตายในเวลาต่อมา แต่ไม่สามารถออกฤทธิ์ความเป็นพิษได้โดยตรง ถึงขั้นทำให้ปลวกตายได้ ซึ่งสารเทคโทควิโนน (*Tectoquinone*) นี้เป็นเหตุผลที่ทำให้ไม้สักมีความทนทานต่อการทำลายของปลวกได้เป็นอย่างดี

หากต้องการนำไม้สักไปใช้ประโยชน์และต้องการความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวก ควรเลือกไม้สักที่มีสารเทคโทควิโนน (*Tectoquinone*) ในแก่นไม้น้อยกว่า 0.05% ซึ่งพบในไม้สักที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไป ที่สวนป่าไม้มาย จังหวัดลำปาง สวนป่าขุนคำมี จังหวัดแพร่ สวนป่าแม่แจ่ม

จังหวัดเชียงใหม่ และสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไป ส่วนไม้สักที่มีอายุน้อยกว่าไม้สักที่ได้กล่าวมา ต้องผ่านกระบวนการทำให้ไม่มีความทนทานตามธรรมชาติก่อนนำไปใช้งาน



ภาพที่ 2-6 หน้าตัดไม้สักอายุน้อย



ภาพที่ 2-7 ลักษณะท่อนไม้สักขนาดเล็ก



ภาพที่ 2-8 ลักษณะผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย



ภาพที่ 2-9 ลักษณะผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย



ภาพที่ 2-10 ลักษณะผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย



ภาพที่ 2-11 ลักษณะผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย



ภาพที่ 2-12 วิธีการทำให้ไม้แห้งด้วยวิธีการทางธรรมชาติ



ภาพที่ 2-13 วิธีการทำให้ไม้แห้งด้วยวิธีการทางธรรมชาติ

5. การแปรรูปไม้สัก

5.1 ข้อมูลทั่วไปของการแปรรูปไม้สัก

โดยทั่วไปเซลล์ของเนื้อไม้โตเร็วยังเจริญเติบโต หรือพัฒนาไม่เต็มที่ ดังนั้นเนื้อไม้ทั้งหมด หรือส่วนใหญ่ของลำต้นจึงประกอบด้วยส่วนของกระพี้ หากจะมีส่วนแก่นบางก็เพียงส่วนน้อยเท่านั้น ไม้โตเร็วเมื่อถูกตัด โคนหรือตัดทอนจะเกิดความแตกร้าวเริ่มจากส่วนไส้ไม้ไปหาบริเวณเปลือก เนื่องมาจากการปลดปล่อยความเค้นจากการเจริญเติบโตของไม้และเมื่อนำไม้ท่อนที่ยังสดอยู่ไปเลื่อย เป็นไม้แปรรูปจะเกิดการ โค้งงอขึ้นทันทีขณะเลื่อย ปริมาณการแตกและการ โค้งงอของไม้แปรรูปจะ เกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณเค้นจากการเติบโตที่แตกต่างกันไป ในไม้แต่ละชนิดนอกจากนี้ไม้ โตเร็วจะมีจำนวนตาไม้ค่อนข้างมาก การเรียงตัวของเซลล์เนื้อไม้ยังไม่ขนานกับแกนของลำต้นอย่าง

สม่ำเสมอ ดังนั้น ไม้ยาววัยหรือไม้โตเร็วอายุน้อยเช่นนี้ มักจะมีเส้นบิด เส้นวน หรือเส้นสนปะปน อยู่ในเนื้อไม้ด้วยเสมอการแปรรูปไม้ขนาดเล็ก

การแปรรูปไม้ขนาดเล็กการใช้ไม้ขนาดเล็กในลักษณะไม้แปรรูปนั้น จะต้องมียานที่โตพอสมควรเพื่อที่จะได้เนื้อไม้ส่วนของแก่นมากกว่าส่วนของกระพี้ โดยควรมียานเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้วขึ้นไป มีลำต้นตรงเปลากลม ไม้คดงอ แต่เนื่องจากไม้แปรรูปที่ได้จากไม้ขนาดเล็กเมื่อยังสดอยู่ จะมีการโค้งงอขณะเลื่อยและการแตกร้าวค่อนข้างมาก ดังนั้น เพื่อช่วยลดปัญหาการโค้งงอ ควรเลื่อยไม้ขนาดสั้น ความยาวประมาณ 1.50 – 2.50 เมตร ไม้ที่อ่อนขนาดเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-9 นิ้ว เลื่อยเป็นไม้แปรรูปแล้วได้ผลผลิต 25 – 35 % โดยรวมไม้ที่โค้งงอ ดัดได้และแตกร้าวด้วย เมื่อนำไปใช้งาน คงเหลือประมาณ 20 – 25 % ลักษณะการใช้งานเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไม้ชนิดเล็กซึ่งหากต้องการไม้ที่มีขนาดใหญ่และหน้ากว้างขึ้น ก็ใช้วิธีการต่อความยาวหรืออัดประสานขนาดความหนาและความกว้างเข้าด้วยกัน

ดัชนีการใช้ประโยชน์โตเร็วบางชนิด จากการศึกษาถึงอายุและขนาดของไม้โตเร็วที่นำมาทดลองประกอบกับคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านั้นมาทดลองทำผลิตภัณฑ์ผลที่ได้รับอาจสรุปย่อเป็นดัชนีการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว ดังปรากฏในตาราง การเสนอตารางดัชนีนี้ วัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้เปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างไม้ชนิดต่าง ๆ เท่านั้น มิได้หมายความว่า จะใช้ไม้ชนิดนั้นไม่ได้เลย หากดัชนี บอกว่า “ไม่ดี” ซึ่งในกรณีเช่นนี้ หากผู้ใช้ประสงค์จะนำไปใช้ประโยชน์จริง ๆ อาจทำได้ แต่หมายความว่า จะต้องใช้เทคนิคในการทำสูงขึ้น หรือทำได้ยากกว่าไม้ชนิดอื่น ๆ ที่ดัชนี บอกว่า “ดี” หรือ “ดีมาก” เป็นต้น

5.2 เทคนิคการแปรรูปไม้สัก

เทคนิคการแปรรูปไม้สัก การเลื่อยไม้ซุงเพื่อเป็นไม้แปรรูปมีวิธีการเลื่อยหลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่เป็นที่นิยมมากที่สุดเนื่องจากให้ผลผลิตสูงสุด มีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การเลื่อยคะ (Through & Through) โดยการนำไม้ซุงมาเลื่อยเปิดปีกออกด้านหนึ่งตามภาพที่ 1 จากนั้นกลับไม้ซุง โดยด้านที่เปิดปีกวางบนแท่นเลื่อย ตามภาพที่ 2 แล้วทำการเลื่อยตามขนาดที่ต้องการ การเลื่อยไม่วิธีนี้ นิยมใช้แปรรูปไม้เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมไม้ทำเครื่องเรือนหรืองานฝีมือ หรือบางกรณีที่ต้องการเลื่อยไม้ขนาดเล็ก ๆ ข้อดี การปรับเปลี่ยนด้านเพื่อเลื่อยไม้สั้น ข้อเสีย เปรอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ค่อนข้างน้อย การชอยข้างไม้แผ่นมากกว่าปกติ ทำให้สูญเสียเนื้อไม้

2. การเลื่อยเปิดปีก 2 ข้าง (Cant Sawing) การเลื่อยวิธีนี้จะนำไม้ซุงมาเลื่อยเปิดปีก

ที่ละด้านจนได้ไม้เหลี่ยมที่สามารถเลื่อยออกตามขนาดและคุณภาพที่ต้องการ การเลื่อยไม้วิธีนี้นิยมเลื่อยมากที่สุด เพราะมีข้อดี คือ

2.1 ไม้แปรรูปที่ได้หรือปึกไม้ มีการขอยด้านข้างน้อย

2.2 สามารถกำหนดความกว้างตามความต้องการ

2.3 เฟอร์เช่นต์ไม้แปรรูปที่ได้ก่อนข้างสูงการเลื่อยไม้ซุงกรณีรูปทรงผิปกติ

ไม้สักรูปทรงต้นตาล ที่มีลักษณะหัวและท้ายโตกว่ากันมาก ไม้ซุงที่มีความโตของโคนท่อนโตกว่าปลายท่อนมาก จะต้องนำมาเลื่อยตามวิธีการดังนี้

1. การเลื่อยไม้กรณีนี้ถ้าท่อนซุงยาวมากเราควรที่จะต้องท่อนไม้ซุงนั้นออกเป็น 2 หรือ 3 ตามความยาวเพื่อลดความแตกต่างของส่วนหัวและท้ายของท่อนซุง นำไม้ซุงขึ้นบนรถเลื่อยเพื่อเลื่อย

2. เมื่อทำการเลื่อยไม้ซุงตามข้อ 1 จนได้ขนาดหน้าไม้ที่พอใจ หรือคุณภาพที่ดีแล้ว จึงทำการพลิกซุงลงโดยให้ด้านที่เปิดปีกตั้งอยู่บนแท่นรถเลื่อน

3. เมื่อเลื่อยไม้ได้หน้าไม้เป็นที่พอใจและได้คุณภาพของไม้แปรรูปแล้ว ทำการพลิกด้านที่ 2 นี้ คว่ำลงบนแท่นเลื่อยแทนด้านที่ 1 จากนั้นทำการเลื่อยไม้ตามวิธีการอย่างที่เคยทั้งสองครั้งที่ผ่านมา

4. ทำการเลื่อยซุงนี้อีกครั้งหนึ่งเป็นครั้งที่ 4 โดยการพลิกซุงนี้อีกครั้ง โดยส่วนที่ต่างกันของส่วนหัวและท้ายหายไป จะได้ไม้เหลี่ยมที่สามารถออกตามขนาดและคุณภาพที่ต้องการ

ไม้ซุงโค้งหรืองอ ถ้าท่อนซุงมีลักษณะโค้งหรืองอและค่อนข้างยาว แก้ไขโดยการท่อนไม้ซุงให้ได้ความยาวตามความเหมาะสม โดยให้ส่วนที่ตรงอยู่ในท่อนเดียวกันมากที่สุด จากการศึกษาการเลื่อยไม้คดกับการเลื่อยไม้ตรงพบว่า ไม้คดให้แปรรูปน้อยกว่าการเลื่อยไม้ตรงประมาณ 15 % คุณภาพไม้แปรรูปจากไม้คดต่ำและไม้แปรรูปที่ได้ก่อนข้างสั้นอีกประการหนึ่งเวลาที่ใช้เลื่อยไม้ซุงที่คด โค้งนี้ใช้เวลานานกว่าการเลื่อยไม้ตรงประมาณ 28 %

หน้าตัดไม้ซุงแตกหรือปริ การนำไม้ซุงประเภทนี้เข้าเลื่อยใช้เวลาในการปรับซุงมากพอควร อาศัยหลักการว่ารอยแตกหรือปริตรงใจไม้ต้องตั้งฉากหรือขนานกับใบเลื่อย เหตุผลก็คือเพื่อให้ตำหนิดังกล่าวมีอยู่ในไม้แปรรูปน้อยแผ่นที่สุด

ไม้ซุงที่มีตากิ่ง หรือ บางส่วนผุ ไม้ซุงที่นำมาเลื่อยมีตำหนิดังเกิดขึ้นที่ท่อนซุง เช่น ตากิ่ง ผุ แผลไฟไหม้ เป็นต้น เมื่อนำไม้เข้าเลื่อยควรหลีกเลี่ยงตำหนิดังกล่าว โดยให้ตำหนิเหล่านั้นติดอยู่กับไม้แปรรูปให้น้อยแผ่นมากที่สุด

4.1 กรณีเลื่อยตาทิ้ง การเลื่อยวิธีนี้ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ 1-4

4.2 กรณีเลื่อยซุงบางส่วนผุ การเลื่อยวิธีนี้ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ 1-4

5.3 การอาบน้ำยาไม้

การใช้ประโยชน์จากไม้สัก ทั้งจากป้าธรรมชาติ และสวนป่า มักจะประสบปัญหาการถูกศัตรูทำลายไม้พวกเชื้อรา แมลง และเพรียงเข้าทำลายไม้ ทำให้มีอายุการใช้งานสั้นเพียง 1-2 ปีเท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพก่อนที่จะนำไม้โตเร็วมาใช้ประโยชน์เพื่อยืดอายุการใช้งานได้นานมากขึ้นกว่าเดิม โดยการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ ซึ่งหากได้ดำเนินการอาบน้ำยาได้ถูกวิธีตามหลักวิชาการแล้ว จะช่วยยืดอายุความทนทานของไม้ออกไปได้อีก 3-5 เท่าของอายุความทนทานของไม้ที่ตามปกติ

การอาบน้ำยาไม้นอกจากจะทำให้ไม้ทนและไม้แปรรูปมีอายุการใช้งานนานขึ้นแล้วยังสามารถนำไปใช้ในการยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ไม้อัด ไม้ประกอบและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไม้ และผลิตผลป่าไม้อื่น ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย โดยศัตรูของไม้สัก มีหลัก ๆ 3 ชนิด ดังนี้

1. เชื้อรา เป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อไม้ผุ เสื่อมสภาพ และเกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1.1 เชื้อราทำลายไม้ เมื่อเชื้อราทำลายเนื้อไม้แล้ว จะทำให้เนื้อไม้ผุ ยุ่ย ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่

- ราผุสีน้ำตาล เมื่อเข้าทำลายแล้ว เนื้อไม้จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื้อไม้ยุบตัวลง และหักงอในทางขวางเฉียง
- ราผุสีขาว เข้าทำลายไม้แล้วเนื้อไม้จะมีสีซีดลง เนื้อไม้จะยุบเป็นเส้นใย
- ราผุอ่อน พบเกิดกับไม้ที่อยู่ในที่ชื้นมาก ๆ หรือเปียกน้ำติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ

เชื้อราจะทำลายรุนแรงบริเวณผิวนอกของไม้ มีการแตกขวางเฉียงคล้ายราผุสีน้ำตาล แต่มีขนาดเล็กกว่า

1.2 เชื้อราที่ทำให้ไม้เสียสี เชื้อราประเภทนี้ไม่ทำให้ไม้ผุ แต่ทำให้ไม้เสียสีไม่สวยงาม เช่น ทำให้เป็นสีน้ำตาล สีเขียว สีเหลือง หรือสีดำ เป็นบริเวณกว้างหรือเป็นจุดกระจาย

1.3 เชื้อราผิวไม้ เชื้อราประเภทนี้จะเกิดบนผิวไม้เท่านั้น สามารถปัดหรือขัดออกได้มักเกิดกับไม้ที่ไม่ได้ผึ่งหรือไม้ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เปียกหรืออับชื้น ทำให้ไม้เสียสีเฉพาะผิวนอก เชื้อราจำพวกนี้หลายชนิดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคของระบบหายใจ

2. แผลง แผลงที่สำคัญที่เข้าทำลายไม้ทั้งในขณะยืนต้น หลังการตัดฟัน ขณะเก็บ รอกการนำไปใช้ประโยชน์และระหว่างการใช้งานมี 2 ชนิด ได้แก่

2.1 ปลวก ปลวกเป็นแมลงที่เข้าทำลายไม้ที่สำคัญและทำลายความเสียหายมากที่สุดแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ปลวกใต้ดิน ปลวกกัดไม้แห้ง และปลวกกัดไม้เปียก ปลวกที่ทำความเสียหายมากที่สุด คือ ปลวกใต้ดิน

2.2 มอด มอดมีอยู่หลายชนิดด้วยกันและมีขนาดต่าง ๆ กัน แต่ชนิดที่สำคัญจะเข้าทำลายไม้จนเหลือแต่ผงคล้ายแป้ง โดยทั่วไปมอดชอบทำลายไม้ที่มีปริมาณแป้งสูง และกระพี้ไม้เท่านั้น นอกจากปลวกและมอดแล้วยังมีแมลงทำลายไม้ชนิดอื่น ๆ อีก แต่การทำลายไม้ไม่รุนแรงมากนัก ได้แก่ด้วงหนวดยาว ด้วงงวง มด แผลงงู และตัวต่อทำลายไม้

3. เพรียง เป็นตัวทำลายไม้ที่ใช้งานในน้ำ แยกเป็น 2 จำพวก ได้แก่

3.1 เพรียงทะเล อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม น้ำกร่อยหรือป่าชายเลน เพรียงทะเลแบ่งตามลักษณะโครงสร้างเป็น 2 ประเภท คือ เพรียงพวกหอย และเพรียงพวกกิ่ง

3.2 เพรียงน้ำจืด เพรียงน้ำจืดเป็นชื่อเรียกตัวอ่อนของแมลงชิปะขาว เราจะพบการทำลายของเพรียงน้ำจืดในไม้ที่จมอยู่ในน้ำหรือส่วนประกอบของบ้านเรือน หรือเรือที่อยู่ในน้ำจืด

5.4 ลักษณะการอบน้ำยา

ลักษณะของการอบน้ำยา เพื่อนำไม้สัก หรือไม้ชนิดต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ จะต้องผ่านการอบน้ำยาในลักษณะต่าง ๆ เพื่อให้ไม้มีลักษณะที่ทนทานต่อศัตรูทำลายไม้ โดยผู้วิจัยได้ศึกษา ลักษณะของการอบน้ำยาในรูปแบบต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. การทาหรือพ่น

เป็นการอบน้ำยาไม้ที่ผ่านการผึ่งหรืออบแห้งมาแล้ว ถ้าเป็นไม้เสารั้วหรือเสาบ้านควรลอกเปลือกออกก่อน การทาหรือการพ่นอาจทำตลอดทั้งท่อนหรือเฉพาะส่วนที่อยู่โคน (ลึกลงไป 30-40 เซนติเมตร และอยู่พื้นดิน 60-70 เซนติเมตร) ก็ได้ การทาหรือพ่นนี้ควรกระทำมากกว่า 1 ครั้ง เพื่อให้ตัวยาแทรกซึมได้ทั่วผิวไม้ ยาที่ใช้ควรเป็นยาพวกน้ำมันหรือสารเคมีละลายในน้ำมัน เช่น น้ำมันดิน โซลิกนัม หรือน้ำมันทาไม้ต่าง ๆ ซึ่งจะติดทนในไม้ได้ดี

2. การแช่ไม้ในน้ำยา

เป็นการอบน้ำยาไม้ที่ใช้ได้กับไม้สดหรือไม้แห้ง แต่การอบไม้แห้งจะได้ผลดีกว่าวิธีนี้ ใช้ได้กับทั้งไม้ท่อนกลมและไม้แปรรูป ถ้าเป็นไม้ท่อนกลมต้องทำการลอกเปลือกออกก่อน การแช่ต้องให้ไม้จมอยู่ใต้น้ำยาตลอดเวลา ระยะเวลาการแช่ประมาณ 12-24 ชั่วโมง หรือ 2-3 วัน ก็ได้แล้วแต่ชนิด

ของไม้ ยิ่งแชนนานเท่าไรตัวยากก็จะซึมเข้าไปในไม้ได้มากขึ้นเท่านั้น เมื่อแช่เสร็จแล้วก็นำไปใช้ ประโยชน์ต้องกองสิ่งไม้ให้แห้งเสียก่อน ไม่น้อยกว่า 7 วัน ตัวยาที่ใช้ควรจะเป็นพวกสารเคมีที่ละลายใน น้ำ สำหรับภาชนะที่ใช้แช่ถ้าไม่มีขนาดยาวมากอาจจะใช้ถัง 200 ลิตร ผ่าครึ่งแล้วต่อเชื่อมเข้าด้วยกัน แต่ ถ้าไม้ยาวมากกว่านี้อาจขุดดินเป็นบ่อตามขนาดที่ต้องการแล้วปูลาดพื้นด้วยพลาสติกกันน้ำยาซึม

3. การอาบน้ำยาโดยอาศัยแรงดันจากแรงโน้มถ่วงของโลก

เป็นการอาบน้ำยาไม้ก่อนกลบสที่ตัดมาใหม่ ๆ ทั้งเปลือก โดยนำยางในรถยนต์เก่าที่ ใช้แล้วตัดออกสวมเข้ากับส่วนโคนไม้เสา รั้วด้วยลวดหรือแผ่นเหล็กบาง ๆ หรือเชือก หรือยางให้แน่น กันน้ำยารั่วไหล จากนั้นเทสารเคมีผสมแล้วลงในท่อยางในรถยนต์ให้เต็มแล้วยกให้ไม้และท่อยางให้ สูงขึ้นจากระดับพื้นดิน โดยให้ส่วนปลายไม้ทำมุมประมาณ 45 กับพื้นดิน น้ำหนักของสารเคมีและ การระเหยของน้ำเลี้ยงในไม้จะช่วยให้น้ำยาแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้เราจะทราบได้ว่าน้ำยาแทรกซึมเข้า ไปตลอดท่อนหรือยัง โดยสังเกตจากน้ำที่หยดออกมาทางปลายด้านล่างของไม้ซึ่งในระยะแรกจะเป็นน้ำ เลี้ยงในไม้ซึ่งไม่มีสี เมื่อน้ำยาซึมผ่านตลอดท่อนแล้วน้ำที่หยดทางปลายท่อนจะเปลี่ยนไปเป็นสีของ น้ำยา แสดงว่าน้ำยาได้ซึมเข้ามาในไม้ตลอดทั้งท่อนแล้ว สามารถถอดยางที่มัดไว้ที่ปลายด้านบนออกได้ แล้วนำไม้ที่ฝั่งให้แห้งก่อนนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ไม้ที่ผ่านการอาบน้ำยาแบบนี้คือ สารเคมีจำพวกที่ ละลายน้ำ เช่น ซีซีเอ คอปเปอร์ซัลเฟต

5.5 การเตรียมไม้ก่อนอาบน้ำยา

ไม้ที่จะนำมาอาบน้ำยาส่วนใหญ่มีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะ แบ่งตามวัตถุประสงค์ของ การนำไปใช้งาน ดังนี้

1. ไม้ก่อนกลบใช้ทำไม้เสาต่าง ๆ เช่น เสาบ้าน เสารั้ว เสาคอกสัตว์ เตรียมดังนี้

1.1 ไม้สด ไม้ก่อนกลบสก่อนอาบน้ำยาต้องริดกิ่งก้านและตัดท่อนให้ได้ขนาด ความยาวตามต้องการ

1.2 ไม้แห้ง ไม้ก่อนกลบสแห้งที่ริดกิ่งก้านและตัดท่อนได้ขนาดตามต้องการแล้ว ต้องทำการลอกเปลือกออกให้หมด

2. ไม้แปรรูป ก่อนนำไม้แปรรูปไปอาบน้ำยาจะต้องการไส ตกแต่งและตัดท่อนให้ได้ ขนาดตามต้องการ และนำไม้กองฝั่งให้ไม้แห้งเสียก่อน

5.6 สารป้องกันรักษาเนื้อไม้

สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ เป็นสารเคมีที่ใช้อาบน้ำยาไม้เพื่อให้ไม้มีความทนทานต่อ

การทำลายของเชื้อรา แผลง และเพรียงได้ดีขึ้น ซึ่งอาจเป็นสารเคมีเพียงอย่างเดียวหรือผสมกันหลายอย่างทำให้มีลักษณะ ราคา ประสิทธิภาพ และความเหมาะสมแก่การใช้งานในสภาพต่าง ๆ แตกต่างกันไปแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ประเภทน้ำมัน ที่หาได้ง่ายและเหมาะแก่การอาบน้ำยาไม้โตเร็วในชนบทคือ

1.1 น้ำมันดิน หรือน้ำมันเครื่องเก่าที่ใช้แล้ว สามารถทาป้องกันรักษาเนื้อไม้ได้ แต่คุณภาพไม่ดีนัก

1.2 โขลิกนัม เป็นน้ำมันที่มีทั้งชนิดธรรมดาสำหรับอาบน้ำยาไม้ทั่วไป และชนิดพิเศษที่ผสมสีแล้ว มีหลายสีด้วยกัน เช่น ดำ น้ำตาล ใช้ทาไม้แบบเดียวกับการทาสีทั่วไป

2. สารเคมีละลายในน้ำมัน ที่พอจะหาซื้อได้ทั่วไป ได้แก่ เซลล์ไครวูดพีริเซอร์เวทิพ ประกอบด้วยคลอรีน 0.5 % และเพ็นตาคลอโรฟินอล 5 % มีอยู่หลายสี เช่น สีน้ำตาลเข้ม สีชา และแบบไม่มีสีใช้ทาไม้เช่นเดียวกับการทาสีทั่วไป ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงตัวสารเคมีจากคลอรีนและเพ็นตาคลอโรฟินอล ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ตกค้างนานและมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อมไปเป็นสารในกลุ่มสารสังเคราะห์ไพริทรอยด์และสารกันราที่มีประสิทธิภาพดีแต่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น แต่จะยังหาซื้อได้ในชื่อทางการค้าเดิม

3. สารเคมีละลายในน้ำที่หาง่ายและเหมาะแก่การใช้อาบน้ำยาไม้โตเร็วในชนบทได้แก่

3.1 คอปเปอร์ซัลเฟต เรียกทั่วไปว่าจุนสี เป็นตัวยาที่มีพิษต่อเชื้อราปานกลางแต่ป้องกันปลวกและมอดไม้ได้

3.2 โบแรกซ์และกรดบอริก เป็นตัวยาที่มีพิษต่อเชื้อราปานกลาง แต่ป้องกันปลวกไม้ได้กรดบอริกใช้ป้องกันมอดจืดยไม่อย่างพาราไดดี

3.3 ซีซีเอ ตัวยาประกอบด้วยเกลือของพวกทองแดง โครเมียม และสารหนู ใช้ป้องกันเชื้อราและแมลงทำลายไม้ได้ดี เวลาใช้จะผสมน้ำให้มีความเข้มข้น 3-5

6. แผลงศัตรูของไม้สัก

ไม้สักมีแผลงศัตรูมากถึง 72 ชนิด แต่โดยส่วนใหญ่ มักไม่มีการทำลายที่ส่งผลร้ายแรงต่อไม้สัก แต่มีแผลงบางชนิดซึ่งเป็นแผลงที่สามารถทำลายไม้สักได้ในระดับรุนแรงและส่งผลกระทบต่อคุณภาพไม้สัก โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาดูอย่างแผลงศัตรู ที่ทำการเจาะเนื้อไม้สักเป็นหลัก ซึ่งมีดังต่อไปนี้

6.1 หนอนผีเสื้อเจาะต้นสัก

หนอนผีเสื้อเจาะต้นสัก (*Xyleutes ceramicus*) เป็นแมลงที่เป็นอันตรายต่อไม้สัก และเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญ เพราะในระยะที่เป็นหนอนจะเจาะเข้าไปในเนื้อไม้ เพื่อทำให้ไม้เป็นรู และไม้มีคุณภาพต่ำกว่าปกติ ราคาถูก ตัวเต็มวัยจะเป็นผีเสื้อกลางคืน สีน้ำตาล มีเกล็ดดำและขาวกระจายอยู่ทั่วทั้งตัว ตัวเมียสามารถวางไข่ได้ 10,000 – 50,000 ฟอง เป็นกลุ่มอยู่ใต้เปลือกต้นสัก ไข่มีลักษณะรี สีเหลืองสด ระยะหนอน เมื่อฟักตัวจากไข่แล้ว ช่วงแรกหนอนจะอยู่บริเวณเปลือกต้นสัก เมื่อหนอนมีขนาดใหญ่ขึ้น จะเจาะเข้าสู่ลำต้นของสัก เป็นร่องเฉียงขึ้นในแนวตั้ง โดยช่องจะมีขนาดใหญ่ขึ้นตามขนาดของตัวหนอน ซึ่งต้นสักที่ถูกหนอนชนิดนี้ทำลาย จำนวนรูที่เกิดจากหนอนชนิดนี้ จะเกิดแบบสะสมขึ้นทุกปี จนถึงช่วงระยะตัดฟัน



ภาพที่ 2-14 วงจรชีวิตของหนอนเจาะต้นสัก (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2556)



ภาพที่ 2-15 ความเสียหายของเนื้อไม้สัก ที่เกิดจากการเจาะของหนอนเจาะต้นสัก (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2556)



ภาพที่ 2-16 ความเสียหายของเนื้อไม้สัก ที่เกิดจากการเจาะของหนอนเจาะต้นสัก (สำนักวิจัยและ
พัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2556)

การป้องกันและกำจัดหนอนผีเสื้อเจาะต้นสักไม่สามารถใช้วิธีใดวิธีหนึ่งในการป้องกันได้
เนื่องจากหนอนผีเสื้อเจาะต้นสักจะอาศัยอยู่ในต้นสักเป็นระยะเวลานาน ประมาณ 9-10 เดือน
การป้องกัน จึงเป็นเรื่องยาก ดังนั้นการป้องกันและกำจัดที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพ จำเป็นต้องใช้
หลายวิธีในลักษณะแบบผสมผสาน โดยอาศัยวงจรชีวิตของหนอนผีเสื้อเจาะต้นสักเป็นหลัก ดังนี้

ระยะตัวเต็มวัย/ผีเสื้อ ใช้วิธีเก็บผีเสื้อออกจากต้นสัก ซึ่งควรทำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึง
มีนาคม และควรตรวจสอบในช่วงบ่าย เพราะหนอนผีเสื้อจะลอกคราบจากดักแด้เป็นผีเสื้อในเวลา
ช่วงบ่าย วิธีการจับ สามารถทำได้โดยใช้ไม้ยาวเขี่ยให้ตกจากต้น แล้วนำไปทำลาย หรือใช้แสงไฟสีม่วง
(แสงแบล็คไลท์) เป็นกับดักล่อจับผีเสื้อ ควรตั้งกับดักแสงไฟไว้ทั่วพื้นที่

ระยะหนอนขนาดเล็ก จะพบมากในช่วงเดือน มีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม หนอนขนาด
เล็กจะอาศัยอยู่บริเวณเปลือกลำต้น ดังนั้น ควรตรวจสอบรูที่หนอนจะเจาะอย่างละเอียด ซึ่งหากเป็น
พื้นที่ขนาดใหญ่ อาจทำได้ยาก โดยผู้ตรวจสอบ สามารถตรวจสอบได้จากจี้หนอนที่มีลักษณะเป็นขุย
ก้อนสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ดันออกมาจากปากรูที่ถูกเจาะ และอาจมีน้ำยางไหลออกมาาร่วมด้วย หากพบให้
นำมีดขูดออก และนำหนอนไปทำลาย

ระยะหนอนขนาดใหญ่ จะพบในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม หนอนในระยะนี้จะ
เจาะเข้าไปในเนื้อไม้สักลึกถึงบริเวณเนื้อไม้ ซึ่งสังเกตได้จากจี้หนอนจากรูไม้สัก มีสีเหลืองหรือสีน้ำตาล
ซึ่งเป็นสีของเนื้อไม้ ดังนั้นการกำจัดให้ใช้สารเคมีกำจัดแมลง ฉีดอัดเข้าไปในรู หรือใช้สารเคมีอัด
กระป๋องความดันสำเร็จรูปที่มีก้านฉีดสารเคมี ฉีดเข้าไปในรูเพื่อให้หนอนตาย ระยะนี้หนอนจะอาศัยอยู่
ในต้นสักเพียงอย่างเดียว ทำให้การกำจัดเป็นเรื่องที่ยาก แต่จากที่กรมป่าไม้ได้ทำการสังเกต พบว่า
มีหนอนบางตัวตายเนื่องจากเชื้อรา *Beauveria bassiana* เข้าทำลาย

ระยะดักแด้ เป็นระยะที่รอการฟักตัวเป็นผีเสื้อ หนอนจะไม่กินอาหาร ไม่เจาะต้นสัก แต่จะยังอาศัยอยู่ในต้นสัก สามารถใช้ไม้ปิดปากกรูเพื่อไม่ให้ผีเสื้อออกจากกรูได้ เป็นการลดจำนวน การวางไข่ของผีเสื้อลงหรือการควบคุมโดยวิธีธรรมชาติ สามารถใช้แมลงบางประเภท เป็นตัวควบคุม ประชากรของผีเสื้อ หนอน และการวางไข่ ซึ่งแมลงที่เป็นศัตรูโดยธรรมชาติ ได้แก่ มดดำ ซึ่งจะกินไข่ ของผีเสื้อ ตัวหนอน ทำให้จำนวนหนอนลดลง ตักแต่น้ำข้าว จะกินผีเสื้อตัวเต็มวัยเป็นอาหาร

ข้อควรแนะนำ ไม่ควรปลูกไม้สักในลักษณะเชิงเดี่ยวเป็นพื้นที่ใหญ่ หรือแปลงขนาดใหญ่ เพราะหากเกิดการระบาดของหนอนเจาะต้นสัก จะทำให้เกิดการระบาดอย่างรุนแรง

6.2 หนอนกาแฟสีแดง

หนอนกาแฟสีแดง เมื่อฟักตัวออกจากไข่ จะเจาะลำต้นสักเพื่อเข้าไปอาศัยอยู่ในลำต้น ที่มีขนาดเล็ก หรือยอดสักที่มีขนาดไม่เกิน 1 นิ้ว จะกัดกินเนื้อไม้และทำอุโมงค์หรือช่องเป็นทางขึ้นลง อยู่ภายในยอดสัก ขุยไม้ที่หนอนกิน จะมีลักษณะเป็นท่อนเล็ก ๆ ถูกขับออกจากปากกรู ซึ่งรูอาจมีได้ถึง 2-3 รู ตลอดช่องแนวอาศัย โดยทั่วไปหนอนกาแฟสีแดงจะทำลายต้นสักขนาดเล็กที่อยู่ในช่วงอายุ 1-3 ปี จะเป็นการทำลายยอดของต้นสัก หากต้นสักมีอายุเกิน 3 ปี จะพบการทำลายที่กิ่งก้าน ซึ่งส่งผลกระทบต่อ ไม้ไม่นานนัก



ภาพที่ 2-17 ความเสียหายของเนื้อไม้สัก ที่เกิดจากการเจาะของหนอนกาแฟสีแดง (สำนักวิจัยและ พัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2556)

6.3 หนอนสร้างปมในต้นสัก

หนอนสร้างปมในต้นสักหรือหนอนกานต้นสัก เป็นหนอนที่เข้าไปอาศัยอยู่ในต้นสักเป็น ระยะเวลาานเกือบ 1 ปี โดยหนอนสร้างปมในต้นสักจะเจาะเข้าลำต้นสักและกัดกินบริเวณใต้เปลือก รอบต้นสัก ทำให้ต้นสักมีการสร้างเนื้อเยื่อและเนื้อไม้ขึ้นมาอย่างผิดปกติ เกิดการบวมอย่างเห็นได้ชัด เมื่อหนอนมีขนาดใหญ่ขึ้น จะเจาะเนื้อไม้เข้าสู่ลำต้นสัก ทำเป็นร่องหรืออุโมงค์ และกลายเป็นดักแด้

อยู่ภายใน ปมที่เกิดจากหนอนสร้างปมในต้นสักนี้ หากเป็นปมเก่า จะทำให้มีปลวกเข้ามาอาศัย ทำให้เนื้อไม้มีความเสียหายมากขึ้น และต้องกำจัดปลวกเช่นกัน เพื่อลดความเสียหายดังกล่าว



ภาพที่ 2-18 ปมที่เกิดจากหนอนสร้างปมในต้นสักและความเสียหายของไม้สัก (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2556)

สมุนไพรป้องกันแมลง

1. ชนิดของสมุนไพรและผลของการออกฤทธิ์ต่อแมลงศัตรู

สมุนไพรในประเทศไทย และทั่วโลกมีมากมาย มีทั้งคุณสมบัติไล่และพิษ มนุษย์รู้จักการนำสมุนไพร มาใช้เพื่อเป็นอาหาร ยารักษาโรค ใช้เพื่องานเกษตรกรรม ในอดีต คนไทยมักมีคำบอกเล่าถึงการนำสมุนไพรมาใช้ประโยชน์ โดยอาศัยภูมิปัญญาของคนท้องถิ่น กล่าวคือ สมุนไพรบางชนิดสามารถป้องกันแมลงได้ จึงมีการศึกษา วิจัยคำบอกเล่าภูมิปัญญาเหล่านั้น เพื่อพิสูจน์ความจริง หนึ่งในแมลงศัตรูที่มีการทำลายไม้มากที่สุด จะต้องกล่าวถึงปลวกเป็นลำดับต้นๆ ซึ่งปลวกสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่ออาคาร เฟอร์นิเจอร์หรือผลิตภัณฑ์จากไม้ชนิดต่าง ๆ ในการป้องกันและควบคุมไม่ให้ปลวกสร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินต่าง ๆ จะต้องใช้สารเคมีในการป้องกันไม่ให้ทรัพย์สินต่าง ๆ ที่ผลิตจากไม้ เกิดความเสียหาย ซึ่งสารเคมีสามารถออกฤทธิ์ได้อย่างรวดเร็ว แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถสร้างอันตรายต่อผู้ใช้งานได้

การควบคุมปลวก โดยไม่ใช้สารเคมี นับเป็นอีกหนึ่งหนทาง ที่เกษตรกรเลือกใช้ เพื่อไม่ให้พืชผลทางการเกษตร ปนเปื้อนสารเคมี โดยพืชหลายๆ ชนิด มีสารเคมีธรรมชาติ ที่ออกฤทธิ์ในการควบคุมปลวก ซึ่งตัวอย่างพืชที่ออกฤทธิ์ในการควบคุมปลวก ผู้วิจัยสามารถจำแนกตามตารางที่ 2-5 ได้ดังนี้

ตารางที่ 2-5 ตัวอย่างพืชที่ออกฤทธิ์ในการควบคุมปลวก (HDAR – The Organic Organisation)

ชื่อพืช	ผลที่ออกฤทธิ์ต่อปลวก	ส่วนของพืชที่ใช้
Egyptian Thorn	ต่อต้านแมลง	เนื้อไม้
อากาศเว	ขับไล่/ ฆ่าแมลง	ทุกส่วนของต้น
กระเทียม	ขับไล่แมลง ด้านเชื้อรา	หัว
มะม่วงหิมพานต์	ขับไล่แมลง ด้านแมลง	เมล็ด, น้ำมัน
พืหนาม	ขับไล่แมลง ฆ่าแมลง	ทุกส่วนของต้น
สะเดา	ต้านปลวก	ใบ, เมล็ด
มะเดื่อฝรั่ง	ขับไล่แมลง ด้านแมลง	ใช้ทั้งต้น, เมล็ดใหญ่
Shagbark Hickory	ต้านปลวก	เปลือกไม้
ชา	ต้านแมลง	ใบ และผล
มูกวา (Paw Paw)	ต้านทานแมลง	ผล, ใบสด, ราก
ราชพฤกษ์	ขับไล่แมลง	ใช้ใบแห้งแทนปุ๋ย
ต้นสนซีดาร์อินเดีย	ต้านปลวก	เนื้อไม้
wormseed	ฆ่าแมลง	ทุกส่วนของต้น
ตะโกนา	ต้านทานแมลง	ราก
พืชวงศ์กะเพราหรือมินต์	ขับไล่แมลง	ส่วนที่อยู่เหนือดิน
ต้นเลี่ยน	ขับไล่แมลง, ออกฤทธิ์เป็นพิษ จากการสัมผัส	เปลือก, กิ่ง, ใบ, ผล, น้ำมัน
โหระพา	ฆ่าแมลง, ขับไล่แมลง	ใช้ได้ทุกส่วนของต้น
ยี่หระ	ฆ่าแมลง, ขับไล่แมลง	ใช้ได้ทุกส่วนของต้น
Chestnut Oak	ต้านทานปลวก	เปลือก
ไม้สัก	ขับไล่แมลง	เนื้อไม้

จากตารางที่ 2-5 ผู้วิจัยพบสมุนไพรที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นของประเทศไทยอยู่หลายชนิด ซึ่งเป็นที่รู้จักของคนทั่วไป โดยผู้วิจัย สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. กระเทียม

กระเทียม เป็นพืชที่คนไทยรู้จักกันเป็นอย่างดี มักใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารไทยหลายชนิด ซึ่งช่วยในการดับกลิ่นคาว นอกจากนั้นยังมีสรรพคุณทางยา เช่น น้ำมันหอมระเหยของกระเทียมมีสารอัลลิซิน ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ และต่อต้านแบคทีเรียบางชนิดได้

กระเทียมมีสารสำคัญ คือ *Allicin, Diallyl Disulfide* และน้ำมันหอมระเหย (0.6-1.0%) ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าจุลินทรีย์ได้ รวมถึงราและแบคทีเรีย นอกจากนั้นกระเทียมยังสามารถฆ่าและไล่แมลงได้อีกด้วย โดยกลไกสำคัญ คือ การยับยั้งการดูดกินอาหารของแมลง ทำให้แมลงขาดอาหาร โดยกรรมวิธีในการผลิตน้ำยาป้องกันแมลงจากกระเทียม ให้นำกระเทียมสด 500 กรัมทุบให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ไปแช่ในน้ำมันก๊าด หรือน้ำมันเบนซิน 80 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1-2 คืน กรองเอาแต่สารละลายแล้วเติมน้ำสุกลงไปอีก 100 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 เท่า แล้วนำไปพ่นในแปลงผัก เพื่อป้องกันแมลงศัตรู

องค์ประกอบของกระเทียม กระเทียมเป็นพืชสมุนไพรที่มีความซับซ้อนทางเคมี สารน้ำมันหอมระเหยในกระเทียม มีส่วนประกอบของกำมะถัน ซึ่งพบว่าสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยอินทรีย์กำมะถัน เช่น *Diallyl disulphide, Diallyl trisulphide, Methyl ally trisulphide, Ally propyl Glycoside* ฯลฯ และพบว่าในกระเทียมในแต่ละหัว จะมีกำมะถันมากถึง 33 ชนิด แต่สารที่สำคัญ ได้แก่ *Allicin, Alliin* และเอนไซม์ *Alliinase* สาร *Glycoside* จะถูกเปลี่ยนไปเป็น *Allicin* โดยเอนไซม์ *Alliinase* เมื่อเราบดกระเทียม สาร *Allicin* มีฤทธิ์หยุดยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทำให้แบคทีเรียถูกทำลาย นอกจากนี้ สาร *Allicin* ยังมีฤทธิ์ไปกระตุ้นทำให้เกิดการหลั่งน้ำย่อยที่สำคัญบางอย่างในกระเพาะอาหารอีกด้วย

2. ตะไคร้

ตะไคร้เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศอินเดียและศรีลังกา เป็นพืชล้มลุก อายุหลายปี ลักษณะการขึ้นของลำต้น คือ ขึ้นรวมกันเป็นกอหนาแน่น มีความสูงได้ถึง 3 เมตร โดยในประเทศไทยมีการนำตะไคร้มาทำปรุงเป็นอาหาร นอกจากนั้นยังนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น สบู่ เครื่องสำอาง ประโยชน์ทางยาของตะไคร้ ตามการอ้างอิงของตำราสมุนไพรโบราณ ตะไคร้มีฤทธิ์ในการขับลม ช่วยเจริญอาหาร แก้โรคปัสสาวะ

ข้อมูลพฤกษเคมีของตะไคร้ พบว่าตะไคร้สดเป็นพืชที่มีน้ำประกอบ ประมาณ 80% สารน้ำมันระเหย 0.2-0.4% หรืออาจพบมากถึง 3% ขึ้นอยู่กับวิธีสกัดและพื้นที่ปลูก

ตะไคร้มีฤทธิ์ในการต้านแมลง โดยในใบแห้งจะสามารถสกัดเมธานอลได้ โดยนักวิจัยได้ทำการทดลองทาเมธานอล ความเข้มข้น 2-2.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ลงบนผิวหนัง สามารถป้องกันยุงก้นปล่อง *Anopheles arabiensis* Patton กัดได้นาน 12 ชม โดยมีค่าการป้องกันยุงได้ 68.06 % และ 78.83 % ตามลำดับ 64 สาร *geranial* และ *neral* เป็นสารออกฤทธิ์หลักในการไล่ยุง สาร *terpene* เหล่านี้ที่ความเข้มข้น 0.1 มก/มล มีฤทธิ์ไล่ยุงรำคาญ (*Culex pipiens pallens*, *Culex pipiens quinquefasciatus*) และยุงลาย (*Aedes albopictus*) น้ำมันหอมระเหยที่ประกอบด้วย *geranial* (34.4%), *neral* (28.4%) และ *geraniol* (11.5%) มีฤทธิ์ไล่มอดแป้ง (*Tribolium castaneum* Herbst) ได้

3. สะเดา

สะเดาเป็นพืชที่คนไทยรู้จักกันเป็นอย่างดี เป็นพืชโตเร็ว ในประเทศไทย สะเดาที่พบมากมีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ สะเดาไทยพบได้ทั่วไป สะเดาอินเดีย พบมากในบริเวณชายทะเลและทางภาคเหนือ และสะเดาช้าง ซึ่งพบมากทางภาคใต้ของประเทศไทย

สะเดาสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ สะเดายอดเขียว ซึ่งมีความขมน้อยกว่า หรือที่เรียกว่า สะเดาหวานหรือสะเดามัน และอีกชนิด คือ สะเดายอดแดงซึ่งมีความขมมากกว่า

มนุษย์มักนำสะเดามาใช้ประโยชน์ได้มากมาย ในประเทศอินเดีย มีการใช้ประโยชน์จากสะเดาเป็นเวลาหลายร้อยปี ซึ่งชาวอินเดียถือว่าเป็นพืชศักดิ์สิทธิ์ โดยสามารถทำเป็นยารักษาโรค สบู่ เครื่องสำอาง อาหารสัตว์ สารป้องกันศัตรูพืชได้ ซึ่งโดยทั่วไป สามารถแบ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากต้นสะเดาเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์จากไม้สะเดา

เนื้อไม้สะเดาเป็นเนื้อไม้ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับไม้สัก โดยมีการนำเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การสร้างบ้าน ประติมากรรม วงกบ เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

2. ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่เนื้อไม้

ใบสะเดา มีรสขม ซึ่งประกอบไปด้วยสารหลายชนิด ได้แก่ นิมบิโน (Nimbin) นิมบิโน (Nimbinene) นิมแบนดิโอล (Nimbandiol) นิมโบลิด (Nimbolide) 6-เดส-อะซิติก นิมบิโน (6-Dasacetyl Nimbinene) และควิซิติน (Quercitin) ในอินเดีย มีการนำใบสะเดาไปต้ม ซึ่งสามารถใช้รักษาโรค เช่น โรคหัด อีสุกอีใส โรคหัวใจ วัณโรค ท้องร่วง เบาหวาน เป็นต้น และนำไปใส่ตามเสื้อผ้าหรือใส่ตามเมล็ดพืช เพื่อป้องกันแมลง สารสกัดจากใบสะเดาสามารถยับยั้งสารอะฟลาท็อกซิน (Aflatoxin) ในเมล็ดพืชได้ แต่ไม่ได้ฆ่าเชื้อรา *Aspergillus Flavus* และ *A. Parasiticus*

กิ่ง มักนำไปใช้แทนแปรงสีฟันและยาสีฟัน

ผลและเมล็ด ใช้เป็นอาหารนก และฆ่าเชื้อโรค น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดสะเดา นำไปใช้ในอุตสาหกรรมสบู่ ยาสีฟัน ยารักษาเส้นผม ยาคุมกำเนิด รักษาแผลแมลงสัตว์กัดต่อย ยารักษาโรคปวดข้อ และเป็นสารฆ่าแมลงบางชนิด

ภายหลัง มีการนำเมล็ดมาสกัดเป็นน้ำมันสะเดา ส่วนกากจากการสกัดน้ำมัน มีการนำไปสกัดด้วยน้ำหรือแอลกอฮอล์ เพื่อสกัดสารอะซาไดเรคติน (Azadirachtin : AZA) เพื่อใช้เป็นสารกำจัดแมลง ซึ่งกากจากการสกัด เรียกว่า นิมเค้ก (Neem Cake) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น เช่น ผสมกากน้ำตาลเพื่อเป็นอาหารสัตว์ ทำปุ๋ย สารฆ่าแมลง หรือ ยาฆ่าโรคพืชและไส้เดือนฝอยบางชนิด

สารเคมีในส่วนต่าง ๆ ของสะเดา เช่น ใบ ผล เมล็ดและเปลือก จะมีสารบางตัวเหมือนกัน และบางตัวที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีผลต่อการป้องกันและกำจัดแมลง ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า สารที่มีฤทธิ์ในการกำจัดแมลงได้มากที่สุด คือ สารอะซาไดเรคติน (Azadirachtin : AZA) ซึ่งพบมากในเมล็ด (Seed Kernel) ซึ่งมีหลายอนุพันธ์ โดยอนุพันธ์ที่มีมากที่สุดในปริมาณ 85% คือ สารอะซาไดเรคตินเอ (Azadirachtin – A) แต่สารสกัดจากสะเดาจะมีผลในการป้องกันและกำจัดแมลงจะได้ผลดีหรือไม่ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับสารอะซาไดเรคตินเพียงอย่างเดียว แต่สารเคมีชนิดอื่น ๆ ก็มีผลต่อการกำจัดแมลงเช่นเดียวกัน ได้แก่ เมลิแอนทรีโอล (Meliantriol) सालานิน (Salannin) นิมบีน (Nimbin) นิมโบลิด (Nimbolide) และเกดุนิน (Gedunin) เป็นต้น โดยสารสกัดจากสะเดานั้น มีผลต่อแมลงตัวอ่อน ซึ่งช่วยให้แมลงไม่ลอกคราบ

โดยทั่วไปสารเคมีที่ออกฤทธิ์ป้องกันและกำจัดแมลง ในน้ำยาฆ่าแมลงสลายตัวไป ประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดแมลงก็จะลดตามลงไปด้วย จนถึงขั้นไม่สามารถใช้กำจัดแมลงได้ ในการเตรียมน้ำยาสะเดา สารอะซาไดเรคตินจะค่อย ๆ สลายไปเป็นสารอื่น แต่ถึงแม้ว่าปริมาณสารจะลดลง แต่ในการวิจัยพบว่า ภายใน 1 ปี ประสิทธิภาพของสารสกัดยังคงมีฤทธิ์อยู่ใกล้เคียงกับจุดเริ่มต้น แต่ในการผลิตน้ำยาสะเดา ต้องมีสารอะซาไดเรคตินอยู่ไม่น้อยกว่า 0.2%

3.1 วิธีการสกัดสารจากสะเดา

โดยทั่วไป ชาวบ้านจะสามารถผลิตใช้เองได้ โดยใช้ น้ำเป็นตัวสกัด โดยสกัดจากผล บดละเอียด หรือเมล็ดบดละเอียด ซึ่งกรรมวิธีการในการสกัด มีดังนี้

1. ผลแห้งหรือเมล็ดบดละเอียด จำนวน 10 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะบรรจุ
2. เติมน้ำให้ท่วมประมาณ 200 ลิตร (1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร)
3. แช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

4. ในระหว่างการแช่ ให้คนจนผงสะเดากับน้ำรวมตัวกันหรือบางราย อาจแช่ครั้งแรก 3 ชั่วโมง จึงกรองน้ำยาออก จากนั้นเติมน้ำเข้าไปในกากสะเดาใหม่ แต่ใช้ปริมาณน้ำน้อยลงเหลือ 100 – 150 ลิตร แล้วแช่ไว้ 24 ชั่วโมง จึงกรองน้ำออก

3.2 ข้อควรระวังในการใช้สารสกัดจากสะเดา

สารสกัดจากสะเดา เป็นสารสกัดจากธรรมชาติ ซึ่งมีจุดอ่อนบางประการ เช่น สารออกฤทธิ์ไม่คงทน สลายตัวได้ง่ายเมื่อเก็บไว้ในระยะเวลาสั้น สารเคมีสลายตัวเร็ว เมื่อถูกกับแสงอาทิตย์ จึงต้องฉีดสารเข้าไปบ่อยครั้งมากกว่าสารเคมีสังเคราะห์ และสารเคมีจากสะเดา ออกฤทธิ์กับแมลงบางชนิดเท่านั้น

สารสกัดจากสะเดา จะใช้ได้ผลดี หากแมลงศัตรูนั้น เป็นแมลงที่อ่อนแอต่อสะเดา เช่น หนอนกระทู้ชนิดต่าง ๆ หนอนใยผัก หนอนแก้ว เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไก่แจ้ ซึ่งแมลงศัตรูเหล่านี้สามารถใช้สารสกัดจากสะเดาเพียงอย่างเดียว

สารสกัดจากสะเดา สลายตัวได้ค่อนข้างเร็ว โดยทั่วไป เกษตรกรควรพ่นทุก ๆ 5-7 วัน และควรป้องกันไม่ให้ถูกกับแสงแดดมากนัก เพราะ สารเคมีจะสลายตัวได้เร็ว หากสารเคมีถูกกับแสงแดด

4. จี๋เหล็ก

จี๋เหล็กเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กไปถึงปานกลาง ผลัดใบ สูงประมาณ 8-15 เมตร มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cassia siamea* Lam. จี๋เหล็กถูกเรียกไปชื่อไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่น จี๋เหล็กแก่น (ราชบุรี) จี๋เหล็กบ้าน (ลำปาง) จี๋เหล็กหลวง (ภาคเหนือ) จี๋เหล็กใหญ่ (ภาคกลางบางพื้นที่) ผักจี๋ลี (รัฐฉาน-แม่ฮ่องสอน) ยะหา (มาเลเซีย – บัตานี) จี๋เหล็กจิหรี (ภาคใต้) เป็นต้น

จี๋เหล็ก มีส่วนของต้นที่สามารถใช้ทำเป็นยาได้ เช่น ยอดอ่อน ใบ ดอก เป็นต้น โดยสารเคมีที่ออกฤทธิ์ทางธรรมชาติ ได้แก่ สารจำพวกโครโมน (พบในใบและดอก) สารแอนทราควิโนน (พบในแก่นและใบ) แอลคาลอยด์บางชนิด เช่น ซิามีน (Siamine) แคสเซียมิน (Cassiamine) ในการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา พบว่า สารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ของใบจี๋เหล็ก มีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง ทำให้สัตว์ทดลองซึม เคลื่อนไหวได้ช้า ชอบชุกตัวแต่ไม่หลับ และศึกษากับผู้ป่วยที่มีอาการนอนไม่หลับ ภาวะวุ่นวาย พบว่า สารสกัดจากใบจี๋เหล็กด้วยแอลกอฮอล์ มีฤทธิ์สงบประสาทได้ดี ช่วยให้นอนหลับ ระวังการตื่นเต้นทางระบบประสาทได้ แต่ไม่ใช่ยานอนหลับโดยตรง และไม่พบอาการเป็นพิษ มีความปลอดภัยในการใช้สูง

2. สารป้องกันและกำจัดแมลงศัตรู

ปลวกเป็นแมลงที่ทำลายต่ออาคาร สืบค้นจากไม้ บ้านเรือนต่าง ๆ คิดเป็นมูลค่าหลายร้อยล้านบาทต่อปี โดยปลวกอาศัยอยู่ในดิน จะทำทางเดินจากดินขึ้นมาตามรอยแตกของพื้นคอนกรีต หรือรอยต่อระหว่างเสาหรือผนัง เพื่อเข้ามาทำลายโครงสร้างที่ทำจากไม้ภายในอาคาร ตลอดจนเครื่องเรือนหรือเครื่องมือเครื่องใช้ที่ทำจากไม้ โดยวิธีการป้องกันและกำจัดปลวก อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 การป้องกันโดยไม่ใช่สารเคมี

1. การป้องกันโดยไม่ใช่เคมี ซึ่งแบ่งได้หลายวิธี ดังนี้

การใช้ศัตรูธรรมชาติ เช่น การใช้เชื้อราสกุล *Methaphizium* และ *Beauveria* หรือแบคทีเรียชนิด *Becillus thuringiensis* เป็นต้น

2. การใช้กับดักแสงไฟ ดึงดูดหรือจับไล่แมลงเม่าที่จะผสมพันธุ์ ส่งผลให้ปริมาณของปลวกที่จะเกิดใหม่ลดลง

2.2 การป้องกันโดยใช้สารเคมี

1. การฉีดพ่นหรืออัดสารเคมี ลงในพื้นดิน

2. การใช้เหยื่อที่ส่งผลต่อการลดคราบของปลวก ทำให้ปลวกไม่สามารถลอกคราบได้ และตายในที่สุด ซึ่งปลวกที่ได้รับสารนี้จะไม่ตาย แต่จะเป็นพาหะนำสารไปแพร่เชื้อให้ตัวอื่น ๆ ผ่านทางปาก และร่างกาย แต่ข้อเสียคือ จะใช้เวลานานกว่าปกติ กว่าตายทั้งรัง

สารเคมีกำจัดปลวก ที่พบในประเทศไทย แบ่งเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) ซึ่งมีอันตรายต่อคนและสัตว์ รวมถึงมีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม

2. กลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (Synthetic Pyrethroid) เดิมเป็นสารสกัดจากพืช แต่มีการสังเคราะห์อย่างรวดเร็ว จึงได้มีการสังเคราะห์สารขึ้นมาใหม่เพื่อให้อยู่ในสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น

3. กลุ่มอื่น ๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่

- กลุ่มคลอโรนิโคลิตินิน (Chloronicuetinyl)

- กลุ่มเฟนนิลไพราโซล (Phenyl Pyrazole)

- กลุ่มซิลเลน (Silane)

4. การใช้สารป้องกันเนื้อไม้ ซึ่งมีคุณสมบัติทั้งสารกำจัดแมลงและสารกำจัดเชื้อรา

5. การใช้สารสกัดจากพืช เช่น ใบยูคาลิปตัส ใบเสมีด ใบหรือเมล็ดสะเดา ใบกะเพรา เป็นต้น สารสกัดพืชนั้น อาจใช้ส่วนของน้ำมันระเหย ซึ่งออกฤทธิ์เร็ว แต่อายุการใช้งานสั้น หรืออาจใช้ใน รูปแบบของสารสกัดในสารละลายต่าง ๆ เช่น *Petroleum Ether*, *Chloroform* และ *Ethyl Acetate* เป็นต้น

หลักการออกแบบ

1. ความหมายของการออกแบบ

การออกแบบ (Design) เป็นการสะท้อนลักษณะการคิดของมนุษย์อย่างเป็นขั้นตอนโดยอาศัยเหตุผลในการตอบสนองทางความคิด ทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาของมนุษย์ในปัจจุบันและอนาคต การคิดของมนุษย์นั้นเป็นการคิดที่ไม่หยุดนิ่ง ซึ่งกระบวนการออกแบบจะถ่ายทอดลักษณะการคิดของมนุษย์ออกมาเป็นรูปธรรมและนามธรรม โดยมีผู้ที่นิยามความหมายของคำว่า การออกแบบไว้ ดังนี้

นวนล้อย บุญวงศ์ (2539, หน้า 16) กล่าวไว้ว่า งานออกแบบเป็นผลงานของมนุษย์ที่กล่าวได้ว่าเป็นปฏิบัติการต่อสภาพแวดล้อม เมื่อมนุษย์มีความไม่พอใจกับสิ่งที่มีหรือเป็นอยู่ ได้รับแรงบันดาลใจ ตลอดจนวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาจากการเรียนรู้กระบวนการธรรมชาติ ผลงานออกแบบของมนุษย์จึงเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการ ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้มนุษย์พยายามคิดสร้างสรรค์

ศิริพรณ์ ปีเตอร์ (2550, หน้า 106) กล่าวไว้ว่า การออกแบบ หมายถึง การสร้างสรรค์สิ่งที คาดว่าจะนำไปผลิต โดยมีการวางแผน การวาดภาพเพื่อให้สามารถดำเนินการผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม ซึ่งการศึกษาทางด้านการออกแบบ เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการศึกษาทางด้านปรัชญาของการออกแบบ หลักการออกแบบ และกระบวนการออกแบบ ซึ่งการออกแบบสามารถแบ่งออกได้หลายสาขาวิชา

ธนศ ภิรมย์การ (2548, หน้า 1) กล่าวไว้ว่า การออกแบบ เป็นกิจกรรมของมนุษย์ที่ควบคู่กับการดำรงชีวิต เพราะในการดำรงชีวิตของมนุษย์นั้น จะต้องมีการกำหนด มีการวางแผนเป็นขั้นเป็นตอนต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมที่มีความเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ โดยให้มีความสุขสมบูรณ์ ซึ่งการออกแบบ อาจหมายถึง การวางแผน การกำหนดความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์ (to Conceive) หรือวางแผน (to Plan) หรือการกระทำ (to Execute) ในระดับคุณภาพ ผลผลิตที่ได้ มีประโยชน์ที่สามารถพิจารณาได้ 2 ประเด็น คือ ประโยชน์และความงาม (Functional and Beauty)

ประเสริฐ พิษยะสุนทร (2557, หน้า 14) การออกแบบ คือ การสร้างสิ่งใหม่ และการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงของเดิมให้ดีขึ้น ด้วยการใช้หลักทัศนธาตุ องค์ประกอบทางศิลปะ ทฤษฎีต่าง ๆ เป็นแนวทาง และใช้วัสดุนานาชาติเป็นวัตถุดิบในการสร้างสรรค์งาน ตามวิธีการที่เหมาะสม ตามแบบแผนและจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

อุดมศักดิ์ สาริบุตร (2549, หน้า 2) กล่าวว่า การออกแบบ คือ การรวบรวม หรือจัดองค์ประกอบทั้งที่เป็นงาน 2 มิติ และ 3 มิติ เข้าด้วยกันอย่างมีหลักเกณฑ์ ในการนำองค์ประกอบของการออกแบบมาจัดรวมกัน ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงผลประโยชน์ใช้สอย ความงามอันเป็นลักษณะสำคัญที่พึงมีของการออกแบบ การออกแบบเป็นศิลปะของมนุษย์ เนื่องจากการสร้างค่านิยมทางความงามและการตอบสนองการใช้ประโยชน์ใช้สอยที่คุ้มค่าให้แก่ผู้ใช้

ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา (2562) กล่าวว่า การออกแบบ หมายถึง ศาสตร์และศิลป์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการประยุกต์เพื่อสร้างสรรค์โดยอาศัยการผสมผสานระหว่างศาสตร์และศิลป์ เพื่อการแก้ไขสภาพปัญหาที่พบ หรือเพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายที่มนุษย์ต้องการ ซึ่งเป็นการตอบสนองความต้องการที่ไม่สิ้นสุดของมนุษย์ในปัจจุบันและอนาคต

Good (1973, หน้า 165) กล่าวว่า การออกแบบ เป็นการวางแผนหรือกำหนดรูปแบบรวมทั้งการตกแต่งในโครงสร้างรูปทรงของงานศิลปะ ทัศนศิลป์ดนตรี ตลอดจนวรรณกรรม

Baxter (1995, หน้า 611) กล่าวว่า การออกแบบเป็นการจัดแต่งองค์ประกอบมูลฐานในการสร้างงานศิลปกรรม เครื่องจักร หรือประดิษฐกรรมของมนุษย์

Gross (2000, หน้า 165) ได้จำกัดความคำว่า การออกแบบไว้ว่า เป็นการวางแผนหรือกำหนดรูปแบบซึ่งรวมทั้งการตกแต่งในโครงสร้างรูปทรงของงานศิลปกรรม ด้วยตัวกลางต่าง ๆ ในการแสดงออกทางศิลป์ ดนตรี ตลอดจนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้สรุปความหมายของการออกแบบ คือ กระบวนการสร้างสรรค์ผลงานหรือปรับปรุงผลงานให้เกิดการพัฒนาขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาหรือประเด็นที่ศึกษา โดยอาศัยการผสมผสานกันระหว่างศาสตร์และศิลป์ มีการวางแผนอย่างเป็นขั้นเป็นตอน มีเหตุผลในการศึกษาและถ่ายทอดผลงาน การออกแบบเป็นการตอบสนองต่อความต้องการที่ไม่สิ้นสุดของมนุษย์ คำนึงถึงการตอบสนองต่อประโยชน์ใช้สอยของมนุษย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

2. ลักษณะการออกแบบ

การออกแบบเป็นสิ่งที่สะท้อนลักษณะทางการคิดของมนุษย์ออกมาอย่างเป็นรูปธรรม มีลำดับขั้นตอน อาศัยเหตุผลในการตอบสนองต่อการพัฒนาของมนุษย์ โดยการออกแบบ สามารถแบ่งออกเป็น 6 คุณลักษณะ ดังนี้ (ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา, 2562 หน้า 90-95)

2.1 การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) เป็นรูปแบบของการออกแบบที่มุ่งเน้นนำเสนอความสวยงามที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ ด้วยการผสมผสานความคิดสร้างสรรค์เพื่อให้เกิดความแปลกใหม่ ก่อให้เกิดความรู้สึกที่สะท้อนใจและเร้าใจ ลักษณะงานออกแบบสร้างสรรค์ที่พบ เช่น งานออกแบบจิตรกรรม (Painting) งานออกแบบประติมากรรม (Sculpture) งานออกแบบภาพพิมพ์ (Printmaking) งานออกแบบภาพถ่าย (Photography) งานออกแบบสื่อประสม (Mixed Media)

2.2 การออกแบบสัญลักษณ์และเครื่องหมาย (Symbol & Sign) เป็นการออกแบบสื่อประเภทหนึ่งที่ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูล หรือข้อความระหว่างผู้ส่งสารไปยังผู้รับสาร โดยมีลักษณะเป็นสื่อผสมผสานกับงานศิลปะ เพื่อใช้สำหรับการสื่อสารที่รวดเร็ว กระชับ เข้าใจได้ง่าย ซึ่งนักออกแบบต้องผสมผสานความรู้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการส่งสารไปสู่ผู้รับสาร โดยตัดทอนให้อยู่ในรูปแบบของสัญลักษณ์หรือเครื่องหมายที่สามารถสื่อสารได้

2.3 การออกแบบโครงสร้าง (Structural Design) เป็นรูปแบบของการออกแบบสร้างสรรค์ที่ผสมผสานศาสตร์ที่หลากหลาย เพื่อการออกแบบโครงสร้างสำหรับการยึดเหนี่ยวอาคาร สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่ต้องการความแข็งแรงและคงทนถาวร ต้องอาศัยทักษะการคำนวณ วิเคราะห์ เพื่อออกแบบโครงสร้างที่สามารถรับรองรับน้ำหนัก หรือแรงโน้มถ่วงของโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถือเป็นงานออกแบบที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของผู้ใช้งานสูง

2.4 การออกแบบหุ่นจำลอง (Model) เป็นการสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยวัสดุ เพื่อเลียนแบบของจริง ในลักษณะงานสามมิติที่สามารถมองเห็นได้รอบด้าน โดยเกิดขึ้นเพื่อการเรียนรู้ พัฒนา และทดสอบถึงข้อจำกัดบางประการ ก่อนที่จะสร้างต้นแบบจริง และช่วยลดโอกาสในการผิดพลาดและลดความเสี่ยงต่อการล้มเหลวของกระบวนการผลิตจริง หุ่นจำลองมีหน้าที่ทดสอบและเรียนรู้ข้อจำกัดเบื้องต้นก่อนผลิตจริง

2.5 การออกแบบสิ่งพิมพ์ (Printing Design) เป็นการสร้างสรรค์ผลงานหรือสื่อพิมพ์ ลวดลายหรือตัวอักษรลงบนผ้า หนังสั้ว กระดาษ หรือในปัจจุบันมีการรวมสิ่งพิมพ์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สื่อสารหรือก่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน โดยอาศัยข้อความ ข้อเขียน และภาพประกอบเป็นการนำเสนอความคิดหรือข้อมูล

2.6 การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) เป็นกระบวนการออกแบบที่เกิดขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการเครื่องใช้และสิ่งอำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ มุ่งเน้นการผลิตเป็นจำนวนมากในระบบอุตสาหกรรม หรือการตอบสนองกลุ่มชุมชน หรือกลุ่มคน จำนวนน้อยกว่าระบบอุตสาหกรรม เช่น ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบงานหัตถกรรมหรืองานหัตถอุตสาหกรรม การออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ด้วยการผสมผสานประโยชน์ใช้สอยร่วมกับความงามของการออกแบบผลิตภัณฑ์

3. ประเภทของผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย โดยมักแบ่งตามวัตถุประสงค์ของการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน ซึ่งสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์เป็น 2 ประเภท ดังนี้ (ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา, 2562 หน้า 96-98)

3.1 ผลิตภัณฑ์บริโภค (Consumer Product) เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปแบบที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เน้นการตอบสนองผู้บริโภคที่ใช้งานผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป สะดวกต่อการซื้อไปใช้งาน เพื่อการบริโภคของผู้ใช้งานโดยตรง ในรูปแบบเพื่อใช้ส่วนตัวหรือใช้ในครัวเรือน การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้บริโภค สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

3.1.1 ผลิตภัณฑ์สะดวกซื้อ เป็นผลิตภัณฑ์ที่กลุ่มผู้บริโภคมีความต้องการซื้อ เพื่อใช้ส่วนตัวหรือการใช้งานภายในครัวเรือนเป็นประจำ และมีความต้องการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานในชีวิตประจำวันมากที่สุด

3.1.2 ผลิตภัณฑ์เลือกซื้อ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคมีความต้องการนำมาใช้งาน โดยมีการเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะทำการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการทางด้านร่างกายและจิตใจของผู้บริโภค

3.1.3 ผลิตภัณฑ์เจาะจงซื้อ เป็นผลิตภัณฑ์ที่กลุ่มผู้บริโภคมีความต้องการเลือกซื้อ เฉพาะมุ่งเน้นความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ หรือมีคุณสมบัติโดดเด่น สามารถแสดงความพิเศษที่เฉพาะตัว

3.1.4 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่แสวงหาซื้อ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่ ไม่เป็นที่รู้จักในตลาด ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มักประสบปัญหาจากการเป็นสิ่งที่ไม่เคยมีมาก่อน ผู้บริโภคไม่มีความรู้หรือยังไม่รู้จัก และไม่ปรากฏทางความคิดของผู้บริโภค

3.2 ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Industrial Product) เป็นผลิตภัณฑ์หรือสินค้าที่นำไปใช้ร่วมในกระบวนการผลิต เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ ในลักษณะขององค์ประกอบในขั้นตอนการผลิตสินค้าประเภทผลิตภัณฑ์บริโภค เช่น วัตถุดิบ ชิ้นส่วนประกอบ การประกอบและเครื่องจักรอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในลักษณะของสิ่งที่สามารถนำไปต่อยอดได้ หรือเป็นองค์ประกอบในกระบวนการผลิต หรือสร้างสรรค์ต่อในเชิงอุตสาหกรรม มักเป็นสินค้าที่ผลิตจำนวนมาก เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในสังคม ซึ่งผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีลักษณะ ดังนี้

3.2.1 วัตถุดิบ เป็นสินค้าที่เกิดขึ้นขึ้นจากธรรมชาติ ทรัพยากรธรรมชาติและมนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้น ซึ่งเป็นสินค้าตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการผลิตสินค้า

3.2.2 วัสดุและชิ้นส่วนประกอบ เป็นสินค้าที่อยู่ในรูปของชิ้นส่วนใช้ร่วมในขั้นตอนการผลิต การประกอบสินค้าสำเร็จรูป เพื่อให้เกิดสินค้าสำเร็จรูปขึ้น ซึ่งต้องอาศัยวัสดุ และชิ้นส่วนประกอบจำนวนมากเพื่อใช้ผลิตในระบบอุตสาหกรรม

3.2.3 สิ่งติดตั้ง มักอยู่ในรูปแบบสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ประเภททุน เป็นสินค้าที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ หรือเคลื่อนย้ายได้ยาก มีอายุการใช้งานยืนยาว เช่น เครื่องจักร อาคาร สถานที่ เป็นต้น

3.2.4 อุปกรณ์ประกอบ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับผู้ผลิต (แรงงาน) มุ่งเน้นเพื่อประกอบและติดตั้งชิ้นงานในขั้นตอนการผลิตเพื่อจัดจำหน่าย

3.2.5 วัสดุสิ้นเปลือง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าไม่สูงมาก มีลักษณะใช้งานแล้วหมดไป หรือมีอายุการใช้งานที่สั้น

4. หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

โดยทั่วไป การออกแบบผลิตภัณฑ์ในเชิงอุตสาหกรรม ต้องอาศัยกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้ตามความต้องการอย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับความต้องการของตลาด โดยหลักการออกแบบ มีดังนี้ (อุคมศักดิ์ สาริบุตร, 2549, หน้า 10-12) (ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา, 2562, หน้า 118-126) (นิรัช สุดสังข์, 2548)

4.1 หน้าที่ใช้สอย (Function) เป็นการออกแบบให้เกิดความเหมาะสมของการใช้งาน เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของหน้าที่ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เกิดประโยชน์ใช้สอย และตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์นั้น ได้ดี

4.2 ความปลอดภัย (Safety) นักออกแบบต้องพิจารณาด้านความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยตั้งแต่ก่อนใช้งาน ระหว่างใช้งาน และหลังใช้งาน เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายโดยรวม

4.3 ความแข็งแรงทนทาน (Durability) ผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นต้องมีความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ตอบสนองต่อหน้าที่ได้เป็นระยะเวลานานตามที่กำหนดในคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

4.4 ความประหยัด (Economic) ผลิตภัณฑ์ต้องตอบสนองต่อด้านเศรษฐศาสตร์ คือ ต้องใช้วัสดุอย่างประหยัด เลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ โดยที่มีราคาไม่แพง วัสดุต้องหาได้ง่ายในท้องถิ่น มีการผลิตได้ง่าย หรือสามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเพื่อทดแทนกันได้ รวมถึงพิจารณาทางด้านราคา (Cost) ใช้ต้นทุนประหยัด แต่สามารถสร้างกำไรได้อย่างเหมาะสม

4.5 วัสดุ (Material) การพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสม สอดคล้องต่อความต้องการใช้งานในการผลิต การใช้งานต้องมีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน มีความทนทานและประหยัด การนำวัสดุมาใช้ นั้น นักออกแบบต้องพิจารณาปัจจัยด้านราคา การขนส่ง กระบวนการใช้งาน การผลิตด้วยเครื่องจักร ลักษณะการใช้งานของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เป็นต้น

4.6 โครงสร้าง (Construction) การออกแบบโครงสร้างเพื่อประกอบเป็นผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรม โครงสร้างผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ต้องเหมาะสมกับหน้าที่และการใช้สอยของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดความทนทาน ประหยัดวัสดุ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้าง เช่น ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุ การขึ้นรูป การแปรสภาพ ความแข็งแรง ขั้นตอนการผลิตและราคา

4.7 ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Ergonomics) ต้องคำนึงถึงร่างกายและขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับมนุษย์ที่มีความแตกต่างกันในแต่ละเพศ ช่วงวัย อายุ ต้องมีการวิเคราะห์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมสอดคล้องกับกล้ามเนื้อและอวัยวะของมนุษย์ที่เกี่ยวข้อง

4.8 ความสวยงาม (Aesthetic) เป็นการสื่อสารลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เป็นรูปธรรม ไปยังผู้ใช้ ซึ่งรับรู้ลักษณะความรู้สึกที่เป็นนามธรรม ซึ่งนักออกแบบถ่ายทอดความรู้สึกผ่านทางรูปร่างและรูปทรงของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบ โดยความสวยงามมักเปลี่ยนไปตามรสนิยม ความเชื่อ หรือมุมมองของผู้พบเห็นแต่ละบุคคล

4.9 ลักษณะเฉพาะ (Personality) เป็นการนำเสนอเอกลักษณ์ที่มีความเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ สามารถบ่งบอกแหล่งที่มาของการผลิต ลักษณะรูปร่าง รูปทรง สี สัน เส้นสายของการออกแบบที่สามารถสื่อสารถึงกลุ่มผู้ผลิต ผู้ใช้งาน ได้ รวมถึงยังเป็นการสะท้อนตัวตนและทัศนคติของ

ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์เหล่านั้น โดยมักปรากฏในงานที่แสดงความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ผลิตภัณฑ์เฉพาะถิ่น ที่สามารถสังเกตที่สามารถสังเกตหรือรับรู้ได้จากการสัมผัส

4.10 กรรมวิธีการผลิต (Production) หลังจากกระบวนการออกแบบ การพิจารณาการผลิตที่มีความสอดคล้องกับคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำเข้าสู่กระบวนการผลิตในระบบอุตสาหกรรม เน้นการผลิตในปริมาณมาก ใช้ต้นทุนต่ำ ซึ่งการผลิตต้องอาศัยเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองกลุ่มผู้ใช้งานจำนวนมาก

4.11 การซ่อมบำรุงรักษา (Easy of Maintenance) ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาแล้ว ต้องสามารถซ่อมแซม บำรุงรักษาได้ง่าย สะดวก ไม่ยุ่งยาก มีต้นทุนในการบำรุงรักษาไม่สูง เหมาะสมกับราคาที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ โดยนักออกแบบต้องวางแผนตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ เพื่อคาดการณ์กระบวนการซ่อมบำรุง หากเกิดความเสียหายขึ้นจากการใช้งาน การซ่อมบำรุงต้องสามารถใช้ชิ้นส่วนประกอบทดแทนกันได้ ซ่อมบำรุงได้ง่าย เป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน

4.12 การขนส่ง (Transportation) การออกแบบผลิตภัณฑ์จะต้องคำนึงถึงการขนส่งผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผลิตภัณฑ์ ก่อนการนำผลิตภัณฑ์ไปสู่ผู้บริโภค และต้องมีการออกแบบบรรจุภัณฑ์หรือหีบห่อสำหรับการขนส่ง เพื่อให้บรรจุภัณฑ์มีความสมบูรณ์ ซึ่งต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์มีต้นทุนที่สูง ด้วยปัจจัยด้านค่าเชื้อเพลิง ระยะทางและเส้นทางการขนส่ง ขนาดของผลิตภัณฑ์ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ค่าบุคลากรและค่าเสื่อมของเครื่องจักร เป็นต้นซึ่งเป็นปัจจัยที่นักออกแบบต้องพิจารณา

5. การประเมินผลการออกแบบผลิตภัณฑ์

การประเมินผลของการออกแบบ มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะผลจากการประเมินสามารถช่วยให้ผู้ออกแบบ หรือผู้ผลิตรู้ถึงสถานะปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังจากการออกแบบ ซึ่งวิธีการประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์แต่ละช่วงของวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เรียกว่า วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) (อุดมศักดิ์ สาริบุตร และคณะ, 2552)

5.1 การประเมินผลการออกแบบผลิตภัณฑ์ นักออกแบบจะต้องกำหนดขอบเขตของการศึกษา เพื่อการประเมิน ดังนี้

1. กำหนดหน่วยของการทำงาน หน้าที่ของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติพื้นฐาน ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ความคงทนของผลิตภัณฑ์

2. กำหนดขอบเขตของระบบ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ภายใต้กรอบการประเมินที่กำหนด

3. กำหนดข้อมูล และคุณภาพของข้อมูลเช่น ภูมิศาสตร์ เทคโนโลยี ความครบถ้วนของข้อมูล ความเป็นตัวแทนของข้อมูล แหล่งที่มาของข้อมูล เป็นต้น

4. กำหนดการแบ่งส่วนตามน้ำหนัก มูลค่า หรืออื่น ๆ

5.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ แบ่งขั้นตอนเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. กำหนดเป้าหมายและขอบเขตในการศึกษา ขั้นตอนนี้มีความสำคัญ เนื่องจากเป้าหมายจะมีอิทธิพลโดยตรงต่อทิศทางและขอบเขตความละเอียดของการศึกษา

2. วิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม รวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากระบบการต่าง ๆ โดยพิจารณาจากพลังงานที่ใช้หรือปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม

3. ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

4. การแปรผล โดยนำผลมาวิเคราะห์ เพื่อสรุปผล พิจารณาข้อจำกัด และเสนอแนะในการปรับปรุง ผลิตภัณฑ์ต่อไป รวมถึงการจัดการทรัพยากร และการจัดการของเสีย

6. การสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์

6.1 แนวความคิดในการสร้างมูลค่าเพิ่ม

วารุณี สุนทรเจริญเงิน (2556 อ้างถึงใน พรรณีภา ชาวคำ และคณะ, 2561) กล่าวถึงมูลค่าเพิ่มไว้ว่า คุณค่าที่ผู้บริโภคได้รับจากการบริโภคผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้นสูงขึ้น ทั้งการสัมผัสทางกายภาพและความรู้สึก การสร้างมูลค่าเพิ่ม ไม่ใช่แค่เพียงการออกแบบผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่รวมอยู่ในกระบวนการทั้งหมด บางกรณีอาจจะเน้นเพียงจุดเดียว แต่ในบางกรณีอาจต้องกระทำหลาย ๆ จุดไปพร้อม ๆ กัน เพื่อให้ผลสำเร็จ คือ การได้ผลิตภัณฑ์และบริการที่มีมูลค่าเพิ่มสำหรับกลุ่มเป้าหมาย โดยมีหลักในการพิจารณา ดังนี้

1. การเพิ่มมูลค่า

2. การออกแบบผลิตภัณฑ์

3. การพิจารณาวัตถุดิบ การคัดเลือกวัตถุดิบที่มีเรื่องราวที่จะสร้างคุณค่าได้

4. การพิจารณากระบวนการในการผลิต

5. การพิจารณาบรรจุภัณฑ์หรือการนำเสนอให้ผู้บริโภครับรู้ได้ตั้งแต่แรกเห็น

6. การพิจารณาการสร้างมูลค่าเพิ่มเชิงบริการให้แก่ผลิตภัณฑ์

7. การสร้างคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์และบริการนั้น ๆ

การสร้างมูลค่าเพิ่ม สามารถใช้ความได้เปรียบหรือการนำจุดแข็งที่มีอยู่มาสร้างสรรค์ให้สินค้าและบริการ ส่งผลให้เกิดความยากในการเลียนแบบ โดยพิจารณาในกระบวนการแต่ละขั้นตอนนั้น สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้อย่างไร โดยวิธีใด

6.2 กระบวนการสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์ (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์, 2561, หน้า 13-19)

แนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ หรือบริการ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การพัฒนาคุณสมบัติใหม่ ๆ การปรับปรุงรูปลักษณ์ให้สวยงามขึ้น การสร้างแบรนด์ให้มีมูลค่า การให้บริการเสริมเพิ่มเติม ซึ่งการสร้างมูลค่าเพิ่มที่เหมาะสมให้กับผลิตภัณฑ์หรือบริการ ต้องมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ก่อนการนำไปใช้จริง เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่า กระบวนการคิดนั้นจะสามารถจูงใจให้ลูกค้าซื้อและสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้าได้ โดยกระบวนการคิดในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์หรือบริการ มีกรอบแนวความคิดอยู่ 2 ลักษณะที่สอดคล้องกัน ดังนี้

1. แม่แบบการเสนอคุณค่า (Value Proposition Canvas) เป็นกรอบแนวความคิดที่ช่วยให้พัฒนาสินค้าหรือบริการในแนวทางที่สามารถตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้า ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่

1.1 แผนภาพการวิเคราะห์ข้อมูลลูกค้า ใช้ในการศึกษาความต้องการที่แท้จริงของกลุ่มเป้าหมาย ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1.1.1 ศึกษาความต้องการขั้นพื้นฐานของลูกค้าจากสิ่งที่ลูกค้าต้องทำ

(Customer Job)

1.1.2 ศึกษาปัญหา ความกังวลใจ หรือความยุ่งยากที่ลูกค้ากำลังเผชิญ (Pain)

1.1.3 ศึกษาความคาดหวังพิเศษอื่น ๆ ที่นอกเหนือความต้องการพื้นฐานหรือหนือทางเลือกอื่น ๆ (Gain)

1.2 แผนภาพแสดงคุณค่าของสินค้าหรือบริการ ใช้ในการออกแบบรูปแบบหลักและทางเลือกเพิ่มเติมของสินค้าหรือบริการ เพื่อกำหนดคุณค่าที่จะส่งมอบไปถึงลูกค้าผ่านสินค้าหรือบริการ เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ โดยแผนภาพประกอบไปด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1.2.1 คุณค่าที่สินค้าหรือบริการนำเสนอให้แก่ลูกค้า (Product of Service)

1.2.2 การป้องกัน แก้ไข หรือบรรเทาปัญหาของลูกค้า (Pain Reliever)

1.2.3 การสร้างความประทับใจด้วยสิ่งพิเศษ (Gain Creator)

2. กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Process) เป็นกรอบแนวความคิด อีกหนึ่งกรอบที่ช่วยพัฒนามูลค่าเพิ่ม โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจกับปัญหาและความต้องการของลูกค้าอย่างลึกซึ้ง จากนั้นระดมความคิด การสร้างคุณค่าหรือการแก้ไขปัญหาจากหลากหลายคน เพื่อนำไปทดสอบหรือทดลองนำเสนอให้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีลักษณะเป็นกลุ่มเป้าหมายของสินค้าหรือบริการนั้น ๆ เพื่อให้ได้สินค้าและบริการที่มีมูลค่าเพิ่ม ตรงตามความต้องการของลูกค้า ขั้นตอนสำคัญในกระบวนการคิดเชิงออกแบบ มีกระบวนการทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การทำความเข้าใจลูกค้า (Empathize)
2. การกำหนดโจทย์ความต้องการของลูกค้า (Define)
3. การระดมความคิดเห็น (Ideate)
4. การสร้างต้นแบบหรือสินค้าจำลอง (Prototype)
5. การทดสอบ (Test)

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

สุวรรณ อ้าเผือก ยุวดี แก้วมณี และราชนย์ เพชรประสงค์ (2559) (บทคัดย่อ) ได้ศึกษาคุณภาพความทนทานของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาด้วยวิธีการแช่น้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ประเภทละลายน้ำ 5 ชนิด คือ 1) *Chromated Copper Arsenate (CCA) 3%* 2) *Ammonical Copper Quaternary (ACQ) 3%* 3) *Copper Azole (CA-B) 3%* 4) *Disodium Octaborate Tetrahydrate (DOT) 10%* และ 5) *Wood Vinegar (WVG) 10%* โดยมีระยะเวลาในการแช่แตกต่างกัน คือ 5 นาที 1 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทดสอบความทนทานในลักษณะไม้สัมผัสดินในห้องที่จังหวัดกาญจนบุรี เป็นเวลา 12 เดือน ผลปรากฏว่า CCA มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยสามารถเพิ่มความทนทานของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาจากระดับ “ไม่ทนทาน” เป็นระดับ “ทนทาน” ส่วน ACQ และ CA-B ให้ผลใกล้เคียงกัน โดยสามารถเพิ่มความทนทานของไม้ขึ้นเป็นระดับ “ทนทานปานกลาง” ในขณะที่ DOT และ WVG นั้น แม้ความเข้มข้นจะมากกว่าแต่ไม่สามารถต้านทานการเข้าทำลายของปลวกได้ดินได้ โดยให้ผลความทนทานในระดับ “ไม่ทนทาน” เช่นเดียวกับไม้ที่ไม่ได้อาบน้ำยา (Control) สำหรับระยะเวลาในการแช่นั้น พบว่า มีผลโดยตรงต่อค่าปริมาณตัวอย่างในเนื้อไม้ แต่ไม่มีผลทำให้ค่าความเสียหายของไม้ทดลองแตกต่างกัน

จุฑามาศ ดวงกมล สุวคนธ์ จันดี และถาวร รัชย์กาญจน์ (2559) ได้ทำการศึกษาสารสกัดจากบัวตอง กระเทียม และถั่วเขียว ที่มีฤทธิ์ในการกำจัดปลวก ซึ่งจากการศึกษาพบว่า สารสกัดจากกระเทียมจะให้ผลร้อยละการตายมากที่สุดคือ 70% รองลงมาเป็นสารสกัดจากบัวตอง และถั่วเขียว จะมีร้อยละการตายสะสมอยู่ที่ 66.7% และ 56.7% ตามลำดับ โดยใช้วิธีนำสารสกัดหยาดฉีดที่ตัวปลวก และศึกษาผลภายใน 48 ชั่วโมง ตัวทำละลายที่ดีที่สุดในการสกัดพืช คือ คลอโรฟอร์ม สารสกัดจากกระเทียมจะมีค่า LC_{50} เท่ากับ 30%v/v รองลงมา คือ บัวตองและถั่วเขียวจะมีค่าเท่ากับ 45 และ 74%v/v ตามลำดับ

ธนกร นิรันดร์นุต และรัฐไท พรเจริญ (2559) ได้ศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่นำเศษไม้เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ มาใช้ให้เกิดคุณค่าทางทรัพยากรธรรมชาติมากยิ่งขึ้น โดยมีแนวทางการออกแบบคือ กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) เพื่อลดการใช้พลังงาน และใช้พลังงานน้อยที่สุด และเพื่อให้การบริหารจัดการเศษไม้ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นไปอย่างสมบูรณ์ โดยเลือกกรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ขนาดกลางประเภท วงกบ ประตู หน้าต่าง เพื่อศึกษากระบวนการผลิตทั้งหมดในองค์กร โดยผลการวิจัยพบว่า ลักษณะของเศษไม้ที่เหลือจากการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม มีเศษไม้เหลือประมาณ ร้อยละ 10 ของไม้ที่ใช้ในการผลิตต่อ 1 ผลิตภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของการจัดการ มีขนาดของเศษไม้จากการผลิตบานประตู อยู่ที่ 3 ฟุต ถึง 6.5 ฟุต และขนาดของเศษที่เหลือจากการผลิตวงกบ อยู่ที่ 1 เมตร ถึง 4.5 เมตร และผู้วิจัยนำมาสังเคราะห์ข้อมูลและออกแบบผลิตภัณฑ์ตกแต่งสถานที่ในรูปแบบม่าน โคมไฟติดผนัง และโคมไฟตั้งพื้น โดยผลการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมผลิตภัณฑ์ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 2.63$, $SD = 0.51$) และความพึงพอใจในภาพรวมของผู้บริโภค อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.49$, $SD = 0.55$)

อริญ งามผ่องใส สุรไกร เพิ่มคำ วิสุทธิ์ สิทธิธนา และสุระพงศ์ สายบุญ (2559) ได้ศึกษาปลวกชนิด *Coptotermes curvignathus* Holgren ที่เข้าทำลายต้นยางพาราสดและต้นไม้อื่น ๆ ทำให้ต้นไม้นั้นตายในที่สุด ซึ่งยังไม่มีวิธีการควบคุมปลวกชนิดนี้อย่างมีประสิทธิภาพ คณะผู้วิจัยจึงได้ทดสอบพิษของสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง น้ำมันและสารสกัดหยาดจากพืชบางชนิด เพื่อหาสารที่มีศักยภาพ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมปลวกชนิดดังกล่าวต่อไป โดยศึกษาจากสารเคมี คือ สารลูเฟนอรอน สารฟลูเฟนออกซอรอน สารฟิโปรนิล และสารจากธรรมชาติคือ น้ำมันดีป्ली น้ำมันพริกไทย และน้ำมันสะเดางาซ้าง ผลการทดสอบ พบว่า สารฆ่าแมลงลูเฟนอรอน ฆ่าปลวกได้ดีที่สุดแต่สารจากธรรมชาติ พบว่า น้ำมันดีป्लीที่สกัดด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน ออกฤทธิ์ฆ่าปลวกได้ดีกว่า

สารเคมีฟิโพรนิล และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงได้ น้ำมันดีปลีจึงเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมปลวก เพื่อลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์ต่อไป

จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง จากไม้สักขนาดเล็กที่มีอายุระหว่าง 7-14 ปี ในประเทศไทยเพื่อการพาณิชย์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน โดยใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน มีสรุปรับรองผลวิจัยเชิงปริมาณ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุ 5 ท่านและรับรองผลวิจัยเชิงคุณภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญการออกแบบ 10 ท่าน ผลการวิจัยพบว่า 1) การปรับปรุงคุณภาพไม้สัก สามารถดำเนินการในสามขั้นตอน คือ 1. เตรียมสารละลาย 2 ชนิด คือ สารละลาย A : *maleic anhydride* 10% ในทินเนอร์ สารละลาย B : AKD 10% ในทินเนอร์ 2. ทาสารละลาย A ให้ซึมเข้าเนื้อไม้ แล้วนำไปอบที่ 90 องศาเซลเซียส 20 นาที (เป็นการปรับปรุงสมบัติพื้นผิวไม้) จะได้ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่สมบัติดีขึ้น ด้านการซึมน้ำได้ดี และสีไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก 2) ไม้ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพสามารถนำมาพัฒนาเป็นวัสดุไม้แปรรูปได้ทั้ง แบบเป็นท่อน และแบบเปลาะไม้ประสาน เพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำผนังและเฟอร์นิเจอร์ในเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืนได้อย่างเหมาะสม ความพึงพอใจโดยรวมของผู้ประกอบการและผู้บริโภคที่ประเมินผลิตภัณฑ์เท่ากับ ($\bar{X} = 3.75$) อยู่ในเกณฑ์ดี

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Monica Verma, Satyawati Sharma, Rajendra Prasad (2009) ได้ศึกษาวิธีการควบคุมปลวก โดยวิธีการทางชีวภาพ ซึ่งวิธีการที่คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ประกอบไปด้วยวิธีการที่หลากหลาย ได้แก่ ทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ซึ่งกระบวนการทางชีวภาพ ได้อธิบายถึงหลักพฤกษศาสตร์ (น้ำมันหอมระเหย เมล็ด เปลือกไม้ ใบไม้ ผลไม้ รากไม้ และยางไม้) รวมถึงเชื้อรา แบคทีเรียและวิธีการควบคุมโดยใช้ไส้เดือน ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางเคมีที่ส่งผลต่อการควบคุมปลวก ผลการศึกษา พบว่าส่วนประกอบของพืชที่ศึกษามีฤทธิ์ในการป้องกันปลวกได้แตกต่างกันออกไป ซึ่งพฤกษศาสตร์เหล่านี้ สามารถใช้ควบคุมปลวกได้ ซึ่งสารสกัดที่ได้ตั้งแต่การเตรียมการและการเสริมสูตรไบโอไฮดรอล

Ali Elrayah Ali Mohammed (2011) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาและสารสกัดจากยี่โถเพื่อเปรียบเทียบสารสกัด 2 ชนิด โดยใช้ชิ้นส่วนของไม้สนขนาด 2.54 x 2.54 x 12.5 เซนติเมตร และหนัก 30.5 กรัม โดยทำการสกัดสารสกัดจากสะเดาและยี่โถ ความเข้มข้น 3 ความเข้มข้น ได้แก่ 5% 10% และ 20% โดยใช้ใบสะเดาและใบยี่โถ เปรียบเทียบกับสารสกัดจากเมล็ดสะเดาความเข้มข้น 50%, *Chlormight* 1% และทำการควบคุมวิธีทดลองโดยแช่สารสกัด แล้วนำไปฝังในดินความลึก 10 เซนติเมตร

ในแนวตั้ง และให้ขึ้นไม้อยู่เหนือดิน 2.5 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดจากใบสะเดาและใบยี่โถ มีคุณสมบัติในการลดการกักกินเนื้อไม้ของปลวกไม่ได้ โดยสารสกัดจากใบยี่โถมีประสิทธิภาพดีกว่าสารสกัดจากใบสะเดา โดยในบรรดาสารสกัดจากพืชทั้งหมด มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด (2.28%) บนชิ้นไม้ที่ได้จากสารสกัดจากใบยี่โถความเข้มข้น 20% เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองกับไม้ที่แช่ในน้ำมันสะเดา การสูญเสียน้ำหนัก อยู่ที่ 2.38% และไม้ที่แช่ *Chlomight* สูญเสียน้ำหนักที่ 1.76% โดยกำหนดเวลาทดลอง 52 วัน

Nazeer Ahmed, Zelle Huma, Misbah ul Haq, Saif-Ur-Rehman, Misbah Ullah และ Saeed Ahmed (2016) ได้ศึกษาสารสกัดจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ใบยาสูบ กระเทียมและสะเดา ซึ่งมีผลต่อการต่อปลวก โดยสกัดความเข้มข้นของสารทั้ง 4 ชนิด ในปริมาณ 5% 10% และ 20% โดยสกัดในน้ำร้อนและน้ำเย็น โดยผลการศึกษาพบว่า สารสกัดจากกระเทียมทั้งสกัดในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความเข้มข้น 20% ส่งผลให้ปลวกตาย 100% ใน 48 ชั่วโมง สารสกัดจากใบยาสูบที่สกัดในน้ำเย็น ความเข้มข้น 20% ส่งผลให้ปลวกตาย 100% ความเข้มข้นของสารลดลง ทำให้ประสิทธิภาพต่ออัตราการตายของปลวกลดลง และออกฤทธิ์ต่อปลวกใช้เวลานานขึ้น ส่วนอัตราการตายของปลวก ต่อการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากกระเทียมและใบยาสูบ ในความเข้มข้น 5% และ 10% มีอัตราการตายของปลวก 100% เช่นเดียวกัน แต่ใช้เวลาแตกต่างกันและใช้เวลานานกว่าพืชอื่น ส่วนอัตราการตายของปลวกต่อสารสกัดใบสะเดา ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น พบว่า มีประสิทธิภาพน้อยกว่ากระเทียมและยาสูบ

Narumol Matan, Weerapong Woraprayote, Warasri Saengkrajang, Niphaphorn Sirisombat and Nirundorn Matan (2009) ได้ศึกษาการศึกษเกี่ยวกับประสิทธิภาพของสารธรรมชาติในการป้องกันเชื้อราบนผิวหน้าของไม้ยางพาราและปลวก โดยใช้สารธรรมชาติอยู่ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสารสกัดจากใบจี่เหล็ก ใบสะเดา ใบฟ้าทะลายโจรและเถาบอระเพ็ด และสารธรรมชาติอีกกลุ่มหนึ่งคือ กลุ่มน้ำมัน สารธรรมชาติอีกกลุ่มหนึ่งคือ กลุ่มน้ำมันหอมระเหย ซึ่งได้ทดลอง 4 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส เมล็ดงา ไม้ซีดาร์และใบสาระแหน่ โดยนำสารทั้งสองกลุ่มมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราที่พบบนผิวหน้าของไม้ยางพาราทั้งหมด 4 ชนิด คือ เชื้อรา *Aspergillus niger*, *Penicillium sp.*, *Penicillium chrysogenum* และเชื้อรา *Trametes versicolor* ผลการทดลองพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบสาระแหน่ และน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส มีฤทธิ์ต้านทานเชื้อราได้เป็นอย่างดี ที่ความเข้มข้น 300-600 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดในปริมาณดังกล่าวมายับยั้งเชื้อราบนไม้ยางพาราพบว่า น้ำมันหอมระเหยสามารถป้องกันการเจริญของเชื้อราได้นานถึง 30 วัน นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบการต้านทานการกักกินของปลวกบนไม้ยางพารา

พบว่า น้ำมันทั้งสองชนิดสามารถใช้ป้องกันการกัดกินของปลวกบนไม้ยางพาราและมีประสิทธิภาพสูงถึง 99.99%

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ศึกษากระบวนการเพิ่มสมรรถนะไม้สักอายุน้อย ด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยเริ่มต้นการวิจัย ด้วยกระบวนการวิจัยทางเอกสาร (Documentary Research) โดยศึกษาจากเอกสาร หนังสือ ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเว็บไซต์ทางอินเทอร์เน็ต เพื่อให้ได้ข้อมูลทฤษฎี เพื่อนำข้อมูลที่ได้ ไปใช้ในการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการวิจัยขั้นต่อไป และวิจัยแบบผสม (Mixed Method Research) เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย โดยผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. การกำหนดวิธีทดลอง
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดวิธีทดลอง

การวิจัยเรื่อง ศึกษากระบวนการเพิ่มสมรรถนะไม้สักอายุน้อย ด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีทดลอง เพื่อให้ทราบผลของการศึกษานวัตกรรมชีวภาพ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูล

ผู้วิจัยกำหนดการศึกษาสมบัติของไม้สัก และข้อมูลสมุนไพร เพื่อใช้ในกระบวนการทดลองตามกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัยจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดประเด็นในการศึกษา ผู้วิจัยกำหนดข้อมูลที่ศึกษา ดังนี้

1.1. ข้อมูลเกี่ยวกับไม้สักอายุน้อย อายุ 7-14 ปี เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี ความแข็งแรงของเนื้อไม้ เพื่อหาจุดเด่น จุดด้อย ช่องทางและโอกาสในการเพิ่มสมบัติให้เนื้อไม้สักอายุน้อย เพื่อนำไม้สักอายุน้อย เข้าสู่กระบวนการทดลองเพิ่มสมบัติ ด้วยนวัตกรรมชีวภาพต่อไป

1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับสมุนไพรมะขาม ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลคุณสมบัติ เกี่ยวกับสมุนไพรมะขามที่ออกฤทธิ์กับแมลงศัตรูของไม้สัก ซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของไม้สักอายุน้อย หรือก่อให้เกิดการลดมูลค่าของไม้สักอายุน้อย ซึ่งส่งผลต่อการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สัก

2. การกำหนดตัวแปร

ตัวแปรในการวิจัยในครั้งนี้ เกิดจากการวิเคราะห์จากปัญหา และการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปร ดังนี้

2.1 สมุนไพรมะขามที่ใช้ศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดสมุนไพรมะขามที่ออกฤทธิ์กับแมลงศัตรูของไม้สัก ตามที่ได้ศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสมุนไพรมะขามที่ศึกษา ประกอบไปด้วยสมุนไพรมะขาม 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเดาและขี้เหล็ก

2.2 ปริมาณในการชั่งตวง ผู้วิจัยได้กำหนดปริมาณของการชั่งตวงสมุนไพรมะขามที่เท่ากัน รวมถึงการผสมน้ำและวิธีการปั่นเพื่อให้เกิดน้ำสมุนไพรมะขามที่มีปริมาณเท่ากันในการชั่งตวงและมีความเข้มข้นที่เท่ากัน เพื่อทำการศึกษาการออกฤทธิ์ของสมุนไพรมะขามต่อไป

2.3 เวลาที่ใช้ในการศึกษาการซึมสารสกัดของเนื้อไม้ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดการแช่สารสกัดสมุนไพรมะขามเพื่อทดสอบการซึมของสารสกัดไว้ คือ 1 วัน และ 7 วัน

2.4 เวลาที่ใช้ทดสอบผลการออกฤทธิ์ของแมลงศัตรู ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้วิธีการศึกษาแบบประจักษ์ และกำหนดเวลาที่จะใช้ทดสอบ 1 เดือน

3. การตั้งสมมติฐาน

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐาน จากการศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อคาดการณ์ผลที่จะเกิดขึ้น ตามวัตถุประสงค์

3.1 การกำหนดวิธีการทดลอง

ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการทดลองโดยใช้กระบวนการทดลองเชิงทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารสกัดสมุนไพรมะขาม รวบรวมผลการศึกษาและวิเคราะห์ผลเพื่อเข้าผลที่ได้จากการทดลอง เข้าสู่กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยต่อไป

3.2 ดำเนินการทดลอง

3.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อนำผลที่ได้จากการทดลอง เข้าสู่กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยต่อไป

3.4 การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยนำไม้สักอายุน้อยที่ผ่านกระบวนการทดลองนวัตกรรมชีวภาพ เข้าสู่กระบวนการสร้างต้นแบบ และสังเคราะห์

3.5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี จำนวน 2 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง

(Purposive Sampling) คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติ คือ เป็นนักวิทยาศาสตร์เคมีที่มีประสบการณ์ด้านความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ ไม่น้อยกว่า 5 ปี ดังนี้

1. คุณศกรินทร์ บุญล้ำ นักวิจัยเทคนิคการวิเคราะห์ ทดสอบวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. คุณณัฐพร มานะประดิษฐ์ นักวิจัยห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเซลล์ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง วัตถุประสงค์ข้อที่ 3

2.1 ขั้นตอนการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค

ประชากร คือ ผู้บริโภคที่มีความสนใจในผลิตภัณฑ์ไม้สัก หรือต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่ปลอดภัยจากสารเคมี และเคยใช้ผลิตภัณฑ์จากไม้สัก ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคที่มีความสนใจในผลิตภัณฑ์ไม้สัก หรือต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่ปลอดภัยจากสารเคมี และเคยใช้ผลิตภัณฑ์จากไม้สัก โดยกำหนดช่วงอายุ ตั้งแต่ 15-75 ปี ซึ่งไม่ทราบประชากรที่แน่นอน ดังนั้นผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างจากตารางการกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำเร็จรูปของทาโร ยามานะ (Taro Yamane, 1973) ซึ่งมีประชากรไม่สิ้นสุด จึงมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 10 และสุ่มโดยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

2.2 ขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์

ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 3 ท่าน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติคือ เป็นนักวิชาการที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ มีประสบการณ์การสอนด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือมีประสบการณ์เกี่ยวกับงานออกแบบผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี ดังนี้

1. รองศาสตราจารย์ สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ดร.พิศุทธิ์ ศิริพันธุ์

รองคณบดีฝ่ายกายภาพและภูมิทัศน์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ดร.ภูซงค์ ไรจน์แสงรัตน์

นักวิชาการอิสระ และอาจารย์พิเศษ สาขาวิชาศิลปศึกษา ภาควิชาศิลปะ ดนตรี

และนาฏศิลป์ศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้ในการเก็บข้อมูลในขั้นตอนการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ มีดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

1.1 ศึกษาข้อมูลทฤษฎีจากหนังสือ เอกสาร ตำรา งานวิจัย เว็บไซต์ทางอินเทอร์เน็ต เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาเพื่อเข้าสู่กระบวนการทดลองต่อไป

1.2 สรุปรูปแนวทางและกำหนดวิธีการทดลอง

1.3 สร้างแบบบันทึกผลการทดลอง เพื่อบันทึกผลการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ในลักษณะการทดลองเชิงประจักษ์ เพื่อสรุปผลการทดลอง

2. เครื่องมือที่ใช้ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

2.1 ศึกษาข้อมูลทฤษฎีจากหนังสือ เอกสาร ตำรา งานวิจัย เว็บไซต์ทางอินเทอร์เน็ต เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาเพื่อเข้าสู่กระบวนการทดลองต่อไป

2.2 สรุปรูปแนวทางและกำหนดวิธีการทดลอง

2.3 สร้างแบบบันทึกผลการทดลอง เพื่อบันทึกผลการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุ น้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ในลักษณะการทดลองจากห้องทดลอง เพื่อสรุปผลการทดลอง

3. เครื่องมือวิจัยที่ใช้ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3

3.1 ศึกษาข้อมูลทุติยภูมิจากหนังสือ เอกสาร ตำรา งานวิจัย เว็บไซต์ทางอินเทอร์เน็ต เกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์

3.2 สรุปแนวทางในการออกแบบ รูปแบบผลิตภัณฑ์ และทำการร่างแบบร่าง เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ประเมินแบบร่าง เพื่อสรุปผลการออกแบบ และนำผลการออกแบบ ผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Prototype) และนำต้นแบบ ไปประเมินกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อทดสอบการใช้งานต่อไป

3.3 สร้างแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structure Interview) ในรูปแบบออนไลน์ (Google Form) เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้สัก เพื่อสรุปลักษณะผลิตภัณฑ์ที่จะทำการออกแบบ และนำไปพิจารณาแบบร่างที่เหมาะสมและสอดคล้องกับกรอบแนวความคิดด้านการออกแบบ

3.4 สร้างแบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง (Structure Interview) เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สัก เพื่อพิจารณาแบบร่างที่เหมาะสมและสอดคล้องกับกรอบแนวความคิดด้านการออกแบบ โดยใช้แบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งแบ่งระดับการประเมิน เป็น 5 ระดับ ดังนี้

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องมือ โดยลำดับขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าเอกสาร วารสาร หนังสือ ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนและวิธีการ ตลอดจนข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิต่าง ๆ
2. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตรวจสอบและแก้ไขเพิ่มเติมจากอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้เกิดความถูกต้องเหมาะสม และสามารถเก็บข้อมูลได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย
3. นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา นำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบความตรง (Index of Item Objective Congruence : IOC) เพื่อประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยมีเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

+1	หมายถึง	ข้อคำถามสามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์
-1	หมายถึง	ข้อคำถามไม่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์

ข้อคำถามใดที่มีค่าความตรง ตั้งแต่ 0.50-1.00 ถือได้ว่าเป็นข้อคำถามที่มีความเที่ยง โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิประเมินการตรวจสอบเครื่องมือ เพื่อหาความเที่ยงของเครื่องมือ โดยผู้วิจัยได้กำหนดผู้ทรงคุณวุฒิประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา บุญภักดิ์
อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง
อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา คิตติ
อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกข้อมูลแล้วทำการวิเคราะห์โดยแบ่งภาคเอกสาร และการใช้เครื่องมือในการวิจัย ตามประเภท ดังนี้

1. การศึกษาภาคทฤษฎี

ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าจากภาคเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาและค้นคว้าประกอบเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ดังนี้

- 1.1 เอกสารด้านสมุนไพรป้องกันแมลงศัตรู
- 1.2 เอกสารข้อมูลเกี่ยวกับไม้สัก
- 1.3 เอกสารเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 1.4 เอกสารเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค
- 1.5 ศึกษาจากงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. การศึกษาภาคปฐมภูมิ

2.1 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลทฤษฎีจากเอกสารและงานวิจัย เพื่อนำข้อมูลจากการศึกษาไปใช้ในการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ ตามวิธีการทดลองที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น และทำการทดลองตามวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลการทดลองที่เกิดขึ้นแบบประจักษ์ และเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลจากห้องทดลอง

2.2 ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สัมภาษณ์ ความต้องการด้านการใช้งานผลิตภัณฑ์จากไม้สัก เพื่อสอบถามด้านพฤติกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ ลักษณะการใช้งาน รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้ ปัญหาที่พบและด้านอื่น ๆ

2.3 ผู้วิจัยทำการร่างแบบร่าง สอบถามลักษณะรูปแบบผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ เพื่อหารูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อไป โดยใช้แบบสอบถามด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

2.4 เมื่อได้รูปแบบผลิตภัณฑ์แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลด้านความพึงพอใจต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อศึกษาความพึงพอใจด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์ การใช้งาน ผลกระทบด้านต่าง ๆ ของกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง การศึกษาค้นคว้า นำมาลำดับเป็นขั้นตอนและวิเคราะห์ผลตามกรอบแนวความคิดที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ เพื่อให้เหมาะสมแก่การนำไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย โดยการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนด ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาศมุนไพรมีฤทธิ์ป้องกันแมลงศัตรูจากเอกสาร หลักฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มากำหนดวิธีการทดลอง โดยการวิเคราะห์เชิงพรรณนา

2. การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ เชิงประจักษ์

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกผลการทดลอง ที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง สังเกตผลการวิจัยที่เกิดขึ้น และบันทึกลงในแบบบันทึกผลการทดลอง แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์เชิงพรรณนาต่อไป

3. การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการส่งตัวอย่างของสารสกัดสมุนไพรมไปทดลองในห้องปฏิบัติการ และผลสรุปที่ได้ จะเป็นผลทดลองจากห้องปฏิบัติการ และนำมาวิเคราะห์เชิงพรรณนาต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย

4.1 เมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความต้องการด้านการใช้งานผลิตภัณฑ์จากไม้สัก ลักษณะการใช้งาน รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้ ปัญหาที่พบ และด้านอื่น ๆ จากการสัมภาษณ์พฤติกรรมการใช้งานของผู้บริโภคในรูปแบบออนไลน์ (Google Form) เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ในรูปแบบการวิเคราะห์เชิงพรรณนาต่อไป

4.2 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากผลสรุปรูปแบบผลิตภัณฑ์จากความต้องการของผู้บริโภค และสรุปในรูปแบบพรรณนาแล้ว ผู้วิจัยนำความคิดเห็นนั้น มาวิเคราะห์และสรุปรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ โดยใช้การวิเคราะห์แบบกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process : AHP) ของ Saaty (1989) ซึ่งแบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ออกเป็น 3 ประการ คือ

4.2.1 การจัดลำดับชั้นในการวิเคราะห์ (Structure the Hierarchy) ซึ่งจะมีการแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นลำดับชั้น คือ เป้าหมาย (Goal) เกณฑ์ (Criteria) เกณฑ์ย่อย (Sub-Criteria) และทางเลือก (Alternative)

4.2.2 การคำนวณหาลำดับความสำคัญ (Calculation of Relative Priority) โดยผู้เกี่ยวข้อง จะเป็นผู้ให้คะแนนความสำคัญโดยการเปรียบเทียบเกณฑ์หรือทางเลือกทีละคู่ โดยเริ่มจากบนลงล่าง โดยแบ่งระดับความชอบออกเป็น 9 ระดับ โดยมีค่าความสอดคล้อง ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญ

ค่าความสำคัญ	นิยาม	คำอธิบาย
1	มีความสำคัญเท่ากัน	ทั้ง 2 ปัจจัยส่งผลกระทบต่อวัตถุประสงค์เท่าๆ กัน
3	มีความสำคัญมากกว่าพอประมาณ	ประสบการณ์และการวินิจฉัยแสดงถึงความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัด	ประสบการณ์และการวินิจฉัยแสดงถึงความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมาก
7	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัดมาก	ปัจจัยหนึ่งได้รับความพึงพอใจมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่งในทางปฏิบัติ ปัจจัยนั้นได้มีอิทธิพลเหนือกว่าอย่างเห็นได้ชัด
9	มีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง	มีหลักฐานยืนยันความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีก
2,4,6,8	เป็นค่าความสำคัญระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น	บางครั้งผู้ทำการตัดสินใจต้องการวินิจฉัยในลักษณะที่กำกวมกันและไม่สามารถอธิบายด้วยคำพูดที่เหมาะสมได้

4.2.3 การตรวจสอบหาความสมเหตุสมผลของข้อมูล (Consistency) เมื่อผู้วิจัยทราบเกณฑ์การประเมินมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญแล้ว ผู้วิจัยจึงนำมาวิเคราะห์ความสอดคล้อง

ในการเปรียบเทียบ เพื่อหาความสอดคล้องที่ยอมรับได้ ซึ่งมีการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล โดยการคำนวณดัชนีความสมเหตุสมผลของข้อมูล (Consistency Index : CI) โดยกำหนดคือ ถ้า $CI > 0.1$ แสดงว่าข้อมูลคะแนนความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลนั้น ไม่สมเหตุสมผล จะต้องปรับคะแนนความสำคัญในการเปรียบเทียบข้อมูลเป็นคู่ใหม่ก่อนที่จะวิเคราะห์ในลำดับขั้นถัดไป โดยมีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$CI = \frac{CR}{RI}$$

RI

เมื่อ CI	คือ	ดัชนีความสมเหตุสมผล
CR	คือ	สัดส่วนความสมเหตุสมผล
RI	คือ	ดัชนีค่าสุ่มของความไม่สมเหตุสมผล ขึ้นอยู่กับขนาดของสแควร์เมตริกซ์ A ดังตารางที่ 3-2

$$CR = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

n-1

เมื่อ	n	คือ	ขนาดของสแควร์เมตริกซ์
-------	---	-----	-----------------------

โดยมีเกณฑ์ในการแสดงค่าเฉลี่ยดัชนีเชิงสุ่ม (R.I) ในแต่ละเมตริกซ์ $n \times n$ โดยค่า n มีความหมายคือ จำนวนปัจจัยที่ถูกนำมาเปรียบเทียบเป็นคู่ ซึ่งค่าเฉลี่ยดัชนีเชิงสุ่ม (RI) จะแสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของดัชนีเชิงสุ่ม (RI) ในแต่ละเมตริกซ์ $n \times n$

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R.I	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

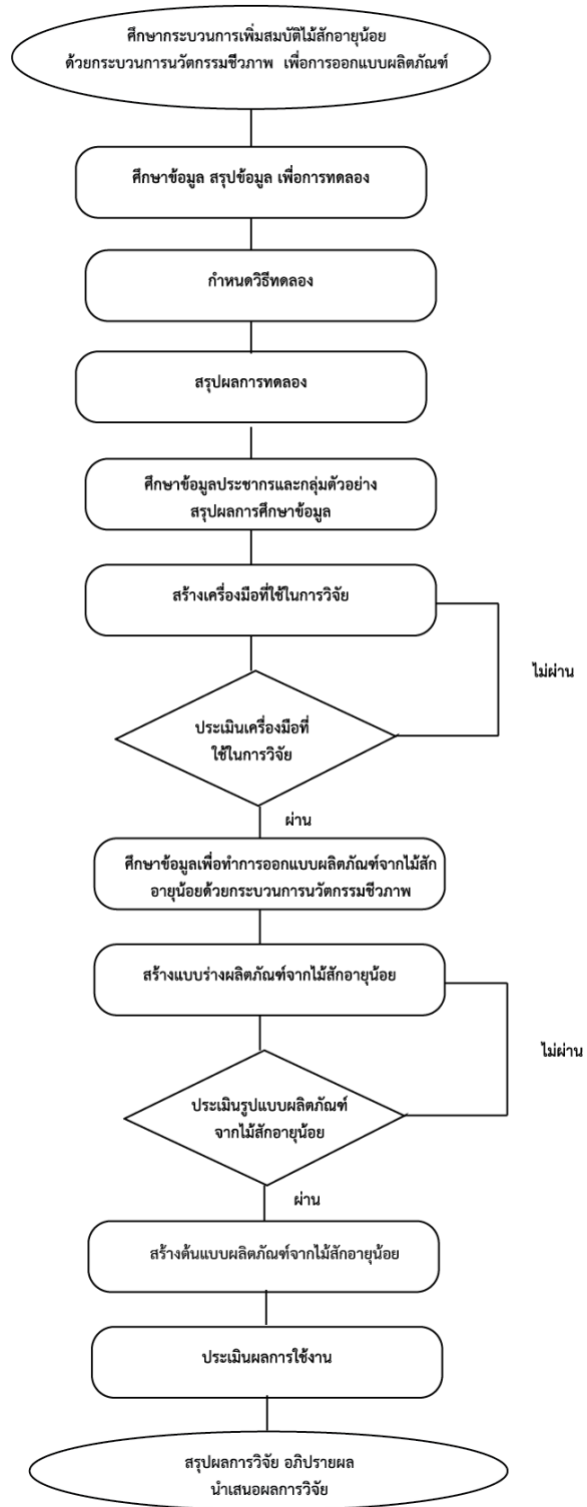
อัตราส่วนความสอดคล้อง จะถูกนำไปใช้เพื่อวัดความสอดคล้องในการทำเปรียบเทียบเป็นคู่ ซึ่ง Saaty (1998) ได้กำหนดอัตราส่วนความสอดคล้องที่ยอมรับได้สำหรับตารางเมตริกซ์ขนาดที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

1. ค่าอัตราความสอดคล้องที่ 5% สำหรับตารางเมตริกซ์ที่มีขนาด 3×3
2. ค่าอัตราความสอดคล้องที่ 8% สำหรับตารางเมตริกซ์ที่มีขนาด 4×4
3. ค่าอัตราความสอดคล้องที่ 10% สำหรับตารางเมตริกซ์ที่มีขนาดมากกว่า 4×4

4.3 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามด้านการออกแบบของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ และข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบประมาณค่า (Rating Scale) และการบรรยายผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนา โดยการแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

4.51-5.00	หมายถึง	ดีมาก
3.51-4.50	หมายถึง	ดี
2.51-3.50	หมายถึง	ปานกลาง
1.51-2.50	หมายถึง	พอใช้
1.00-1.50	หมายถึง	ควรปรับปรุง

จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ มาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) นำมาสรุปและอภิปรายผลในรูปแบบเชิงพรรณนาต่อไป



ภาพที่ 3-1 แผนผังแสดงวิธีการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการวิจัย เรื่อง ศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพิ่มสมบัติให้ไม้สักอายุน้อย ตามที่กำหนดไว้ในวิธีการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการทดลอง ออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. ผลการทดลองเชิงประจักษ์ด้วยวิธีการแช่
2. ผลการทดลองเชิงประจักษ์ด้วยวิธีการใช้แรงดันและความร้อน
3. ผลการทดลองที่วิเคราะห์โดยห้องทดลอง

ผลการทดลองเชิงประจักษ์ด้วยวิธีการแช่

1. กระบวนการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้ทำการกำหนดกระบวนการทดลอง โดยกำหนดตัวแปรควบคุม ซึ่งกระบวนการที่ผู้วิจัยกำหนด มีดังนี้

1.1 สมุนไพร

ผู้วิจัยกำหนดสมุนไพรที่ใช้ศึกษา ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านแมลงศัตรูของไม้สัก จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเดา และขี้เหล็ก

1.2 กระบวนการสกัดสารสกัดจากสมุนไพร

ผู้วิจัยกำหนดวิธีการสกัดสารสกัดจากสมุนไพร จากสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเดา และขี้เหล็ก โดยกำหนดตัวแปรควบคุม ดังนี้

1.2.1 ปริมาณของสมุนไพร

ผู้วิจัยได้กำหนดปริมาณของสมุนไพร โดยใช้ถ้วยตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร เพื่อตวงให้ปริมาณของสมุนไพรมีปริมาณเท่ากัน ทั้ง 4 สมุนไพร ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรของปริมาณของสมุนไพรและปริมาณน้ำที่ใช้สกัดสมุนไพร เพื่อสกัดสารสกัดตามตัวแปรควบคุม โดยกำหนดปริมาณของวัตถุดิบ คือ สมุนไพรสด 1 ถ้วย ปริมาตร 283 กรัม ต่อน้ำ 1 ถ้วย ปริมาตร 250 มิลลิลิตร



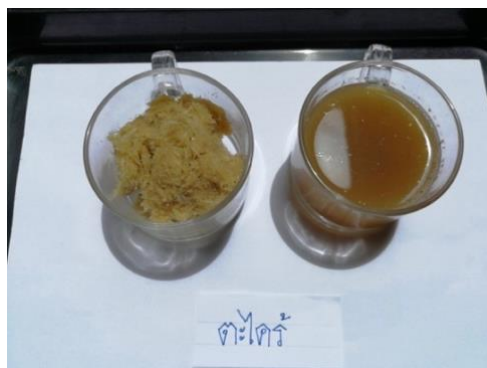
ภาพที่ 4-1 ถ้วยตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.2.2 วิธีการสกัดสารสกัดสมุนไพร

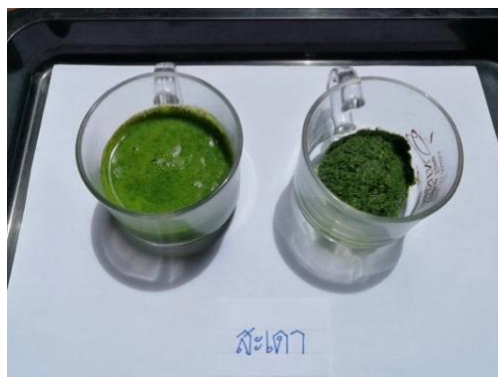
ผู้วิจัยกำหนดเวลาที่ใช้สกัด ซึ่งเป็นตัวแปรควบคุม โดยใช้เครื่องปั่น ปั่นสมุนไพรโดยใช้เวลา 1 นาที เท่ากันทุกสมุนไพร เมื่อปั่นสมุนไพรตามกำหนดเวลา 1 นาที ผู้วิจัยกรองสารสกัดสมุนไพรด้วยผ้าขาวบาง เพื่อให้ได้น้ำจากการสกัดสมุนไพร ทั้งหมด 4 ชนิด



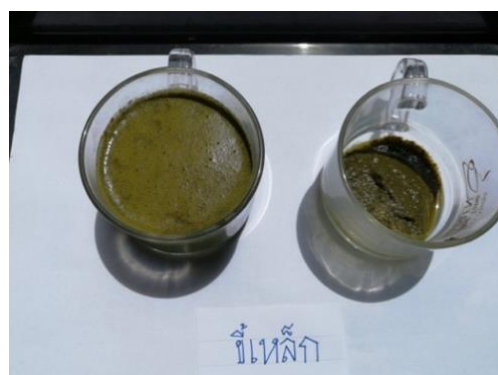
ภาพที่ 4-2 สารสกัดกระเทียม



ภาพที่ 4-3 สารสกัดตะไคร้



ภาพที่ 4-4 สารสกัดสะเดา



ภาพที่ 4-5 สารสกัดขี้เหล็ก

1.3 วิธีการผสมสูตรสารสกัดสมุนไพร

ผู้วิจัยกำหนดการผสมสูตรสารสกัดสมุนไพร จำนวน 4 ชนิด เพื่อให้เกิดสูตรสารสกัดสมุนไพร โดยผู้วิจัยกำหนดส่วนผสมโดยการสุ่มตัวอย่างจากทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) (Kosiyapan. S, 1991 อ้างถึงใน วีระ เนตราทิพย์, 2560, หน้า 87) เพื่อหาส่วนผสมของสูตรสารสกัดที่เหมาะสมต่อการทดลอง

ผู้วิจัยนำสารสกัดสมุนไพร จำนวน 4 ชนิด จับคู่ผสมกัน อัตราส่วนตามปริมาตรของถ้วยตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร อัตราส่วนที่กำหนดไว้ คือ สารสกัดตัวที่ 1 จาก 100% และลดลำดับครั้งละ 20% และในขณะเดียวกัน สารสกัดตัวที่ 2 จาก 0% ผู้วิจัยทำการเพิ่มสารสกัดครั้งละ 20% ตามทฤษฎีเส้นตรง เพื่อให้เกิดสูตรสารสกัดขึ้น โดยผู้วิจัยสามารถกำหนดสูตรสารสกัดสมุนไพรได้ทั้งหมด 24 สูตร ดังตารางที่ 4-1 ถึง 4-6

ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงสูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้กระเทียมและตะไคร้

สูตรที่	1	2	3	4
กระเทียม	80	60	40	20
ตะไคร้	20	40	60	80
รวม (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100

ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงสูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้กระเทียมและสะเดา

สูตรที่	5	6	7	8
กระเทียม	80	60	40	20
สะเดา	20	40	60	80
รวม (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100

ตารางที่ 4-3 ตารางแสดงสูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้กระเทียมและขี้เหล็ก

สูตรที่	9	10	11	12
กระเทียม	80	60	40	20
ขี้เหล็ก	20	40	60	80
รวม (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100

ตารางที่ 4-4 ตารางแสดงสูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้ตะไคร้และสะเดา

สูตรที่	13	14	15	16
ตะไคร้	80	60	40	20
สะเดา	20	40	60	80
รวม (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100

ตารางที่ 4-5 ตารางแสดงสูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้ตะไคร้และขี้เหล็ก

สูตรที่	17	18	19	20
ตะไคร้	80	60	40	20
ขี้เหล็ก	20	40	60	80
รวม (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100

ตารางที่ 4-6 ตารางแสดงสูตรสารสกัดสมุนไพรโดยใช้สะเดาและขี้เหล็ก

สูตรที่	21	22	23	24
สะเดา	80	60	40	20
ขี้เหล็ก	20	40	60	80
รวม (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100

นอกจากนั้น มีสูตรที่ไม่ได้นำสารสกัดผสม แต่สอดคล้องกับทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาทดสอบนวัตกรรมชีวภาพด้วย คือ สารสกัดกระเทียม 100% สารสกัดตะไคร้ 100% สารสกัดสะเดา 100% และสารสกัดขี้เหล็ก 100%



ภาพที่ 4-6 การผสมสูตรสารสกัด โดยทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend)



ภาพที่ 4-7 การผสมสูตรสารสกัด โดยทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend)



ภาพที่ 4-8 การผสมสูตรสารสกัดโดยทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend)

1.4 กระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

เมื่อผู้วิจัยทำการผสมสูตรสารสกัดตามที่กำหนด คือ 24 สูตร แล้ว ผู้วิจัยทำการแปรรูปไม้สักอายุน้อย ซึ่งเป็นไม้สักอายุ 7-10 ปีเป็นลูกบาศก์ มีขนาด 1x1 นิ้ว เพื่อทำการทดสอบ กระบวนการเพิ่มสมบัติด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ



ภาพที่ 4-9 ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย

ผู้วิจัยทำการแบ่งจำนวนตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยใส่ในแก้วทดลอง ตามจำนวนสูตร สารสกัด จำนวน 24 สูตร โดยผู้วิจัยกำหนดตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย 1 แก้ว มีจำนวนตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย จำนวน 4 ชิ้น จากนั้นผู้วิจัยทดสอบสารสกัดสมุนไพรลงในแก้วทดลอง โดยดวง สารสกัดในปริมาณที่เท่ากัน คือ 100% เพื่อสังเกตลักษณะของตัวอย่างทดลอง



ภาพที่ 4-10 การแช่ตัวอย่างทดลองในสารสกัดสมุนไพร



ภาพที่ 4-11 การแช่ตัวอย่างทดลองในสารสกัดสมุนไพร

ผู้วิจัยกำหนดเวลาที่ใช้ทดสอบการแช่ไม้ในสารสกัดเป็นเวลา 7 วัน เพื่อทดสอบการทำลายเนื้อไม้ของแมลงศัตรู เมื่อผู้วิจัยได้ทำกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยกระบวนการนวัตกรรม

ชีวภาพครบตามเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยนำตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยที่ได้ ไปทดสอบการทำลายเนื้อไม้ของแมลงศัตรูเชิงประจักษ์ต่อไป

1.5 กระบวนการทดสอบการทำลายเนื้อไม้ของแมลงศัตรูเชิงประจักษ์

ผู้วิจัยนำตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย ไปทดสอบการทำลายของแมลงศัตรู ผู้วิจัยเลือกใช้แมลงศัตรู คือ ปลวกดิน ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่สามารถกัดกินไม้สักอายุน้อยได้ ผู้วิจัยอาศัยการดำรงชีวิตตามธรรมชาติในจอมปลวก เพื่อให้วิถีชีวิตของปลวกไม่เปลี่ยนไป

ผู้วิจัยนำตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยที่ผ่านการเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ไปฝังลงในจอมปลวก และกำหนดระยะเวลาให้ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยอยู่ในจอมปลวก เพื่อสังเกตการทำลายเนื้อไม้ของแมลงศัตรู เป็นระยะเวลา 1 เดือน

2. ผลการทดลอง

เมื่อครบกำหนด 1 เดือน ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย จำนวน 24 ตัวอย่าง เพื่อสังเกตการทำลายเนื้อไม้ของแมลงศัตรู คือ ปลวกดิน เมื่อผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างออกมาจากจอมปลวก ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยแต่ละตัวอย่าง มีลักษณะการทำลายของปลวกแตกต่างกัน











ภาพที่ 4-12 การฝังตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยในจอมปลวก












ภาพที่ 4-13 ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยที่ผ่านการฝังในจอมปลวก

ผู้วิจัยได้สรุปผลการฝังตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยที่ผ่านการเพิ่มสมบัติด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ และผ่านกระบวนการทดสอบการทำลายเนื้อไม้ของแมลงศัตรู โดยการฝังในจอมปลวก ซึ่งผู้วิจัย สามารถสรุปตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย จำนวน 24 ชิ้น ได้ ดังตารางที่ 4-7








ตารางที่ 4-7 ตารางแสดงผลการทำลายตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ และผ่านการทดสอบการทำลายเนื้อ ไม้ของแมลงศัตรูเชิงประจักษ์

ลำดับที่	ตัวอย่างทดลอง	ผลที่เกิดขึ้น
1.		มีร่องรอยการเดิน และการสร้างรังเพิ่มจากเนื้อไม้ มีรอยการกัดแทะเล็กน้อย
2.		ไม่มีการทำลายจากแมลงศัตรู
3.		มีร่องรอยการสร้างรังเพิ่ม แต่ปรากฏเชื้อราบนผิว ไม้
4.		ไม่ปรากฏการทำลาย มีร่องรอยของเชื้อราเล็กน้อย
5.		ร่องรอยการกัดแทะเล็กน้อย ปรากฏเชื้อราบนผิว ไม้เล็กน้อย
6.		มีร่องรอยการสร้างรัง และปรากฏเชื้อราชัดเจน
7.		ไม่ปรากฏการทำลายของแมลงศัตรู
8.		ปรากฏร่องรอยการกัดแทะและร่องรอยการเดิน

ตารางที่ 4-7 (ต่อ)

ลำดับที่	ตัวอย่างทดลอง	ผลที่เกิดขึ้น
9.		มีร่องรอยการสร้างรัง และปรากฏเชื้อราบนผิวไม้
10.		มีการเกิดเชื้อรา และมีรอยแยกของเนื้อไม้
11.		ไม่มีร่องรอยการทำลายใด ๆ
12.		ไม่มีร่องรอยการทำลายใด ๆ
13.		มีการเกิดเชื้อรา
14.		มีการเกิดเชื้อราชัดเจน
15.		มีการเกิดเชื้อราชัดเจน
16.		เกิดการสร้างรังต่อ และเกิดเชื้อราอย่างชัดเจน
17.		เกิดการสร้างรังต่ออย่างชัดเจน

ตารางที่ 4-7 (ต่อ)

ลำดับที่	ตัวอย่างทดลอง	ผลที่เกิดขึ้น
18.		เกิดร่องรอยเชื้อราเล็กน้อย
19.		ปรากฏการสร้างรังต่อ และปรากฏเชื้อราบนผิวไม้
20.		มีรอยแยกของเนื้อไม้ มีการทำลายและสร้างรังอย่างชัดเจน
21.		ไม่ปรากฏการถูกทำลาย มีเชื้อราเล็กน้อย
22.		ไม่ปรากฏการถูกทำลาย มีเชื้อราเล็กน้อย
23.		มีร่องรอยการสร้างรังเพิ่ม แต่ไม่ถูกทำลาย มีการเกิดเชื้อราเล็กน้อย มีรอยแยกของเนื้อไม้เล็กน้อย
24.		ไม่ปรากฏการถูกทำลาย มีรอยแยกของเนื้อไม้เล็กน้อย

จากตารางที่ 4-7 ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผลจากการทดลองเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ จะมีการถูกทำลายตามธรรมชาติหลักๆ 3 ลักษณะ ดังนี้

1. การถูกทำลายโดยแมลงศัตรู ซึ่งมีการกัดแทะบนผิวไม้ และการสร้างรังเพิ่มเติม โดยปรากฏเป็นรอยทางเดินให้เห็น

2. การเกิดเชื้อราบนผิวไม้ ซึ่งเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ 1. เกิดจากการสร้างรังของปลวก หรือที่เรียกว่า จาวปลวก ซึ่งเป็นที่อยู่ของนางพญาปลวก เกิดจากการย่อยสลายไม้ที่ปลวกเคี้ยวและย่อยสลายโดยโปรโตซัว และ 2. เกิดจากสารสกัดสมุนไพรมะพร้าว ซึ่งเป็นวัตถุพิษ เมื่อแปรสภาพเป็นของเหลว ทำให้สารสกัดสมุนไพรมะพร้าวเหล่านี้ ทำให้สารสกัดสมุนไพรมะพร้าวเหล่านี้มีเชื้อรา ใช้เวลาประมาณ 5 วัน จะเกิดเชื้อรา และเมื่อเกิดการย่อยสลายจากสารสกัดสมุนไพรมะพร้าว เมื่อทำการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ ด้วยวิธีการแช่สารสกัด ทำให้สารที่ซึมเข้าไปในเนื้อไม้ มีความชื้น ทำให้เกิดเชื้อราบนผิวไม้ได้ และที่สังเกตได้ชัดเจน คือ สมุนไพรมะพร้าวแต่ละชนิด ทำให้เกิดเชื้อราไม่เท่ากัน

3. รอยแยกของเนื้อไม้ เกิดจากการเนื้อไม้ธรรมชาติ มีรอยแตกตั้งแต่ก่อนการแปรรูป เมื่อทำการแปรรูปแล้ว ทำให้ไม้อาจมีรอยแตกได้ เมื่อนำไปแช่ในสารสกัดสมุนไพรมะพร้าว ทำให้ไม้เกิดรอยแยกจากสารสกัดประเภทของเหลวได้ ซึ่งรอยแยกของเนื้อไม้ประเภทนี้ ไม้ไม่ได้เกิดจากการทำลายของแมลงศัตรู แต่เป็นการย่อยสลายตามธรรมชาติของเนื้อไม้

หากพิจารณาจากตารางที่ 4-7 ผลของตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย ที่ถูกทำลายโดยแมลงศัตรูมากที่สุด 4 ตัวอย่าง ดังนี้

1. ตัวอย่างที่ 16 สูตรผสม คือ อัตราส่วน ตะไคร้ 20 เปอร์เซ็นต์ และ สะเดา 80 เปอร์เซ็นต์
2. ตัวอย่างที่ 17 สูตรผสม คือ อัตราส่วน ตะไคร้ 80 เปอร์เซ็นต์ และขี้เหล็ก 20 เปอร์เซ็นต์
3. ตัวอย่างที่ 19 สูตรผสม คือ อัตราส่วน ตะไคร้ 40 เปอร์เซ็นต์ และขี้เหล็ก 60 เปอร์เซ็นต์
4. ตัวอย่างที่ 20 สูตรผสม คือ อัตราส่วน ตะไคร้ 20 เปอร์เซ็นต์ และขี้เหล็ก 80 เปอร์เซ็นต์

ข้อสังเกต คือ ทั้ง 4 สูตรเกิดจากสารสกัดสมุนไพรมะพร้าว ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทั้ง 4 สูตร และใน 3 สูตร เกิดจากสมุนไพรมะพร้าวขี้เหล็ก แต่เมื่อผู้วิจัย เทียบผลการผสมอัตราส่วนของขี้เหล็ก ต่อสมุนไพรมะพร้าวกระเทียมและสะเดา พบว่า ตัวอย่างขึ้นทดลองที่เกิดจากการผสมสารสกัดสมุนไพรมะพร้าวขี้เหล็กกับสมุนไพรมะพร้าวกระเทียมและสะเดา ไม่ก่อให้เกิดการถูกทำลาย

ข้อสังเกตที่ 2 คือ ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย ที่ผ่านการแช่สารสกัดที่มีส่วนผสมของ ตะไคร้ กับสะเดา และตะไคร้กับขี้เหล็ก ทำให้เกิดเชื้อราได้ ซึ่งจากตารางที่ 4-7 พบว่า ตัวอย่างที่เกิดจากสารสกัดตะไคร้กับสะเดา ได้แก่ ตัวอย่างที่ 13, 14, 15 และ 16 และสารสกัดตะไคร้กับขี้เหล็ก ได้แก่ ตัวอย่างที่ 17, 18, และ 19

ข้อสังเกตที่ 3 ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย ที่ผ่านการแช่สารสกัดที่มีส่วนผสมของ กระเทียม เกิดเชื้อราได้มากที่สุด ซึ่งหากพิจารณาจากตารางที่ 4-7 ตัวอย่างที่เกิดจากการสารสกัด กระเทียมที่เกิดเชื้อรา ได้แก่ ตัวอย่างที่ 4, 5, 6, 9 และ 10

ข้อสังเกตที่ 4 ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย ที่ผ่านการแช่สารสกัดที่มีส่วนผสมของ กระเทียม มีร่องรอยการสร้างรัง การสร้างทางเดินและการกักกิน เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4-7 ตัวอย่างที่มีร่องรอยของการสร้างรัง การสร้างทางเดินและการกักกิน ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1, 3, 5, 6, 8 และ 9

ข้อสังเกตที่ 5 ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย ที่ไม่ถูกทำลายมากที่สุด เกิดจากสารสกัดของ จี๋เหล็กและสะเดาในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งตัวอย่างที่เกิดการทำลายน้อยที่สุด คือ ตัวอย่างที่ 21, 22, 23 และ 24

ดังนั้น ผู้วิจัย สามารถสรุปได้ว่า การทดลองเชิงประจักษ์ที่ผู้วิจัยทำการทดลองนั้น สูตรสาร สกัดสมุนไพรที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้มากที่สุด คือ สารสกัดจากสะเดาและจี๋เหล็ก โดยใช้อัตราส่วน ของการผสมที่แตกต่างกัน เนื่องจาก ตัวอย่างทดลองมีการถูกทำลายน้อยที่สุดและมีการเกิดของเชื้อรา ได้น้อยที่สุด และผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4-7 ในตัวอย่างที่ 23 พบว่า ตัวอย่างขึ้นทดลองมีร่องรอย ของการสร้างรังจากขึ้นตัวอย่าง แต่ในขณะเดียวกัน เนื้อไม้ไม่ได้ถูกทำลายจากการสร้างรัง ทำให้ผู้วิจัย สรุปได้ว่า สมุนไพรที่มีความเหมาะสมในการนำมาสกัดเป็นสารสกัดสมุนไพร เพื่อใช้เพิ่มสมบัติไม้สัก อายุน้อยด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ คือ สารสกัดจากการผสมสารสกัดสะเดาและสารสกัด จี๋เหล็ก และผู้วิจัยสามารถสรุปได้เพิ่มเติมว่า สมุนไพรที่ไม่เหมาะสมต่อการนำมาสกัดเป็นสารสกัด สมุนไพรเพื่อนำมาใช้เพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ คือ สารสกัด สมุนไพรจากกระเทียม ซึ่งก่อให้เกิดเชื้อราได้ง่าย และสารสกัดสมุนไพรตะไคร้ เนื่องจากสารสกัด ตะไคร้ เมื่อผสมกับสารสกัดจี๋เหล็ก ทำให้แมลงศัตรูทำลายตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อยได้ และสารสกัดตะไคร้ ก่อให้เกิดเชื้อราบนตัวอย่างทดลองได้ง่าย เช่นเดียวกับสารสกัดกระเทียม

ผลการทดลองเชิงประจักษ์ด้วยวิธีการใช้แรงดันและความร้อน

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองการเร่งปฏิกิริยาการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ โดยวิธีการใช้แรงดันและความร้อน เพื่อทดสอบการลดเวลาการนำสารสกัดเข้าสู่เนื้อไม้ เพื่อให้เกิด การใช้ประโยชน์ได้เร็วขึ้น โดยผู้วิจัยใช้วิธีการทดลอง ดังนี้

1. วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง
 - 1.1 สารสกัดสมุนไพรสะเดาและจี๋เหล็ก อัตราส่วนร้อยละ 60 : ร้อยละ 40%
 - 1.2 หม้อแรงดัน ขนาด 20 เซนติเมตร
 - 1.3 ตัวอย่างทดลองไม้สัก ขนาด 1 x 1 นิ้ว จำนวน 8 ตัวอย่าง

2. กระบวนการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง โดยใช้หม้อแรงดัน ขนาด 20 เซนติเมตร ใส่ตัวอย่างทดลองไม้สัก ขนาด 1x1 นิ้ว จำนวน 7 ตัวอย่าง ลงไปในหม้อแรงดัน จากนั้นเทสารสกัดสมุนไพรสะเดาและจี้เหล็ก อัตราส่วนร้อยละ 60 ต่อ ร้อยละ 40 ลงไปให้ท่วมตัวอย่างทดลอง จากนั้นต้ม โดยใช้เวลา 10 นาที ในการนำตัวอย่างทดลองที่ 1 ออกจากหม้อแรงดัน และเพิ่มทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อสังเกต การดูดซึมสารสกัดสมุนไพรในเนื้อไม้ โดยวัดค่าจากปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ โดยใช้เครื่องวัด ความชื้นเนื้อไม้ (Moisture Meter) และทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องปกติ ซึ่งผลที่ได้ ปรากฏดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ตารางแสดงการดูดซึมสารสกัดของตัวอย่างทดลองที่ผ่านการต้มด้วยหม้อแรงดัน

เวลาต้ม เวลาใน อุณหภูมิ ห้องปกติ	ปริมาณการดูดซึมสารสกัด โดยวัดจากค่าความชื้นต่อเวลา (หน่วย : เปอร์เซ็นต์)							
	0 นาที	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	50 นาที	60 นาที	24 ชั่วโมง
10 นาที	37.1	32.9	33.9	30.4	31.9	27.4	28.2	11.5
20 นาที	38.5	34.1	33.3	33.5	33.7	31.6	28.8	11.5
30 นาที	57.5	40.0	40.0	40.0	39.7	38.5	27.2	13.0
40 นาที	70.7	54.3	50.3	49.4	37.3	48.0	48.0	13.1
50 นาที	83.1	56.0	53.1	48.2	49.7	49.1	50.3	14.2
60 นาที	63.0	40.6	40.6	40.0	38.5	37.9	37.4	12.6

จากตารางที่ 4-8 ผู้วิจัยพบว่า ไม้สักที่ผ่านการใช้หม้อแรงดัน เพื่อเร่งปฏิบัติการดูดซึมสารสกัดสมุนไพร เนื้อไม้สามารถเพิ่มการดูดซึมได้ดี และสามารถทำให้ไม้มีความชื้นอยู่ที่ 12% ซึ่งเป็นความชื้นในเนื้อไม้ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ภายในเวลา 24 ชั่วโมง เวลาต่อการต้มนั้น ไม่มีผลต่อการดูดซึมสารสกัดสมุนไพร แต่เนื้อไม้สามารถแห้งจนเหลือความชื้นในเนื้อไม้เฉลี่ยที่ 12% ได้ภายในเวลาที่เท่ากัน

แต่ผลข้างเคียงจากการต้มโดยใช้หม้อแรงดัน ผู้วิจัยพบว่า เนื้อไม้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ คือ มีลักษณะนิ่มมากกว่าปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับ การดูดซึมสารสกัดสมุนไพร โดยการแช่สารสกัด

สมุนไพรและทิ้งระยะเวลาไว้ 7 วัน เมื่อเนื้อไม้มีลักษณะนิ่มมากกว่า อาจเกิดผลต่อการรับน้ำหนักของเนื้อไม้ได้ในระยะยาว หากนำไม้สักที่ผ่านการเพิ่มสมบัติโดยใช้หม้อแรงดัน มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากไม้สัก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า การนำไม้สักที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาการดูดซึมสารสกัดสมุนไพร โดยใช้หม้อแรงดันมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ อาจไม่เหมาะสม เนื่องจากเนื้อไม้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ ทำให้เนื้อไม้มีลักษณะนิ่มมากกว่าปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับการนำไม้ที่ผ่านการแช่เพียงอย่างเดียว ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำไม้ที่ผ่านการแช่สารสกัดสมุนไพรแบบปกติ มาใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ



ภาพที่ 4-14 การวัดค่าความชื้นของตัวอย่างทดลองไม้สักก่อนการนำไปทดลองการดูดซึมสารสกัดสมุนไพรด้วยหม้อแรงดัน



ภาพที่ 4-15 การทดลองดูดซึมสารสกัดสมุนไพรด้วยหม้อแรงดัน



ภาพที่ 4-16 การทดลองดูดซึมสารสกัดสมุนไพรด้วยหม้อแรงดัน



ภาพที่ 4-17 การวัดความชื้นตัวอย่างทดลองที่ผ่านการทดลองการดูดซึมสารสกัดสมุนไพรด้วยหม้อแรงดัน

ผลการทดลองความเป็นพิษของเซลล์ไลน์จากห้องปฏิบัติการทดลอง

ผู้วิจัยได้นำสูตรสารสกัดสมุนไพร ไปทดสอบค่าความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์ HaCat และ Vero (Primary Screen) ในห้องปฏิบัติการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้นำสารสกัด 3 สูตร ได้แก่ 1. จีเห็ดถั่งชี่ ร้อยละ 60 ต่อ กระเทียมร้อยละ 40 2. จีเห็ดถั่งชี่ร้อยละ 60 ต่อ ตะไคร้ร้อยละ 40 และ 3. จีเห็ดถั่งชี่ร้อยละ 60

ต่อ สะเดาร้อยละ 40 ไปทดสอบค่าความเป็นพิษ โดยการทดสอบ ผู้วิจัยใช้วิธีการทดสอบแบบ MTT Assay ทดสอบค่าความเป็นพิษกับเซลล์ 2 ชนิด โดย ได้แก่

1. African Green Monkey Kidney Fibroblast (Vero) เป็นการทดสอบค่าความเป็นพิษกับเซลล์ไตลิง เพื่อศึกษาความเป็นพิษ เมื่อสารสกัดเข้าไปในร่างกายของสิ่งมีชีวิต

2. Human Keratinocyte Immortal Cells (HaCat) เป็นการทดสอบค่าความเป็นพิษกับเซลล์ผิวหนังมนุษย์ เพื่อศึกษาความเป็นพิษต่อผิวหนังของมนุษย์ เมื่อมนุษย์สัมผัสกับสมุนไพรก่อนการสกัด และหลังสกัด รวมถึงวัสดุที่ผ่านการเพิ่มสมบัติด้วยสารสกัดสมุนไพรที่ผู้วิจัยสกัด

ผู้วิจัยได้กำหนดทำการแทนค่าสารสกัดต่าง ๆ ดังนี้

- | | | | |
|-----|--|------------|------------------|
| 2.1 | จีเหล็กร้อยละ 60 ต่อ กระเทียมร้อยละ 40 | แทนค่าด้วย | สารสกัดสมุนไพร A |
| 2.2 | จีเหล็กร้อยละ 60 ต่อ ตะไคร้ร้อยละ 40 | แทนค่าด้วย | สารสกัดสมุนไพร B |
| 2.3 | จีเหล็กร้อยละ 60 ต่อ สะเดาร้อยละ 40 | แทนค่าด้วย | สารสกัดสมุนไพร C |

เมื่อผู้วิจัยทำการแทนค่าเชื้อสารแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen) HaCat และ Vero ซึ่งมีกระบวนการ ดังนี้

วิธีการหมักสารตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำหนักสารตัวอย่างเพื่อเตรียมเป็น Stock

สาร No.	รายละเอียดของสาร	ความเข้มข้น
1.	สารสกัดสมุนไพร A	100%
2.	สารสกัดสมุนไพร B	100%
3.	สารสกัดสมุนไพร C	100%

2. เจือจางตัวอย่างให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 50% ด้วยอาหาร DMEM + 5%FBS

3. กรองสารละลายตัวอย่างด้วยแผ่นกรองสาร ขนาด 0.22 μm สำหรับใช้ในการทดสอบวิธีการทดสอบ

1. ปลูกเซลล์ไลน์ จำนวน 1×10^5 cells/ml. ลงใน 96-well plate ปริมาตร 100 μm /well บ่มในตู้บ่ม อุณหภูมิ 37°C, 5% CO₂ นาน 24 ชั่วโมง

2. หลังจากครบ 24 ชั่วโมง ดูอาหารออกจากแต่ละหลุม จากนั้นเติมสารตัวอย่างความเข้มข้น 50% ปริมาตร 100 μm /well แล้วนำไปบ่มในตู้บ่ม อุณหภูมิ 37°C, 5% CO₂ นาน 20 ชั่วโมง

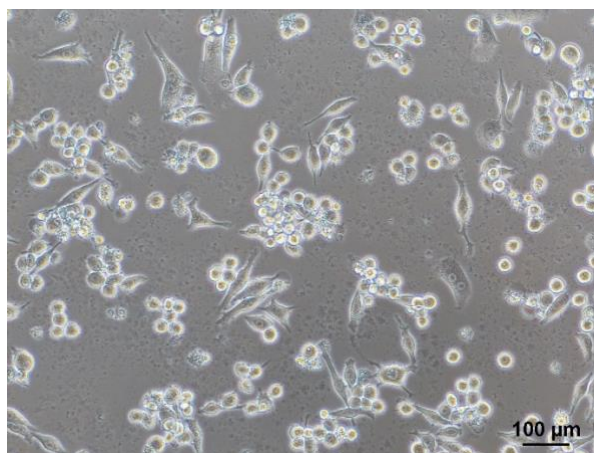
3. เมื่อบ่มเซลล์ในสารหมักครบเวลาที่กำหนด เติม MTT ความเข้มข้น 5 mg./ml., 10 μ m/well นำไปบ่มในตู้บ่ม อุณหภูมิ 37°C, 5% CO₂ นาน 4 ชั่วโมง
4. เมื่อบ่มเซลล์ใน MTT ครบ 4 ชั่วโมง ดูดสารละลาย MTT ที่ทิ้ง และเติมสารละลายผลึก Formazan ในที่นี้ใช้ 100% DMSO:10% SDS อัตราส่วน 9:1 ปริมาตร 100 μ m/well
5. นำไปวัดค่า OD ที่ wavelength 570 nm. ตั้งโปรแกรมเขย่า 5 นาทีก่อนวัดค่า OD
6. คำนวณค่า% Cytotoxicity ของสารแต่ละชนิด โดยใช้สูตร

$$\% \text{ Cytotoxicity} = \left[\frac{A-B}{A} \right] \times 100$$

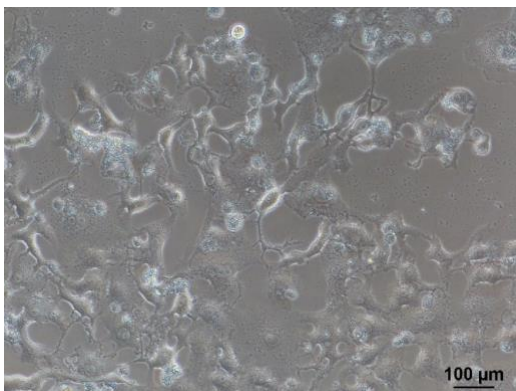
A = ค่าการดูดกลืนแสงของหลุมควบคุม (หลุมที่มีเซลล์ในอาหารเพาะเลี้ยง)

B = ค่าการดูดกลืนแสงของหลุมที่มีเซลล์ในสารแต่ละชนิด

โดยค่า A และ B จะต้องนำค่าการดูดกลืนแสงของ Blank (ในที่นี้คือ หลุมที่เติมสารละลาย 100% DMSO : 10% SDS มาหักลบออกก่อน จากนั้นจึงนำไปคำนวณจากสูตรข้างต้น)



ภาพที่ 4-18 ภาพแสดงการเพาะเลี้ยงเซลล์ผิวหนังมนุษย์ Human Keratinocyte immortal cells (HaCat)



ภาพที่ 4-19 ภาพแสดงการเพาะเลี้ยงเซลล์ไตลิง African green monkey kidney fibroblast (Vero)

ผลการทดสอบ

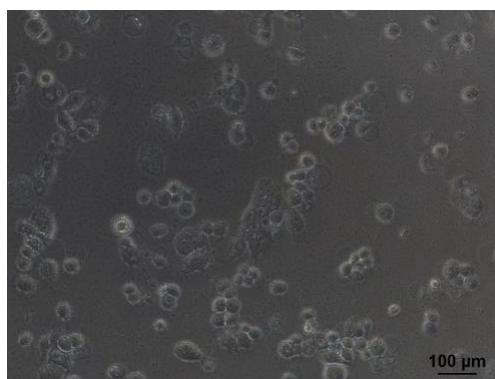
จากวิธีการทดลองข้างต้น ผู้วิจัยนำภาพถ่ายการทดสอบกับเซลล์มาเปรียบเทียบกัน ดังภาพที่ 4.16-4.22 และสามารถสรุปผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4-9

1. การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ Human Keratinocyte immortal cells (HaCat) ในการทดสอบกับสารสกัดสมุนไพร 3 ชนิด ดังนี้

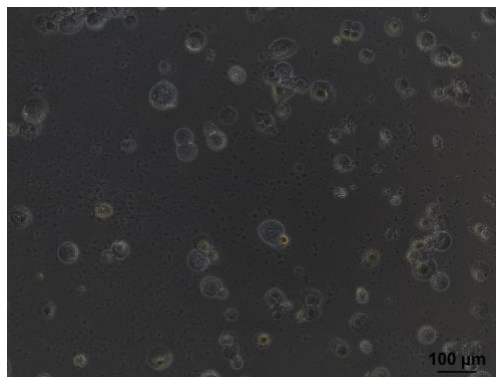
สารสกัด A คือ สารสกัดขี้เหล็ก 60 : กระเทียม 40

สารสกัด B คือ สารสกัดขี้เหล็ก 60 : ตะไคร้ 40

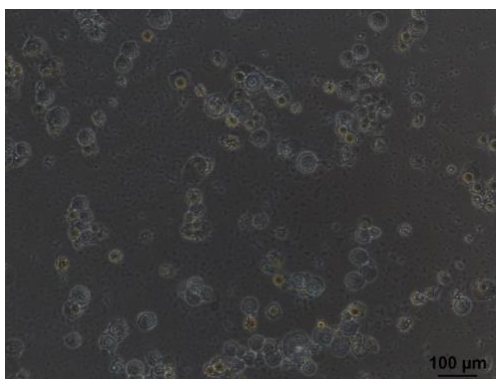
สารสกัด C คือ สารสกัดขี้เหล็ก 60 : สะเดา 40



ภาพที่ 4.20 HaCat A



ภาพที่ 4-21 HaCat B



ภาพที่ 4-22 HaCat C

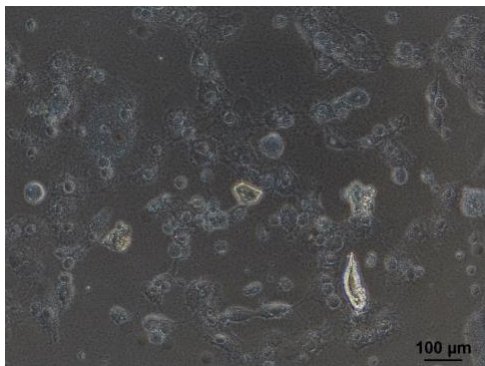
ผลการทดลองเมื่อส่องจำนวนเซลล์จากกล้องจุลทรรศน์ พบว่า สารสกัด C คือ สารสกัด
 จีเหล็ก 60 : สะเดา 40 มีจำนวนเซลล์ที่เหลืออยู่มากกว่าสารสกัดชนิดอื่น รองลงมา คือ สารสกัด A
 คือ สารสกัดจีเหล็ก 60 : กระเทียม 40 มีจำนวนเซลล์ที่เหลืออยู่มากเป็นอันดับที่ 2 และ สารสกัด B
 คือ สารสกัดจีเหล็ก 60 : ตะไคร้ 40 มีจำนวนเซลล์เหลือน้อยที่สุด

2. การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไตลิง African green monkey kidney fibroblast (Vero)
 ในการทดสอบกับสารสกัดสมุนไพร 3 ชนิด ดังนี้

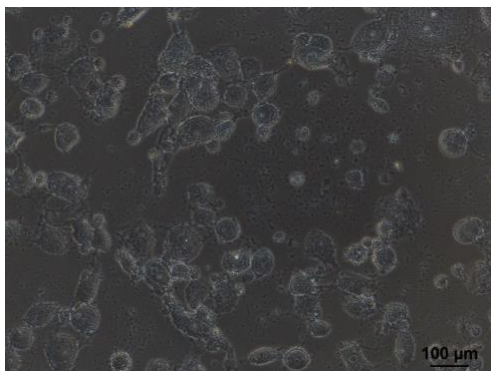
สารสกัด A คือ สารสกัดจีเหล็ก ร้อยละ 60 : กระเทียม ร้อยละ 40

สารสกัด B คือ สารสกัดจีเหล็ก ร้อยละ 60 : ตะไคร้ ร้อยละ 40

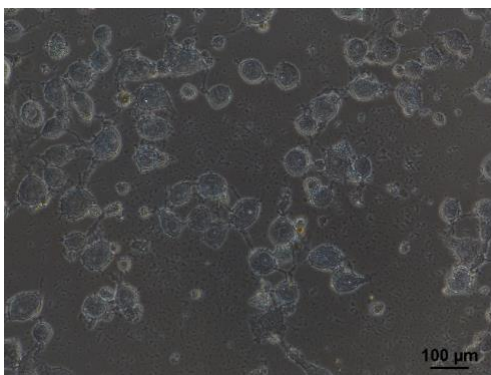
สารสกัด C คือ สารสกัดจีเหล็ก ร้อยละ 60 : สะเดา ร้อยละ 40



រូប 4-23 Vero A



រូប 4-24 Vero B



រូប 4.25 Vero C

ผลการทดลองเมื่อส่องจำนวนเซลล์จากกล้องจุลทรรศน์ พบว่า สารสกัด C คือ สารสกัด
 ชี้เหล็ก ร้อยละ 60 : สะเดา ร้อยละ 40 มีจำนวนเซลล์ที่เหลืออยู่มากกว่าสารสกัดชนิดอื่น รองลงมา
 คือ สารสกัด A คือ สารสกัดชี้เหล็ก ร้อยละ 60 : กระเทียม ร้อยละ 40 มีจำนวนเซลล์ที่เหลืออยู่มากเป็น
 อันดับที่ 2 และ สารสกัด B คือ สารสกัดชี้เหล็ก ร้อยละ 60 : ตะไคร้ ร้อยละ 40 มีจำนวนเซลล์เหลือน้อย
 ที่สุด

ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ (%Cytotoxicity) ทั้ง 2 ชนิด
 เพื่อหาสารสกัดที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุยืนด้วยนวัตกรรมชีวภาพ
 เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้วัสดุมีความเป็นพิษน้อยที่สุด ซึ่งผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ตารางแสดงผลการทดสอบความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์ HaCat และ Vero

สาร No.	รายละเอียดของสาร	%Cytotoxicity	
		HaCat	Vero
1.	สารสกัดสมุนไพร A	75.192	62.918
2.	สารสกัดสมุนไพร B	71.581	49.498
3.	สารสกัดสมุนไพร C	53.561	33.318

จากตารางที่ 4-9 ผู้วิจัยพบว่า สารสกัดสมุนไพร A คือ สารสกัดชี้เหล็ก 60% ต่อ กระเทียม
 40% มีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ (HaCat) มากที่สุด คือ 75.192% และมีค่าความเป็นพิษต่อ
 เซลล์ไตลิง (Vero) มากที่สุดเช่นเดียวกัน คือ 62.918%

รองลงมาคือ สารสกัดสมุนไพร B คือ สารสกัดชี้เหล็ก 60% ต่อตะไคร้ 40% มีค่าความเป็น
 พิษต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ (HaCat) คือ 71.581% และมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไตลิง (Vero)
 คือ 49.498%

ลำดับสุดท้าย คือ สารสกัดสมุนไพร C คือ สารสกัดชี้เหล็ก 60% ต่อสะเดา 40% มีค่าความ
 เป็นพิษต่อเซลล์ผิวหนังมนุษย์ (HaCat) คือ 53.561% และมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไตลิง (Vero)
 คือ 33.318%

จากผลการทดลอง ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า สารสกัดที่มี (ความเป็นพิษต่อเซลล์) ไล่น้อยที่สุด และเหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการ ออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ สารสกัดขี้เหล็ก ร้อยละ 60 ต่อสะเดา ร้อยละ 40

บทที่ 5

ผลการวิจัย

ผู้วิจัย ได้ศึกษาและสรุปผลการทดลอง เพื่อนำผลที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มสมบัติให้วัสดุไม้สักอายุน้อย และนำวัสดุไม้สักที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยผู้วิจัย ได้ศึกษาสมบัติและคุณสมบัติของวัสดุ และศึกษาแนวทางของการออกแบบผลิตภัณฑ์ และทดสอบการสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ผลการศึกษาวัสดุไม้สักอายุน้อย
2. ผลการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์
3. การสังเคราะห์ผลการทดลอง ประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วย

นวัตกรรมชีวภาพ

4. ผลการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)

4. ผลการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

ผลการศึกษาวัสดุไม้สักอายุน้อย

1. ความแข็งแรงของไม้สักอายุน้อย

การจำแนกประเภทของไม้ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท โดยยึดหลักความแข็งแรงในการตัดของไม้แห้ง (ค่าความชื้น 12%) ความทนทานของเนื้อไม้ตามธรรมชาติ (กรมป่าไม้, 2548, หน้า 7) (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2546, หน้า 5-13) ซึ่งเกณฑ์ในการแบ่งประเภทความแข็งแรงของเนื้อไม้แต่ละชนิด จะแบ่งดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ตารางการจำแนกความแข็งแรงของเนื้อไม้และความทนทานตามธรรมชาติ (กรมป่าไม้, 2548, หน้า 7)

ประเภทของไม้	ความแข็งแรง (กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความทนทาน (ปี)
ไม้เนื้อแข็ง	สูงกว่า 1,000	สูงกว่า 6
ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	600 – 1,000	2-6
ไม้เนื้ออ่อน	ต่ำกว่า 600	ต่ำกว่า 2

หมายเหตุ อ้างอิงค่าความชื้น โดยใช้ค่าความชื้น 12%

จากข้อมูลที่ผู้วิจัยศึกษาเอกสารทดสอบของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ (2548, หน้า 2-15) พบว่า กรมป่าไม้ได้ทำการทดสอบ ไม้หลากหลายชนิด เพื่อทดสอบค่าความแข็งแรงของเนื้อไม้แต่ละชนิด โดยผู้วิจัยศึกษาไม้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมบางชนิดมาแสดงผลดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ตารางแสดงความแข็งแรงของเนื้อไม้อุตสาหกรรมแต่ละชนิด (สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, 2548, หน้า 1-15)

ลำดับ	ชนิดไม้	ปริมาณ ความชื้น	ความ ถ่วงจำเพาะ	ความ แน่น	ความแข็งแรง				ความ เหนียว	ความแข็ง	ความทนทาน ตามธรรมชาติ
					การตัด		การบีบ	การเชือด			
					MOR	MOE	ขนาน	ขนานเสี้ยน			
							เสี้ยน				
	%	kg/m ³	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/m ²	kg	year		
			MPa	MPa	MPa	MPa		N			
1.	ตะเคียนทอง	12.00	0.71	800	1172	120200	520	148	4.70	649	16.0 (3.0-
					115	11790	51.0	15		6370	
2.	ชิงชัน	10.58	1.03	1143	1781	181200	1289	222	2.90	1256	ไม่ต่ำกว่า 15.0
					175	17770	126.4	22		12320	
3.	ประดู่	12.00	0.82	920	1334	119000	720	193	3.20	925	19.1 (5.0-
					131	11670	70.6	19		9070	
4.	พะยูง	9.00	0.95	1032	1751	167000	1193	266	4.08	1175	ไม่ต่ำกว่า 15.0
					172	16380	117	26		11520	
5.	มะค่าโมง	10.00	0.77	850	1229	101700	650	167	3.80	808	10.7 (6.0-
					121	9970	63.7	16		7920	
6.	สะเดา	9.71	0.78	870	1504	103900	830	272	4.09	746	6.7 (3.3-11.2)
					130	10190	81.4	27		7320	
7.	แดง	12.00	0.90	1010	1305	136700	394	182	3.30	1030	15.9 (10.0-
					128	13410	68.1	18		10100	

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

ลำดับ	ชนิดไม้	ปริมาณ ความชื้น	ความ ถ่วงจำเพาะ	ความ แน่น	ความแข็งแรง				ความ เหนียวจาก การเคาะ	ความแข็ง	ความ ทนทานตาม ธรรมชาติ จากการ ทดลองปัก ดิน	
					การตัด		การบีบ ขนาน เสี้ยน	การเขียด ขนานเสี้ยน				kg/m ²
					MOR	MOE						
%	kg/m ³	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/m ²	N	year				
8.	สัก (ป่า)	12.00	0.57	642	1023	103900	505	149	1.70	496	19.4 (8.4- 32.6)	
					100	10190	49.5	15		4860		
9.	สัก (สวน)	12.00	0.58	650	1045	113700	533	169	2.20	489	19.4 (8.4- 32.6)	
					102	11150	52.3	17		4800		
10	ยางพารา	12.00	0.62	700	973	96000	478	162	2.86	538	2.0 (0.5-3.8)	
					95	9420	46.9	16		5280		
11	มะฮอกกานี	12.00	0.59	660	747	66100	438	209	0.72	859	-	
					73	6480	43.0	20		8420		
12	ตีนเป็ด	12.00	0.36	400	428	55600	311	79	1.23	207	1.4 (0.8-2.0)	
					42	5450	30.5	8		2030		
13	ทองกวาว	*130.20	0.49	1130	395	49000	144	65	2.78	361	3.0 (1.0-5.0)	
					39	4810	14.1	6		3540		

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

ลำดับ	ชนิดไม้	ปริมาณ ความชื้น	ความ ถ่วงจำเพาะ	ความ แน่น	ความแข็งแรง				ความ เหนียวจาก การเคาะ	ความแข็ง	ความ ทนทานตาม ธรรมชาติ จากการ ทดลองปัก ดิน	
					การตัด		การบีบ ขนาน เส้น	การเชือด ขนานเส้น				kg/m ²
					MOR	MOE						
%	kg/m ³	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/m ²	kg	year				
					MPa	MPa	MPa	MPa		N		
14	มะขาม	12.00	0.653	781	775	63500	407	180	4.25	809	-	
					76	6227	39.9	17.6		7934		
15	มะม่วงบ้าน	12.00	0.649	727	575	49200	275	148	2.16	404	-	
					56.4	4825	27.0	14.5		3962		
16	ลิ้นจี่	12.00	0.768	860	819	74600	501	251	2.12	832	-	
					80.3	7321	49.8	24.6		8159		
17	ลำไย	10.98	0.71	855	754	70700	437	178	3.60	968	-	
					74	6934	42.9	17		9493		
18	ขนุนบ้าน	12.00	0.462	517	501	45100	250	94	2.49	279	-	
					49.1	4422	24.5	9.2		2736		

หมายเหตุ ค่าความแข็งแรงที่สภาพเปียก

จากตารางที่ 5-2 พบว่าไม้สักป่าและไม้สักสวน มีผลการทดสอบในด้านต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกัน ในระดับความชื้น 12% โดยไม้สักป่า มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ที่ 0.57 ไม้สักสวน มีค่าความถ่วงจำเพาะ อยู่ที่ 0.58 ซึ่งมีความใกล้เคียงกัน ค่าความแน่น ไม้สักป่า มีค่าความแน่น 642 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และไม้สักสวน มีค่าความหนาแน่น 650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

แต่สิ่งที่แตกต่างกันมากที่สุด คือ ค่าสัมประสิทธิ์ยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity : MOE) ไม้สักป่ามีค่าสัมประสิทธิ์ยืดหยุ่น (MOE) ที่ 103900 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือค่าแรงกดอยู่ที่ 10190 เมกะปาสกาล (MPa) แต่ไม้สักสวน มีค่าสัมประสิทธิ์ยืดหยุ่น (MOE) ที่ 113700 กิโลกรัมต่อ ตารางเซนติเมตร หรือค่าแรงกดอยู่ที่ 11150 เมกะปาสกาล (MPa) ซึ่งจากผลจะเห็นความแตกต่างที่ ชัดเจน ผลคือ ไม้สักสวนมีความยืดหยุ่นที่ดีกว่าไม้สักป่า เนื่องจากการควบคุมคุณภาพของเนื้อไม้ ขณะที่ปลูก ทำให้ผลผลิตที่ได้ดีกว่าไม้สักป่าที่ไม่ได้ควบคุมคุณภาพของเนื้อไม้

ส่วนความคงทนตามธรรมชาติ ไม้สักทั้ง 2 ชนิด มีความทนทานของเนื้อไม้ที่เท่ากัน คือ เฉลี่ยประมาณ 19 ปี โดยความคงทนตามธรรมชาติของเนื้อไม้ จะอยู่ที่ 8.4 – 32.6 ปี

จากตารางที่ 5-2 จะเห็นได้ว่า ความแน่นของไม้สักป่า อยู่ที่ 642 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และไม้สักสวน อยู่ที่ 650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยเมื่อเทียบกับตารางที่ 5-1 ตารางการจำแนก ความแข็งแรงของเนื้อไม้และความทนทานตามธรรมชาติ พบว่า ไม้สักจัดอยู่ในกลุ่ม ไม้เนื้อแข็งปาน กลาง ที่มีค่าความแน่น อยู่ที่ 600-1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่ในขณะเดียวกัน กลับมีค่าความ ทนทานสูงกว่าไม้เนื้อแข็ง ที่มีค่าความทนทานมากกว่า 6 ปีขึ้นไป

ดังนั้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ไม้สักทั้งไม้สักป่า ที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ และไม้สักสวน ที่เกิดจากการเพาะปลูก จัดอยู่ในกลุ่มไม้สักประเภทไม้เนื้อแข็งระดับปานกลาง ที่มีค่าความคงทน มากกว่าไม้เนื้อแข็ง

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแข็งแรงกับไม้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมมากที่สุด คือ ไม้ยางพารา โดยมี สมบัติทางกายภาพและเชิงกล ดังตารางที่ 5-3 และดัชนีความเหมาะสมในการใช้ไม้ ยางพารา เมื่อเทียบกับสักให้มามีค่า 100 ดังตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-3 ตารางแสดงสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลของไม้สัก เปรียบเทียบกับไม้ยางพารา
(ฐิตาภรณ์ ภูมิไชย์ และคณะ, 2557, หน้า 33)

สมบัติทางกายภาพและเชิงกล	ไม้สัก		ไม้ยางพารา	
	สด	แห้ง	สด	แห้ง
ความชื้น (%)	-	12	-	12
ความถ่วงจำเพาะ	0.596	0.604	0.521	0.557
ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	1,053	676	944	515
แรงดัดหักสถิต (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	841	959	437	756
แรงดัดโค้งงอ (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	109.7	119.6	55.6	82.0
แรงอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)				
ขนานเส้น	415	532	200	374
ตั้งฉากกับเส้น	86	101	47	101
ความแข็ง (กิโลกรัม)				
ด้านข้าง	554	512	310	538
ด้านปลาย	486	488	309	627
แรงเฉือนขนานเส้น (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	94.9	102.3	77.1	113.6
แรงดึงตั้งฉากกับเส้น (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	73.9	62.0	47.4	59.8

จากตารางที่ 5-3 ผู้วิจัยพบความแตกต่างระหว่างไม้สักและไม้ยาง โดยแบ่งการเปรียบเทียบเป็น 2 ลักษณะ คือ ไม้สดและไม้แห้ง ซึ่งผลที่พบ คือ ไม้สักสมบัติทางกายภาพและเชิงกลมากกว่าไม้ยางพาราในทุกด้าน ทั้งในลักษณะไม้สดและไม้แห้ง ยกเว้นสมบัติ 3 ชนิด คือ ความแข็งด้านข้าง ความแข็งด้านปลาย และแรงเฉือนขนานเส้น ที่ไม้ยางพาราแห้งมีค่ามากกว่า แต่ในภาพรวมนั้น ไม้สักมีค่าสูงกว่าในทุกด้าน ดังนั้น ไม้สักจึงมีความเหมาะสมมากกว่าในด้านการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องรับแรงกด แรงดัด แรงอัด

ผลจากตารางนี้ ผู้วิจัยพบว่า ไม้สักแห้งที่มีค่าความชื้นอยู่ที่ 12% จะมีค่าแรงดัดหักสถิตอยู่ที่ 959 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีค่าแรงดัด โค้งงอ อยู่ที่ 119.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่มากที่สุด เมื่อเกิดการเปรียบเทียบระหว่าง ไม้สักทั้ง ไม้สักแห้ง

และไม่สึกสัด กับไม้ยางพาราแห้งและไม้ยางพาราสด ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ไม้สักแห้งที่มีค่าความชื้น 12% สามารถรับแรงดัดหักสถิต หรือ เนื้อวัสดุมีความเหนียว สามารถป้องกันการแตกหักได้มากที่สุดในการเปรียบเทียบครั้งนี้ รวมถึงแรงดัดโค้งงอ ที่ไม้สักมีความสามารถในการดัดโค้งได้มากที่สุดในการเปรียบเทียบครั้งนี้ ดังนั้น หากต้องการความยืดหยุ่นในการดัดโค้ง ไม้สักความชื้น 12% เหมาะสมมากที่สุด

ในตารางที่ 5-4 เป็นตารางแสดงดัชนีความเหมาะสมในการใช้งานยางพารา เมื่อเปรียบเทียบผลกับไม้สัก โดยเทียบค่าไม้สักที่ค่าที่ระดับ 100 โดยมีผล ดังนี้

ตารางที่ 5-4 ดัชนีความเหมาะสมในการใช้งานไม้ยางพารา เมื่อเทียบกับไม้สักให้มีค่า 100
(จุฑาภรณ์ ภูมิไชย์ และคณะ, 2557, หน้า 33)

สมบัติ	ดัชนีความเหมาะสม
น้ำหนัก (ความชื้น 12%)	93
แข็งแรงฐานะคาน (Strength as Beam)	62
แข็งดิ่งฐานะคาน (Stiffness as Beam)	77
เหมาะสมฐานะเสา (Suitability as post)	52
ทนแรงกระแทก (Shock resistance)	75
ทนแรงเฉือน (Shear)	92
ความแข็ง (Hardness)	74
สัมประสิทธิ์การแยกตัว (Splitting coefficient)	75

จากตารางที่ 5-4 ผู้วิจัยพบว่า ดัชนีความเหมาะสมในการใช้งานของไม้ยางพารา มีค่าน้อยกว่าไม้สักในทุกด้าน ซึ่งค่าที่มีผลดัชนีความเหมาะสมในการใช้งานน้อยที่สุด คือ ความเหมาะสมฐานะเสา (Suitability as post) มีค่าดัชนีอยู่ที่ 52 ซึ่งมีค่าดัชนี น้อยกว่าไม้สักถึง 48 หน่วย รองลงมาคือ ดัชนีความแข็งแรงในฐานะคาน มีค่าดัชนีอยู่ที่ 62 หน่วย เมื่อผู้วิจัยสังเกตผล พบว่า ไม้ยางพารามีความเหมาะสมในการรับน้ำหนักแรงกดได้น้อยกว่าไม้สักมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า ไม้สักมีความเหมาะสมในการนำไปเป็นโครงสร้างในงานออกแบบ เพื่อรับแรงกดและรับน้ำหนักได้ดีกว่าไม้

ยางพารา ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้ทราบผลแล้ว ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า ไม้สักมีความเหมาะสมในการนำมาออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากกว่าไม้ยางพาราด้วยคุณภาพของสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไม้สัก

2. การแปรรูปไม้ขนาดเล็ก

ในการแปรรูปเนื้อไม้ขนาดเล็กในการแปรรูปนั้น เนื้อไม้ต้องมีขนาดที่โตพอสมควร เพื่อจะได้เนื้อไม้ส่วนของแก่นมากกว่าส่วนกระพี้ โดยเส้นผ่าศูนย์กลาง ควรมีขนาด 8 นิ้วขึ้นไป มีลำต้นตรงไม่คดงอ แต่ไม้แปรรูปที่ได้จากไม้ขนาดเล็กนั้นขณะยังสดอยู่ จะมีการโค้งงอโดยธรรมชาติ ทำให้ในขณะที่ทำการเลื่อย อาจทำให้เกิดการแตกร้าวได้ง่าย ดังนั้น เพื่อลดปัญหาการโค้งงอ ควรเลื่อยไม้ขนาดสั้นๆ ความยาวประมาณ 1.50 – 2.50 เมตร ไม้ท่อนขนาดเล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-9 นิ้ว เมื่อแปรรูปเป็นไม้แปรรูปแล้ว จะได้ผลผลิตประมาณ 25 – 35% โดยรวมไม้ที่มีการโค้งงอ ตัดใส่และแตกร้าวด้วย เมื่อนำไม้แปรรูปที่ได้ไปใช้งาน จะมีปริมาณคงเหลือประมาณ 20-30% เท่านั้น ลักษณะการใช้งานไม้ชิ้นเล็ก หากต้องการใช้ประโยชน์เป็นไม้ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและหน้ากว้างขึ้น จำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการต่อความยาว หรือการอัดประสาน เพื่อประสานขนาดความหนาและความกว้างเข้าด้วยกัน

ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาดัชนีการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว โดยศึกษาไม้สักตัดสายขยายระยะ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลของสำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลผลิตป่าไม้ (กรมป่าไม้, 2547) ได้สรุปการใช้ประโยชน์จากไม้สักตัดสายขยายระยะ ในที่นี้ใช้ไม้สักอายุ 17 ปี ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 5-5

ตารางที่ 5-5 ตารางแสดงดัชนีการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว ไม้สักตัดสางขยายระยะ อายุ 17 ปี
(กรมป่าไม้, 2547)

ศักยภาพในการใช้ประโยชน์	ลักษณะ
ไม้เสาเหลี่ยมอมไม้	ดีมาก
ไม้โครงสร้างขนาดเล็ก คาน แปะ กลอน	ไม่ดี
ไม้คอนสายไฟฟ้า	ดี
ไม้ทำเครื่องเรือน	ดี
ไม้ประสานใช้งานทั่วไป	ดี
ไม้วงกบ/ไม้วงกบประสาน	ดีมาก
ไม้กรอบและบานหน้าต่าง	ดีมาก
ไม้พื้นลิ้นร่องรอบตัว	ดีมาก
ไม้พื้นปาร์เก้ - โมเสค	ดีมาก
เครื่องกลึงและแกะสลัก	ดีมาก

จากตารางที่ 5-5 จะเห็นค่า ไม้สักอายุ 17 ปี ไม่เหมาะที่จะนำมาสร้างเป็นไม้โครงสร้างขนาดเล็ก คาน แปะ กลอน ซึ่งต้องรับน้ำหนักมาก และเหมาะสมในระดับดี กับการทำไม้ประสาน หรือไม้คอน ซึ่งนำมาใช้เป็นวัสดุในการทำเครื่องเรือนหรือเฟอร์นิเจอร์ แต่มีผลดีมากที่สุดการทำไม้วัสดุตกแต่ง หรือไม้ต้องรับแรง หรือการแกะสลัก นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาสมบัติด้านต่าง ๆ ของไม้สักตัดสางขยายระยะ อายุ 17 ปี ซึ่งเป็นไม้สวนป่า ซึ่งเป็นผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลผลิตป่าไม้ (กรมป่าไม้, 2547) ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางที่ 5-6 ได้ดังนี้

ตารางที่ 5-6 ตารางสรุปลักษณะและคุณสมบัติของไม้ไต่เร่ว ไม้สักตัดสายขยายระยะ จากสวนป่า

คุณสมบัติ	ลักษณะที่พบ
1. ตำหนิในไม้แปรรูป (Defect in Lumber)	
โค้ง (Bow)	มิลลิเมตร/ความยาว 1 เมตร 6.7
โก่ง (Spring)	มิลลิเมตร/ความยาว 1 เมตร 3.7
แตกปลาย (Split)	มิลลิเมตร/ความยาว 1 เมตร 80
บิด (Twist)	มิลลิเมตร/ความยาว 1 เมตร -
ห่อ (Cup)	มิลลิเมตร/ความยาว 1 เมตร -
ยุบ (Collapse)	มิลลิเมตร/ความกว้าง 10 เซนติเมตร ไม่มี
ตา (Knot)	
- เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย เซนติเมตร	2.8
- จำนวนตาเฉลี่ย/ 1 ตารางฟุต	1.1
2. เนื้อไม้บนหน้าตัดไม้แวน	
- กระจพี (Sapwood) %	49.6
- แก่น (Hardwood) %	50.4
3. ลักษณะเนื้อไม้ (Texture)	ปานกลาง
4. เส้น (Grain)	ตรง
5. สีเนื้อไม้ (Color)	น้ำตาลอ่อน
6. การหดตัว (Shrinkage)	
6.1 ไม้แวน - ด้านสัมผัส (Tangential)	2.10*, 6.08**
- ด้านรัศมี (Radial)	1.37, 3.40
6.2 ไม้ขนาด 2x2x2 เซนติเมตร	
- ด้านสัมผัส (Tangential)	3.05, 6.36
- ด้านรัศมี (Radial)	10.8, 2.23
- ด้านยาว (Longitudinal)	0.15, 0.41
7. ความแน่นหรือน้ำหนักของไม้แห้ง (Air – Dry Density)	0.649
กรัม/เซนติเมตร ³	ปานกลาง
8. ความง่ายในการตกแต่ง (Ease of Machining) (ไส ตัด)	ง่าย - ปานกลาง

หมายเหตุ *สด – แห้งในอากาศ **สด – อบแห้ง

ความแน่นของไม้ 0-0.3. เบา, 0.51 – 0.65 ปานกลาง, 0.66 - 0.80 หนัก, 0.80 ขึ้นไป หนักมาก

จากตารางที่ 5-6 พบว่า ค่าหนีของไม้สัก ได้แก่ ความโค้งมีค่าอยู่ที่ 6.7 มิลลิเมตร/ความยาว 1 เมตร ความโก่ง มีค่าอยู่ที่ 3.7 มิลลิเมตร/ความยาว 1 เมตร การแตกปลาย มีค่าอยู่ที่ 80 มิลลิเมตร/ความยาว 1 เมตร ซึ่งอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง ส่วนการบิดและการห่อ ไม้พบข้อมูล และไม่มี การยวบตัวของเนื้อไม้ เนื้อไม้ที่ปรากฏ มีส่วนกระพี้และแก่น อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน คือ 49.6% และ 50.4%

แต่ไม้สักตัดสางขยายระยะ มีความแตกต่างกันในเรื่องของการหดตัวของเนื้อไม้ที่แห้งโดยอากาศกับการอบแห้ง ซึ่ง ไม้สักที่แห้งโดยอากาศ จะมีการหดตัวที่น้อยกว่า ทั้งในรูปแบบไม้แวน และไม้ขนาด 2x2x2 เซนติเมตร ซึ่งมีการหดตัวน้อย แต่เมื่อนำไม้สักตัดสางขยายระยะไปอบแห้ง ไม้สักจะมีการหดตัวค่อนข้างมาก คือ ไม้แวน มีการหดตัว 6.08 มิลลิเมตร และไม้ขนาด 2x2x2 เซนติเมตร มีการหดตัวอยู่ที่ 6.36 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยต้องพิจารณาในการนำไม้สักไปแปรรูปก่อนการนำไปใช้ประโยชน์

ในด้านน้ำหนักของไม้ผึ่งแห้ง โดยใช้วิธีธรรมชาติ ไม้สักมีน้ำหนักอยู่ในระดับปานกลาง คือ 0.649 กรัม/ ลูกบาศก์เซนติเมตร และไม้สักเป็นไม้ที่มีความง่ายถึงปานกลางในการตกแต่งประเภทไสไม้ และการตัดไม้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า ไม้สักเป็นไม้ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดี แต่ต้องพิจารณา การหดของเนื้อไม้จากการอบแห้ง เพื่อให้การนำเนื้อไม้มาใช้ประโยชน์ เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด

3. การประเมินค่าไม้สัก

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาได้ศึกษาหลักเกณฑ์ในการประเมินค่าไม้สักตามเอกสารของสหกรณ์สวนป่าเอกชน จำกัด และวิสาหกิจชุมชนชมรมไม้กฤษณา (ไม้หอม) แห่งประเทศไทย ได้มีการกำหนดหลักเกณฑ์ไว้ ดังนี้ (ประชาชาติธุรกิจ, ออนไลน์, สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มิถุนายน 2562)

3.1 กำหนดหาปริมาตรไม้ ให้ใช้สูตรหลักการคำนวณปริมาตรของไม้ยืนต้น คือ
 $\text{โต} \times \text{โต} \times \text{สูง} \times 7.96 / 1,000,000$ โดยได้ปริมาณไม้เป็นลูกบาศก์เมตร

3.2 วัดระยะจากพื้นดินขึ้นมา 1.3 เมตร แล้ววัดเส้นรอบวงของลำต้น เรียกว่า ความโต

3.3 วัดจากระยะพื้นดินขึ้นมาถึงเรือนยอดของต้นไม้ แล้วลบออก 30% เรียกว่า ความสูง นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาราคาไม้สักตามอายุที่แตกต่างกันตามการประมาณค่าของสหกรณ์ฯ

ดังนี้

1. ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 5-10 ปี ราคาประเมิน ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 1,000 บาท
2. ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 11-15 ปี ราคาประเมิน ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 2,000 บาท

3. ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 16-20 ปี ราคาประเมิน ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 3,000 บาท
4. ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 21-25 ปี ราคาประเมิน ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 5,000 บาท
5. ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 25-30 ปี ราคาประเมิน ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 7,000 บาท
6. ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 31-35 ปี ราคาประเมิน ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 8,000 บาท
7. ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 36-40 ปี ราคาประเมิน ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 10,000 บาท
8. ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 41-45 ปี ราคาประเมิน ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 12,000 บาท
9. ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 46-50 ปี ราคาประเมิน ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 15,000 บาท
10. ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป ราคาประเมิน ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 18,000-25,000 บาท

ผู้วิจัยพบว่า ไม้สักที่มีอายุตั้งแต่ 5-15 ปีนั้น มีราคาประเมินอยู่ที่ ลูกบาศก์เมตรละ 1,000 – 2,000 บาท ซึ่งเป็นราคาที่ไม่สูง แต่ยังเป็นไม้ที่มีมูลค่า ดังนั้น การจะนำไม้สักมาใช้ประโยชน์ ควรต้องทำให้ไม้สักนั้น ต้องใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าและมูลค่าสูงที่สุด เพื่อสร้างรายได้ให้กับชุมชน ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ไม้สัก

4. อัตราการเจริญเติบโตของไม้สัก

นอกจากด้านราคาของไม้สักที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของไม้สัก ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการจำแนกชนิดของไม้โตเร็วไว้ 5 ประเภท ดังนี้

- 4.1 ไม้โตเร็วมาก (Very Fast Growing) ได้แก่ ต้นไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นรอบวงเกินปีละ 5 เซนติเมตร
- 4.2 ไม้โตเร็ว (Fast Growing) ได้แก่ ต้นไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นรอบวงปีละ 4-5 เซนติเมตร
- 4.3 ไม้โตปกติ (Normal Growing) ได้แก่ ต้นไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นรอบวงปีละ 2.5-4 เซนติเมตร
- 4.4 ไม้โตค่อนข้างช้า (Rather Slow Growing) ได้แก่ ต้นไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นรอบวงปีละ 1-2.5 เซนติเมตร
- 4.5 ไม้โตช้า (Slow Growing) ได้แก่ ต้นไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นรอบวงน้อยกว่าปีละ 1 เซนติเมตร

ผู้วิจัยได้ศึกษาตัวอย่างอัตราการเจริญเติบโตข้อมูลจากอัตราการเจริญเติบโตของไม้สัก สวนป่าแม่เกาะ จ.ลำปาง (อ.อ.ป.) ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5-7 ตารางแสดงอัตราการเจริญเติบโตของไม้สักสวนป่าแม่เมาะ จ.ลำปาง
(ประชาชาติธุรกิจ, 2562)

อายุของไม้ (ปี)	เส้นรอบวง (เซนติเมตร)	อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อปี (เซนติเมตร)
5	39	7.8
10	63	6.3
15	74	4.93
20	86	4.3
25	92	3.68
63 (ไม้สักป่าธรรมชาติ)	90	1.43

จากตารางที่ 5-7 ผู้วิจัยพบว่า ไม้สักสวนป่าเป็นไม้ที่มีอัตราการเติบโต จัดอยู่ในประเภทไม้โตเร็ว ในช่วงอายุ 5-10 ปี อัตราการเจริญเติบโตซึ่งวัดโดยเส้นรอบวง มีอัตราการเจริญเติบโตแบบก้าวกระโดด คือ เส้นรอบวงอยู่ที่ 39-63 เซนติเมตร ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ และเมื่อประกอบกับข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสางขยายระยะ พบว่า ไม้สักที่ถูกตัดสางขยายระยะในช่วงอายุ 7-14 ปี ซึ่งอยู่ในช่วงอายุไม้ ดังตารางที่ 5-7 ซึ่งพบว่า ขนาดที่พบ อยู่ในระหว่าง 39-74 เซนติเมตร ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำไม้สักอายุ 7-14 ปี มาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ และเมื่อนำข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ซึ่งไม้สักแห้งที่มีค่ารับแรงมากกว่าไม้สักสด และไม้ยางพารา ทำให้ผู้วิจัยสรุปว่า ไม้สักในช่วงอายุ 7-14 ปี สามารถใช้ในการออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ ได้มีคุณสมบัติดีกว่าไม้ยางพารา มีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า และมีขนาดที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ได้ หากแต่ยังมีขนาดไม่เหมาะสมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ จึงควรออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก และต้องใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่าที่สุด

ผลการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

1. แนวความคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการทดลอง เพื่อนำผลการทดลอง ไปใช้ในการเพิ่มสมบัติให้กับวัสดุไม้สักอายุน้อย เพื่อนำวัสดุนั้น มาใช้เพื่อการออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุไม้สักแล้ว และพบว่าไม้สักมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แต่เนื่องจากไม้สักอายุน้อย มีสมบัติในด้านความแข็งแรงไม่เทียบเท่ากับไม้สักที่มีอายุมาก ดังนั้นการใช้ประโยชน์ จะมีข้อจำกัดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องรับแรงกดมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงหลีกเลี่ยงในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยโครงสร้างในการรับน้ำหนัก เช่น เฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะ เก้าอี้ ตู้ขนาดใหญ่ แต่เน้นในด้านของการใช้กับพื้นที่จำกัด รับน้ำหนักและแรงกดไม่มาก สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกและเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทตกแต่ง ของเล่น ของที่ระลึก เป็นต้น เพื่อให้ไม้สัก ซึ่งเป็นไม้ที่มีมูลค่านั้น ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. การประยุกต์กรอบแนวความคิดสู่ผลการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวความคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ และกำหนดกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการออกแบบ ตามปัจจัยของผู้บริโภคและปัจจัยของผู้บริโภคประกอบกันเป็นแนวความคิดเพื่อใช้ในการออกแบบ ซึ่งจากกรอบแนวความคิดด้านการใช้ประโยชน์จากไม้สัก ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 การออกแบบผลิตภัณฑ์ ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดมูลค่า ใช้ประโยชน์จากไม้สักได้อย่างคุ้มค่า และใช้งานได้จริง กลุ่มผู้ผลิตไม้สัก สามารถผลิตได้ไม่ยาก

2.2 การส่งออก ผลิตภัณฑ์ไม้สักนั้นสามารถส่งออกได้ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น สะดวกในการขนส่ง สามารถขนส่งได้ในปริมาณมาก หากเป็นผลิตภัณฑ์ถอดประกอบ ต้องสามารถถอดประกอบได้สะดวก

2.3. มูลค่าทางเศรษฐกิจเพิ่ม เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการออกแบบ และใช้วัสดุที่มีคุณภาพ และคุ้มค่า การเพิ่มมูลค่าสินค้า ถือเป็นเรื่องสำคัญ ที่จะทำให้รายได้ของชุมชนเพิ่มขึ้น ถือเป็น การสร้างรายได้ให้กับชุมชนผู้ผลิต มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ศึกษากรอบแนวความคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของ อุดมศักดิ์ สาริบุตร (2549, หน้า 10) เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ โดยพิจารณาด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย (Function)
2. ความปลอดภัย (Safety)
3. ความแข็งแรง ทนทาน (Durability)
4. ความประหยัด (Economics)
5. วัสดุ (Material)
6. โครงสร้าง (Construction)
7. ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Ergonomics)
8. ความสวยงาม (Aesthetics)
9. มีลักษณะเฉพาะ (Personality)
10. กรรมวิธีการผลิต (Production)
11. การซ่อมบำรุงรักษา (Easy to Maintenance)
12. การขนส่ง (Transportation)

ผู้วิจัยได้พิจารณาตามหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ทำการกำหนดผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นตัวอย่างในการนำวัสดุไม้สักอายุสั้นที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ โดยพิจารณาจากลักษณะของไม้สักอายุสั้นก่อน ซึ่งผู้วิจัยพิจารณาจากเกณฑ์จากตารางที่ 5-3 ดังนี้

1. แรงดัดหักสถิติ
2. แรงดัดโค้งงอ
3. แรงอัด

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อสรุปลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้วิจัยจะออกแบบผลิตภัณฑ์ และประกอบกับสมบัติของเนื้อไม้อายุน้อย 7-14 ปี ซึ่งมีสมบัติไม่เทียบเท่ากับไม้สักที่มีอายุตามเกณฑ์ซึ่งใช้ในระบบอุตสาหกรรม คือ 1. แรงดัดหักสถิติ มีค่าการรับแรงได้ไม่เกิน 959 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 2. แรงดัดโค้งงอ มีค่าการรับแรงได้ไม่เกิน 119 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 3. แรงอัด มีค่าการรับอัดขนานเส้น ได้ไม่เกิน 532 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีค่าการรับแรงอัดตั้งฉากกับเส้นได้ไม่เกิน 101 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ผู้วิจัยนำข้อพิจารณาทั้ง 3 ด้าน ศึกษาหาแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถรับแรงได้ไม่เกินเกณฑ์ที่ผู้วิจัยศึกษา และต้องนำวัสดุไม้สัก ซึ่งเป็น ไม้ที่มีมูลค่า โดยผู้วิจัยได้ศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย

การสังเคราะห์ผลการทดลอง ประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วย นวัตกรรมชีวภาพ

1. ผลการวิเคราะห์การศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อการนำไม้สักอายุน้อยไปใช้
ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยต้องการศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อการนำไม้สักอายุน้อยไปใช้ประโยชน์ใน
การออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อศึกษาแนวความคิดของผู้บริโภคในความต้องการใช้ประโยชน์จาก
ผลิตภัณฑ์ไม้สัก และมุมมองของผู้บริโภคต่อการนำไม้สักไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์
โดยกำหนดกรอบในการศึกษา เกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค 4 ด้าน ตามทฤษฎีของ
St. Elmo Lewis (1898) ดังนี้

1.1 ความตั้งใจ (Attention) ผู้บริโภคต้องรู้จักสินค้าและบริการก่อนซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ
ผู้บริโภคมุ่งความตั้งใจในการรับสาร

1.2 ความสนใจ (Interesting) นอกจากความสนใจแล้ว ผู้บริโภคต้องถูกเร้าความสนใจ
จนสามารถแยกแยะสินค้านั้นออกจากสินค้าที่มีอยู่ในตลาดได้

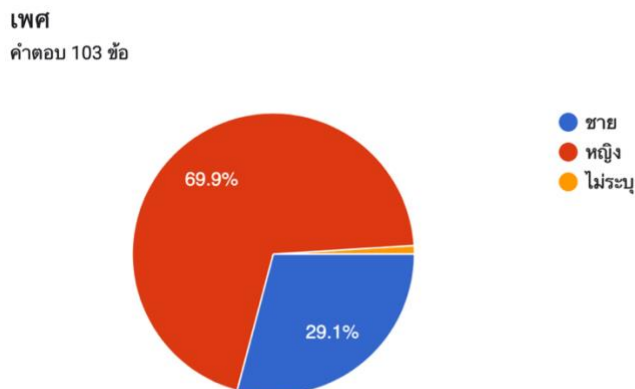
1.3 ความปรารถนา (Desire) เมื่อความสนใจ ถูกกระตุ้นจนกลายเป็นความอยาก
ความปรารถนาที่จะได้ครอบครองสินค้านั้น ๆ โดยปกติ ความปรารถนาจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้บริโภค
เห็นประโยชน์ของสินค้า หรือเห็นจากการแก้ปัญหาของสินค้าที่สินค้านั้นมอบให้

1.4 การกระทำ (Action) เมื่อเกิดความปรารถนาแล้ว กระบวนการซื้อจะสมบูรณ์
ก็ต่อเมื่อผู้บริโภคก้าวเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้าย คือ การซื้อสินค้า

การศึกษาแนวความคิดทฤษฎีการตัดสินใจ จะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผู้บริโภค
มีความสนใจในการซื้อผลิตภัณฑ์หรือบริการในลักษณะใด โดยปัจจัยคือ ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์
สังคม ทัศนคติของผู้บริโภค ความสนใจในผลิตภัณฑ์ การกระทำ เมื่อได้ศึกษาทฤษฎีแล้ว ผู้วิจัยได้สร้าง
แบบสำรวจความคิดเห็น ในรูปแบบออนไลน์ (Google Form) ซึ่งเก็บข้อมูลจากกลุ่มผู้บริโภคที่สนใจ
ผลิตภัณฑ์จากไม้สัก โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้บริโภคที่มีความสนใจในผลิตภัณฑ์ไม้สัก
หรือต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่ปลอดภัยจากสารเคมี และเคยใช้ผลิตภัณฑ์จากไม้สัก โดยกำหนดช่วง
อายุ ตั้งแต่ 15-75 ปี ซึ่งไม่ทราบประชากรที่แน่นอน ดังนั้นผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างจากตารางการ
กำหนดกลุ่มตัวอย่างสำเร็จรูปของทาโร ยามานะ (Taro Yamane, 1973) ซึ่งมีประชากรไม่สิ้นสุด
จึงมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 10 และสุ่มโดยวิธีการสุ่มแบบ

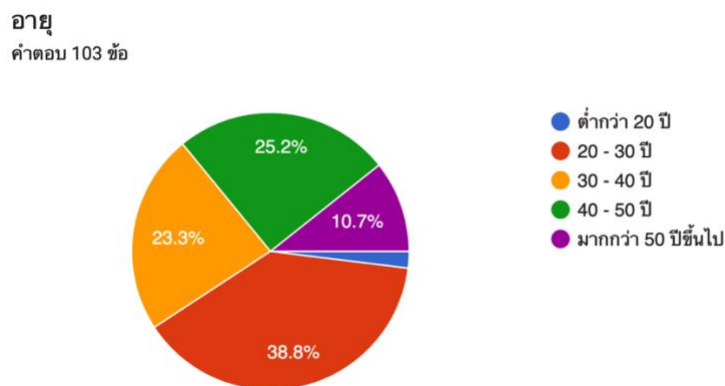
บังเอิญ (Accidental Sampling) โดยใช้ระยะเวลาในการสำรวจ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งผลการสำรวจ มีดังนี้

1. จำนวนและเพศ มีผู้ตอบแบบสำรวจ จำนวน 103 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 30 คน คิดเป็น 29.1% เพศหญิง จำนวน 72 คน คิดเป็น 69.9% และไม่ระบุเพศ จำนวน 1 คน คิดเป็น 1%



ภาพที่ 5-1 แผนภูมิแสดงเพศของผู้ตอบแบบสอบถาม

2. อายุของผู้ตอบแบบสำรวจ ผู้วิจัยสามารถลำดับอายุผู้ตอบแบบสอบถามได้ ดังนี้ ลำดับที่ 1 อายุ 20-30 ปี มีจำนวน 40 คน คิดเป็น 38.8% ลำดับที่ 2 อายุ 40-50 ปี จำนวน 26 คน คิดเป็น 25.2% ลำดับที่ 3 อายุ 30-40 ปี มีจำนวน 24 คน คิดเป็น 23.3% ลำดับที่ 4 อายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป มีจำนวน 11 คน คิดเป็น 10.7% และลำดับที่ 5 อายุต่ำกว่า 20 ปี มีจำนวน 2 คน คิดเป็น 1.9%



ภาพที่ 5-2 แผนภูมิแสดงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม

3. คำถาม คือ ผลิภัณฑ์ไม้สักที่เคยใช้ ผู้ตอบแบบสำรวจสามารถตอบได้หลายคำตอบ โดย ลำดับผลิภัณฑ์ที่มีผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุด 5 ลำดับ มีดังนี้

3.1 โຕ้ะ - เก้าอี้ มีผู้ตอบจำนวน 77 คน คิดเป็น 74.8%

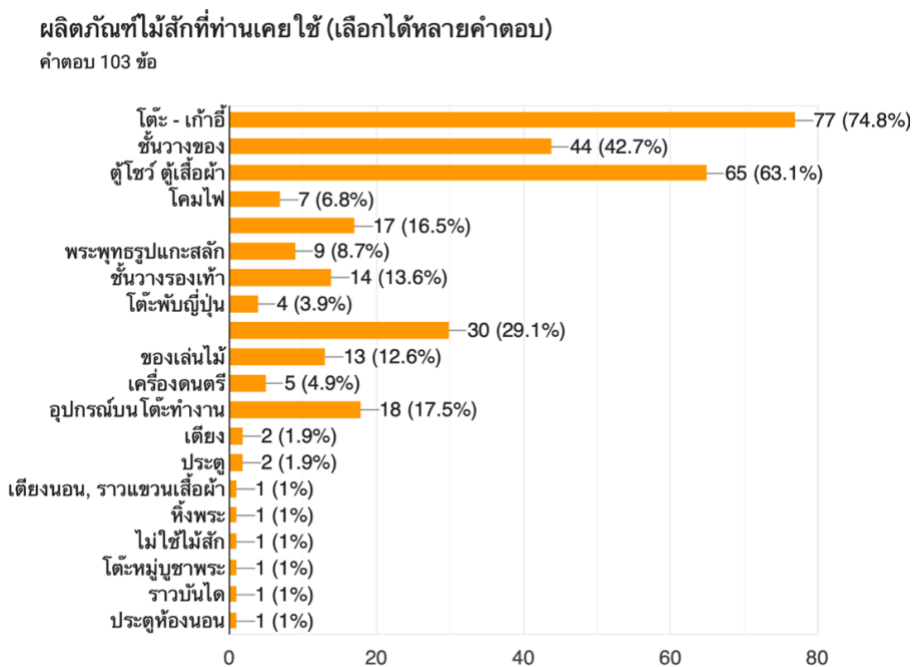
3.2 ตู้โชว์ - ตู้เสื้อผ้า มีผู้ตอบจำนวน 65 คน คิดเป็น 63.1%

3.3 ชั้นวางของ มีผู้ตอบจำนวน 44 คน คิดเป็น 42.7%

3.4 ของตกแต่งบ้าน เช่น นกคุ้ม ตุ๊กตาสัตว์แกะสลัก กรอบรูป นาฬิกา แจกัน เป็นต้น มีผู้ตอบจำนวน 30 คน คิดเป็น 29.1%

3.5 อุปกรณ์บนโต๊ะทำงาน มีผู้ตอบจำนวน 18 คน คิดเป็น 17.5%

โดยมีผู้ตอบแบบสำรวจเป็นผลิภัณฑ์ประเภทอื่น ๆ เช่น เตียงนอน ประตู ราวแขวนเสื้อผ้า หิ้งพระหรือ โต๊ะหมู่บูชา ราวบันได เพิ่มเติม ซึ่งเป็นข้อมูลที่นอกเหนือจากคำตอบที่ผู้วิจัยได้ตั้งตัวเลือกไว้



ภาพที่ 5-3 แผนภูมิแสดงผลิภัณฑ์ไม้สักที่เคยใช้

4. หากผู้บริโภคต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อย ท่านต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ชนิดใด (สามารถเลือกได้หลายคำตอบ) ซึ่งลำดับของการตอบแบบสำรวจ 5 ลำดับ มีดังนี้

4.1 โຕ้ะ – เก้าอี้ มีจำนวน 62 คน คิดเป็น 60.2%

4.2 ชั้นวางของ มีจำนวน 41 คน คิดเป็น 39.8%

4.3 ตู้โชว์ – ตู้เสื้อผ้า มีจำนวน 34 คน คิดเป็น 33%

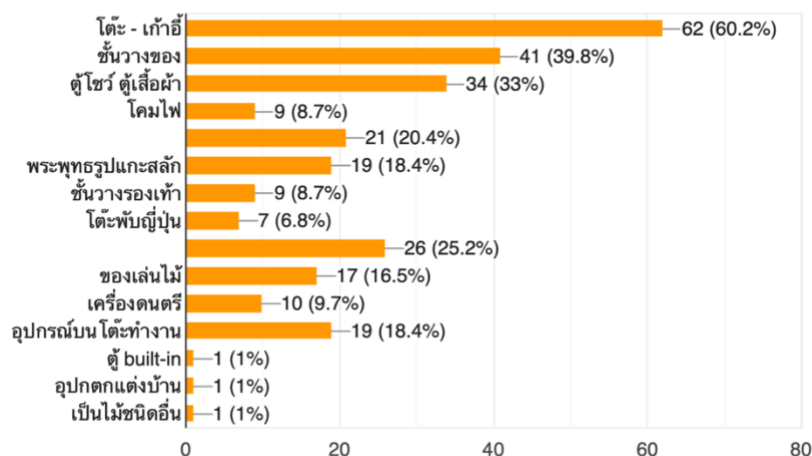
4.4 ของตกแต่งบ้าน เช่น นกคู้ม ตุ๊กตาสัตว์แกะสลัก กรอบรูป นาฬิกา แจกกัน เป็นต้น มีจำนวน 26 คน คิดเป็น 25.2%

4.5 เครื่องครัว หรืออุปกรณ์บนโต๊ะอาหาร เช่น ช้อนส้อม จาน ท็อปพี เป็นต้น มีจำนวน 21 คน คิดเป็น 20.4%

มีผู้เสนอผลิตภัณฑ์อื่น ๆ นอกเหนือจากคำตอบที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ ได้แก่ ตู้ build-in อุปกรณ์ตกแต่งบ้าน และอยากให้เป็นไม้ชนิดอื่น ๆ ด้วย

หากท่านต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อย ท่านต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ชนิดใด (เลือกได้หลายคำตอบ)

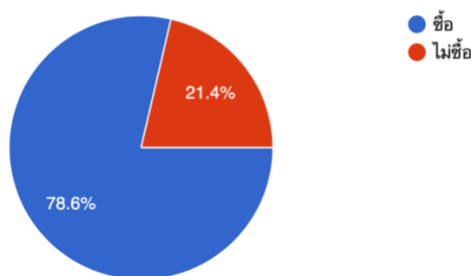
คำตอบ 103 ข้อ



ภาพที่ 5-4 แผนภูมิแสดงผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยที่ต้องการจะซื้อ

5. ผู้บริโภคสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปีที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สัก โดยใช้ยาสมุนไพรป้องกันแมลงหรือไม่ มีผู้ตอบแบบสำรวจว่าต้องการซื้อ จำนวน 81 คน คิดเป็น 78.6% และไม่ต้องการซื้อ จำนวน 22 คน คิดเป็น 21.4%

ท่านสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปีที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สัก โดยใช้ยาสมุนไพรป้องกันแมลง หรือไม่
คำตอบ 103 ข้อ



ภาพที่ 5-5 แผนภูมิแสดงความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปีที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติโดยใช้ยาสมุนไพร

6. ผู้บริโภครู้สึกว่า ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปี ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักโดยใช้ยาสมุนไพรป้องกันแมลง สามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้อย่างไร ผู้ตอบแบบสำรวจส่วนใหญ่คิดว่า สามารถนำไปต่อยอดได้หลากหลาย มีราคาถูกกว่าไม้สักอายุมาก สามารถกระตุ้นเศรษฐกิจได้ดี ทั้งการปลูกสัก และการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้สัก ช่วยให้เกิดการทบทวนในการใช้งานมากขึ้น ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยต่อผู้ใช้

7. ผู้บริโภครู้สึกว่า ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปี ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักโดยใช้ยาสมุนไพรป้องกันแมลง สามารถส่งเสริมชุมชนผู้ผลิตได้อย่างไร ผู้ตอบแบบสำรวจส่วนใหญ่คิดว่า สามารถส่งเสริมเป็นผลิตภัณฑ์ประจำชุมชนได้ ช่วยส่งเสริมอาชีพในชุมชนได้ ทำให้เศรษฐกิจของชุมชนไหลเวียนได้ ทำให้มีรายได้เกิดขึ้นในชุมชน

8. ผู้บริโภคให้ข้อเสนอแนะว่า หากสามารถนำมาใช้ทดแทนไม้สักอายุมากได้ จะเป็นการสร้างรายได้ให้กับคนปลูกสักเพื่อการตัดสางได้ และอายุของไม้สักสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศได้ และควรระวังการหดตัวของไม้สัก ควรทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้เกิดความคุ้มค่ากับการใช้งาน ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ควรระวังความแข็งแรงของเนื้อไม้ และควรส่งเสริมให้มีการปลูกป่าสักให้มากขึ้น

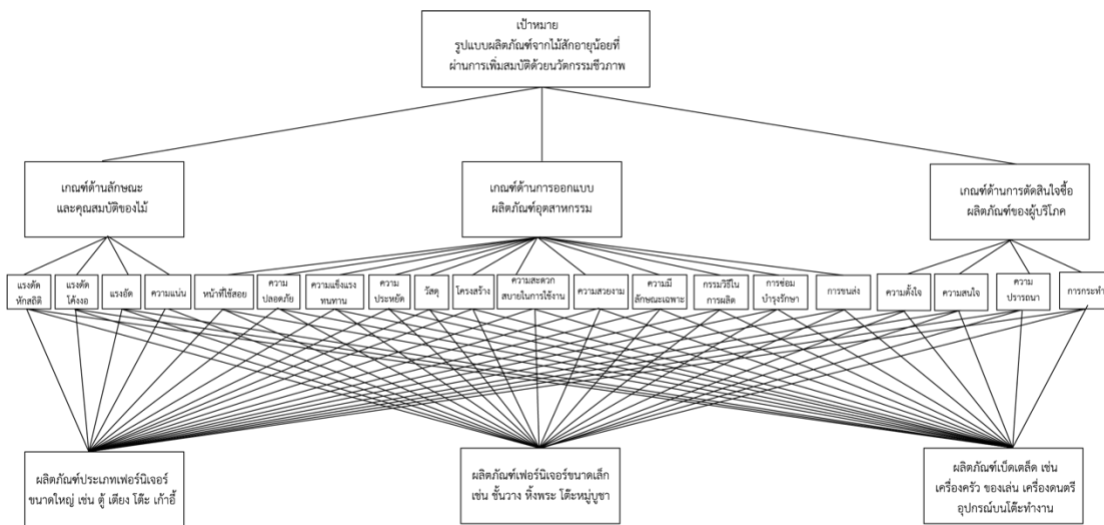
เมื่อผู้วิจัยได้พิจารณาความคิดเห็นของผู้บริโภคแล้ว ผู้วิจัยได้พิจารณาจากความคิดเห็นเรื่องความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ซึ่งสิ่งที่ปรากฏคือ ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ประเภทโต๊ะ-เก้าอี้ เป็นอันดับ 1 ชั้นวางของ เป็นอันดับ 2 และตู้โชว์ ตู้เสื้อผ้า เป็นอันดับ 3 ซึ่งทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการรับแรงและรับน้ำหนักค่อนข้างมาก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยโครงสร้างการรับน้ำหนักค่อนข้างมาก ไม่สอดคล้องกับการวิเคราะห์ของผู้วิจัย ตามเกณฑ์พิจารณาทั้ง 3 ข้อ ได้แก่ 1. แรงคดหักสถิติ 2. แรงคดโค้งงอ 3. แรงอัด ยกเว้นผลิตภัณฑ์ประเภทชั้นวางของที่มีขนาดเล็ก ซึ่งเหมาะสมในการใช้ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปีอยู่ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพิจารณาผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่สอดคล้องกับข้อพิจารณา ซึ่งได้แก่ ของตกแต่งบ้าน เครื่องครัว อุปกรณ์บนโต๊ะอาหาร พระพุทธรูปแกะสลัก ของเล่นไม้ ชั้นวางรองเท้า หิ้งพระ และอุปกรณ์บนโต๊ะทำงาน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องใช้โครงสร้างในการรับน้ำหนัก รวมถึงข้อพิจารณาในด้านการหด ขยาย การโก่งตัว การแตกปลาย การบิดของเนื้อไม้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าว สอดคล้องกับข้อพิจารณา

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผู้วิจัยจะนำไม้สักอายุน้อย 7-14 ปี ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติ มาใช้พิจารณาในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ได้แก่

1. ชั้นวางของขนาดเล็ก
2. เครื่องครัว อุปกรณ์บนโต๊ะอาหาร
3. พระพุทธรูปแกะสลัก
4. ของเล่นไม้
5. หิ้งพระ และ
6. อุปกรณ์บนโต๊ะทำงาน

ผลการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)

ผู้วิจัยสรุปผลิตภัณฑ์ที่จะนำไม้สักอายุน้อย 7-14 ปี ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติ มาใช้พิจารณาในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการสรุปแนวทางในการออกแบบโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) ในการวิเคราะห์พิจารณาการตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย 7-14 ปี ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สัก โดยผู้วิจัย ได้ทำการวิเคราะห์ โดยการจัดลำดับชั้นในการวิเคราะห์ (Structure the Hierarchy) โดยขั้นแรก ผู้วิจัยได้ทำการสร้างโครงสร้างลำดับชั้นในการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 5-6



ภาพที่ 5-6 แผนภาพแสดงโครงสร้างการจัดลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)

จากแผนภาพแสดงโครงสร้างการจัดลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) ของการหาเป้าหมาย คือ รูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยที่ผ่านการเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ผู้วิจัยได้นำเกณฑ์ 3 ด้าน คือ เกณฑ์ด้านลักษณะและคุณสมบัติ เกณฑ์ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และเกณฑ์ด้านการตัดสินใจของผู้บริโภค มาเป็นปัจจัยขั้นที่ 2 ในการตัดสินใจ โดยมีเกณฑ์ย่อยดังนี้

เกณฑ์ด้านลักษณะและคุณสมบัติ ประกอบไปด้วยเกณฑ์ 4 ด้าน ดังนี้

1. แร่ดัดหักสัถิ
2. แร่ดัดโค้งงอ
3. แร่ดัด
4. ความแน่น

เกณฑ์ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประกอบไปด้วยเกณฑ์ 12 ด้าน ดังนี้

1. หน้าที่ใช้สอย
2. ความปลอดภัย
3. ความแข็งแรง ทนทาน
4. ความประหยัด
5. วัสดุ

6. โครงสร้าง
7. ความสะดวกสบายในการใช้งาน
8. ความสวยงาม
9. มีลักษณะเฉพาะ
10. กรรมวิธีการผลิต
11. การซ่อมบำรุงรักษา
12. การขนส่ง

เกณฑ์ด้านการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ประกอบไปด้วย 4 เกณฑ์ ดังนี้

1. ความตั้งใจ
2. ความสนใจ
3. ความปรารถนาดี
4. การกระทำ

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากแบบสอบถามออนไลน์ โดยใช้แบบสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำวัสดุไม้สักไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 103 คน ซึ่งลักษณะของผลิตภัณฑ์ ตามแนวความคิดของผู้บริโภค ผู้วิจัยสามารถจำแนกรูปแบบของผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1. ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ เช่น ตู้ เตียง โต๊ะ เก้าอี้ เป็นต้น
2. ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก เช่น ชั้นวางของ หิ้งพระ โต๊ะหมู่บูชา เป็นต้น
3. ผลิตภัณฑ์ประเภทเบ็ดเตล็ด เช่น เครื่องครัว ของเล่น เครื่องดนตรี อุปกรณ์บนโต๊ะ

ทำงาน ของตกแต่งบ้าน ผลิตภัณฑ์แกะสลัก เป็นต้น

ตารางที่ 5-8 ตารางแสดงปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาและทางเลือก

ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา	ทางเลือก
1. ลักษณะและคุณสมบัติของไม้	ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่
2. การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก
3. การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค	ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด

จากปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาและทางเลือก ในตารางที่ 5-8 ผู้วิจัยได้นำปัจจัย สร้างตารางเมตริกซ์ เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยเป็นคู่ ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 5-9

ตารางที่ 5-9 ตารางวิเคราะห์ผลรวมการเปรียบเทียบปัจจัยในการพิจารณา

ปัจจัยในการพิจารณา	ลักษณะและสมบัติ ของไม้	การออกแบบ ผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม	การตัดสินใจซื้อ ผลิตภัณฑ์ของ ผู้บริโภค	ผลรวมแนวนอน
ลักษณะและ สมบัติของไม้	1	5	7	13.00
การออกแบบ ผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม	1/5	1	3	4.20
การตัดสินใจซื้อ ผลิตภัณฑ์ของ ผู้บริโภค	1/7	1/3	1	1.47
ผลรวมแนวตั้ง	1.34	6.33	11.00	18.67

จากตารางที่ 5-9 ผู้วิจัยพบผลรวมในแนวนอน ในรายชื่อ มีดังนี้

1. ปัจจัยด้านลักษณะและสมบัติของไม้ มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 1.34 ผลรวมในแนวนอน อยู่ที่ 13.00
2. ปัจจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 6.33 ผลรวมในแนวนอน อยู่ที่ 4.20
3. ปัจจัยด้านการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 11.00 ผลรวมในแนวนอน อยู่ที่ 1.47

และมีค่าผลรวมทั้งหมดในแนวนอนอยู่ที่ 18.67 จากนั้น ผู้วิจัยได้นำมาหาค่าจำนวนครั้ง (Normalized Matrix) และค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ซึ่งผลแสดงดังตารางที่ 5-10

ตารางที่ 5-10 ตารางแสดงการคำนวณค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector)

ปัจจัยในการพิจารณา	ลักษณะและสมบัติของไม้	การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค	ผลรวม แนวนอน	ค่าเฉลี่ย (ผลรวม แนวนอน/3)
ลักษณะและสมบัติของไม้	0.75	0.79	0.64	2.18	0.73
การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	0.15	0.16	0.27	0.58	0.19
การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค	0.10	0.05	0.09	0.24	0.08
ผลรวมแนวตั้ง	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00

จากตารางที่ 5-10 ผู้วิจัย สามารถหาค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

1. ปัจจัยด้านลักษณะและสมบัติของไม้ มีค่าเฉลี่ยที่ 0.73
2. ปัจจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.19
3. ปัจจัยด้านการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.08

ดังนั้น ผู้วิจัย สามารถสรุปได้ว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญของผลิตภัณฑ์จากลักษณะและคุณสมบัติของเนื้อไม้มากที่สุด ซึ่งมีผลรวมอยู่ที่ 0.73 รองลงมาคือ หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ มีผลรวมอยู่ที่ 0.19 และการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค อยู่ในลำดับสุดท้าย มีผลรวมอยู่ที่ 0.08

จากนั้น ผู้วิจัยทำการหาลักษณะที่เหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์ โดยการเปรียบเทียบทางเลือก 3 ลักษณะ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก และผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด เพื่อจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก โดยนำผลจากการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภค มาใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญของรูปแบบผลิตภัณฑ์ ตามปัจจัยด้านต่าง ๆ ซึ่งจะแสดงผลดังตารางที่ 5-11 ถึง 5-16

ตารางที่ 5-11 ตารางเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านลักษณะและคุณสมบัติของไม้

ปัจจัยด้านลักษณะ และสมบัติของไม้	เฟอร์นิเจอร์ ขนาดใหญ่	เฟอร์นิเจอร์ ขนาดเล็ก	เบ็ดเตล็ด	ผลรวมแนวนอน
เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่	1	1/5	1/5	1.40
เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก	5	1	1/9	6.11
เบ็ดเตล็ด	5	9	1	15.00
ผลรวมแนวตั้ง	11.00	10.20	1.31	22.51

จากตารางที่ 5-11 ผู้วิจัยพบว่า ค่าความสำคัญของปัจจัยด้านลักษณะเฉพาะและสมบัติของไม้ มีผลดังนี้

1. เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 1.40 และมีผลรวมในแนวนอนอยู่ที่ 11.00
 2. เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 10.20 และมีผลรวมในแนวนอนอยู่ที่ 6.11
 3. ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 1.31 และมีผลรวมในแนวนอนอยู่ที่ 15.00
- ค่าผลรวมทั้งหมดในแนวนอนอยู่ที่ 22.51 จากนั้น ผู้วิจัยได้นำมาหาค่าจำนวนครั้ง

(Normalized Matrix) และค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ซึ่งผลแสดงดังตารางที่ 5-12

ตารางที่ 5-12 ตารางแสดงการคำนวณค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ปัจจัยด้านลักษณะและสมบัติของไม้

ปัจจัยด้านการ ออกแบบ ผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม	เฟอร์นิเจอร์ ขนาดใหญ่	เฟอร์นิเจอร์ ขนาดเล็ก	เบ็ดเตล็ด	ผลรวม แนวนอน	ค่าเฉลี่ย (ผลรวม แนวนอน/3)
เฟอร์นิเจอร์ขนาด ใหญ่	0.10	0.02	0.15	0.27	0.09
เฟอร์นิเจอร์ขนาด เล็ก	0.45	0.10	0.09	0.64	0.21
เบ็ดเตล็ด	0.45	0.88	0.76	2.09	0.70
ผลรวมแนวตั้ง	1	1	1	3	1

จากตารางที่ 5-12 ผู้วิจัย พบว่า ปัจจัยด้านลักษณะและสมบัติของไม้ ลำดับที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด มีค่าเฉลี่ยที่ 0.70 ลำดับที่ 2 คือผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก 0.21 และลำดับที่ 3 คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีค่าเฉลี่ยที่ 0.09

ตารางที่ 5-13 ตารางเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจัยด้านลักษณะ และสมบัติของไม้	เฟอร์นิเจอร์ ขนาดใหญ่	เฟอร์นิเจอร์ ขนาดเล็ก	เบ็ดเตล็ด	ผลรวมแนวนอน
เฟอร์นิเจอร์ขนาด ใหญ่	1	3	5	9.00
เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก	1/3	1	3	4.33
เบ็ดเตล็ด	1/5	1/3	1	1.53
ผลรวมแนวตั้ง	1.53	4.33	9	14.86

จากตารางที่ 5-13 ผู้วิจัยพบว่า ค่าความสำคัญของปัจจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีผลดังนี้

1. เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 1.53 และมีผลรวมในแนวนอนอยู่ที่ 9.00
 2. เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 4.33 และมีผลรวมในแนวนอนอยู่ที่ 4.33
 3. ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 9 และมีผลรวมในแนวนอนอยู่ที่ 1.53
- ค่าผลรวมทั้งหมดในแนวนอนอยู่ที่ 14.86 จากนั้น ผู้วิจัยได้นำมาหาค่าจำนวนครั้ง

(Normalized Matrix) และค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ซึ่งผลแสดงดังตารางที่ 5-14

ตารางที่ 5-14 ตารางแสดงการคำนวณค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ปัจจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่	เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก	เบ็ดเตล็ด	ผลรวมแนวนอน	ค่าเฉลี่ย (ผลรวมแนวนอน/3)
เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่	0.65	0.69	0.56	1.9	0.63
เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก	0.22	0.23	0.33	0.78	0.26
เบ็ดเตล็ด	0.13	0.08	0.11	0.32	0.11
ผลรวมแนวตั้ง	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00

จากตารางที่ 5-14 ผู้วิจัย พบว่า ปัจจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลำดับที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีค่าเฉลี่ยที่ 0.63 ลำดับที่ 2 คือผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก 0.26 และลำดับที่ 3 คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีค่าเฉลี่ยที่ 0.11

ตารางที่ 5-15 ตารางเปรียบเทียบความสำคัญของรูปแบบผลิตภัณฑ์กับการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

ปัจจัยด้านการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค	เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่	เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก	เบ็ดเตล็ด	ผลรวมแนวนอน
เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่	1	9	1/9	10.11
เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก	0.11	1	1/5	1.31
เบ็ดเตล็ด	9	5	1	15.00
ผลรวมแนวตั้ง	10.11	15.00	1.31	26.42

จากตารางที่ 5-15 ผู้วิจัยพบว่า ค่าความสำคัญของปัจจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีผลดังนี้

1. เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 10.11 และมีผลรวมในแนวนอนอยู่ที่ 10.11
 2. เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 15.00 และมีผลรวมในแนวนอนอยู่ที่ 1.31
 3. ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด มีผลรวมในแนวตั้ง อยู่ที่ 1.31 และมีผลรวมในแนวนอนอยู่ที่ 15.00
- ค่าผลรวมทั้งหมดในแนวนอนอยู่ที่ 26.42 จากนั้น ผู้วิจัยได้นำมาหาค่าจำนวนครั้ง (Normalized Matrix) และค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) ซึ่งผลแสดงดังตารางที่ 5-16

ตารางที่ 5-16 ตารางแสดงการคำนวณค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) บัณฑิตด้านการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

บัณฑิตด้านการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค	เพอร์ซิเจอร์ขนาดใหญ่	เพอร์ซิเจอร์ขนาดเล็ก	เบ็ดเตล็ด	ผลรวม แนวนอน	ค่าเฉลี่ย (ผลรวม แนวนอน/3)
เพอร์ซิเจอร์ขนาดใหญ่	0.10	0.60	0.09	0.79	0.26
เพอร์ซิเจอร์ขนาดเล็ก	0.01	0.07	0.15	0.23	0.08
เบ็ดเตล็ด	0.89	0.33	0.76	1.98	0.66
ผลรวมแนวตั้ง	1	1	1	3	1

จากตารางที่ 5-16 ผู้วิจัย พบว่า บัณฑิตด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลำดับที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด มีค่าเฉลี่ยที่ 0.66 ลำดับที่ 2 คือผลิตภัณฑ์ประเภทเพอร์ซิเจอร์ขนาดใหญ่ 0.26 และ ลำดับที่ 3 คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทเพอร์ซิเจอร์ขนาดเล็ก มีค่าเฉลี่ยที่ 0.08

จากนั้น ผู้วิจัยนำผลคะแนนแต่ละบัณฑิต มาใช้ในการหาค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยที่ผ่านการเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อให้ได้รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ ดังแสดงระดับคะแนนตามบัณฑิตในการตัดสินใจ ดังตารางที่ 5-17 และคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม ดังตารางที่ 5-18 ต่อไป

ตารางที่ 5-17 ตารางแสดงระดับคะแนนตามปัจจัยในการตัดสินใจ

ทางเลือก	ระดับคะแนนของแต่ละปัจจัย		
	ลักษณะและ สมบัติของไม้	การออกแบบผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม	การตัดสินใจซื้อ ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค
เฟอร์นิเจอร์ขนาด ใหญ่	0.09	0.63	0.26
เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก	0.21	0.26	0.08
เบ็ดเตล็ด	0.70	0.11	0.66

ตารางที่ 5-18 การคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม

ทางเลือก	ระดับคะแนนของแต่ละปัจจัย		
	ลักษณะและ สมบัติของไม้ (0.73)	การออกแบบผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม (0.19)	การตัดสินใจซื้อ ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค (0.08)
เฟอร์นิเจอร์ขนาด ใหญ่	$(0.09)(0.73)+(0.63)(0.19)+(0.26)(0.08) = 0.2062$		
เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก	$(0.21)(0.73)+(0.26)(0.19)+(0.08)(0.08) = 0.2091$		
เบ็ดเตล็ด	$(0.70)(0.73)+(0.11)(0.19)+(0.66)(0.08) = 0.5847$		

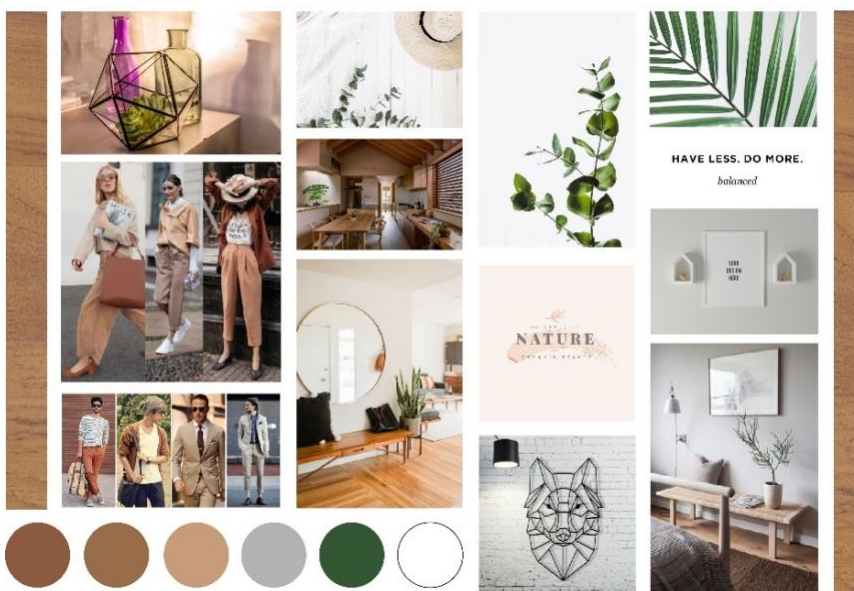
จากตารางที่ 5-18 ผลลัพธ์จากการคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม ด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงชั้นลำดับ พบว่า ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด ผู้บริโภคมีความสนใจที่จะเลือกซื้อมากที่สุด มีระดับคะแนนที่ 0.5847 รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก มีระดับคะแนนที่ 0.2091 และลำดับสุดท้าย คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีระดับคะแนนที่ 0.2062

ดังนั้น ผู้วิจัย สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพที่เหมาะสมที่สุด ที่ผู้วิจัยจะนำไปออกแบบ ตามความต้องการของผู้บริโภค คือ ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด รองลงมา คือ เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก และลำดับสุดท้าย คือเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่

ผลการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

1. แนวความคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

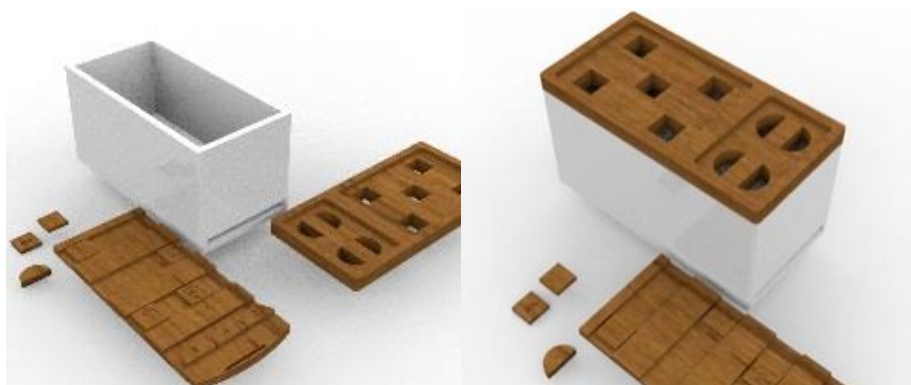
เมื่อผู้วิจัยได้ทราบความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคแล้ว ผู้วิจัยกำหนดแนวทางในการออกแบบตามอารมณ์ของงาน (Mood Board) เพื่อกำหนดทิศทางของการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ที่ผู้วิจัยสรุปรูปแบบผลิตภัณฑ์จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก และผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการออกแบบตามอารมณ์ของงานได้ ดังภาพที่ 5-7



ภาพที่ 5-7 แนวทางการออกแบบตามอารมณ์ของงาน (Mood Board)

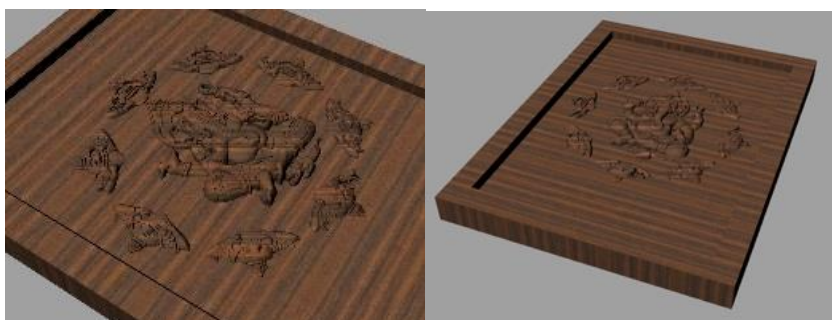
จากนั้นผู้วิจัยทำการร่างแบบร่างผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก เป็นของเล่นเด็ก ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ด้านตัวอักษร ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยนำไม้สักอายุอ่อนมาสร้างเป็นตัวอักษร และตัวเลข โดยให้เด็กเรียงตัวอักษร หรือเรียงเป็นคำศัพท์ต่าง ๆ หรือคำนวณตัวเลขต่าง ๆ มีกล่องไม้สักสำหรับเก็บ ฝาเพื่อการแยกลักษณะตัวอักษรและตัวเลข และมีกระดานสำหรับเรียงตัวอักษรและตัวเลข



ภาพที่ 5-8 แบบร่างของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก

2. ผลิตภัณฑ์ประดับตกแต่งโดยใช้เทคนิคการแกะสลัก ผลิตภัณฑ์จากฝีมือการแกะสลักของช่างฝีมือ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่า สามารถใช้เป็นของที่ระลึกให้กับผู้ใหญ่ที่เคารพ โดยสามารถแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์ความเชื่อต่าง ๆ เช่น พระพุทธรูป พระพินเนศวร นกคุ้ม หรืออื่น ๆ ตามความต้องการของผู้บริโภค



ภาพที่ 5-9 แบบร่างผลิตภัณฑ์ประดับตกแต่งโดยใช้เทคนิคการแกะสลัก

3. ผลิตภัณฑ์หิ้งพระ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับวางพระพุทธรูปบูชา เป็นหิ้งพระสำหรับติดผนัง ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย เหมาะสำหรับผู้บริโภคในปัจจุบันที่อาศัยอยู่ในคอนโดมิเนียม ห้องพัก หรือต้องการหิ้งพระที่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย หรือมีพื้นที่จำกัด



ภาพที่ 5-10 แบบร่างผลิตภัณฑ์หิ้งพระ

4. ผลิตภัณฑ์ชั้นวางของเล่น ชั้นวางของเล่นติดผนัง มีรูปแบบที่ทันสมัยมากขึ้น เปลี่ยนแปลงภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์จากไม้สักให้น่าสนใจ ใช้สำหรับตั้งโชว์ของเล่นสะสม หรือเก็บของเล่นน้อย เหมาะสำหรับพื้นที่จำกัด ที่ผู้บริโภคในปัจจุบันอาศัยอยู่ในคอนโดมิเนียม



ภาพที่ 5-11 แบบร่างผลิตภัณฑ์ชั้นวางของ

เมื่อผู้วิจัยทำการร่างแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์แล้ว ผู้วิจัยทำการประเมินความเหมาะสมของแบบร่างโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินรายผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 5-19 ถึง 5-22

ตารางที่ 5-19 ตารางแสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบร่างผลิตภัณฑ์ของเล่นสำหรับเด็ก

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=3)		ระดับความเหมาะสม
	\bar{X}	SD	
1. ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์	4.50	0.20	มาก
1.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแข็งแรง	4.67	0.58	มากที่สุด
1.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้วัสดุในการทำ โครงสร้างอย่างประหยัด	4.33	0.58	มาก
1.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุในการทำ โครงสร้างอย่างเหมาะสม	4.67	0.58	มากที่สุด
1.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีวิธีการสร้างโครงสร้าง ไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	มาก
2. ด้านความสวยงาม	4.67	0.58	มากที่สุด
2.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่แปลกใหม่	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถดึงดูดความสนใจ ของผู้ซื้อได้	4.67	0.58	มากที่สุด
2.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์ สะดุดตา น่าสนใจ	4.67	0.58	มากที่สุด
2.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้สีสันทันทีมีความ เหมาะสม	4.67	0.58	มากที่สุด

ตารางที่ 5-19 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=3)		ระดับความเหมาะสม
	\bar{X}	SD	
3. ด้านการใช้สอย	4.58	0.58	มากที่สุด
3.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์ สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามหน้าที่	4.67	0.58	มากที่สุด
3.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	มาก
3.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ในระยะยาว	4.67	0.58	มาก
3.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้งาน	4.67	0.58	มากที่สุด
4. ด้านการผลิต	4.33	1.15	มาก
4.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน	4.33	1.15	มาก
4.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้วัสดุเหมาะสมในการผลิตทั้งระบบอุตสาหกรรม ระบบหัตถอุตสาหกรรม และหัตถกรรม	4.33	1.15	มาก
4.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ ชุมชนสามารถใช้เครื่องมือที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นเพื่อการผลิตได้	4.33	1.15	มาก
รวม	4.53	0.69	มากที่สุด

จากตารางที่ 5-19 ผู้วิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์ของเล่นเด็ก มีความเหมาะสมในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53, SD = 0.69$) โดยเมื่อศึกษาเป็นรายข้อ พบว่าด้านความสวยงาม มีค่าเฉลี่ยเป็น

ลำดับที่ 1 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.67, SD = 0.58$) ลำดับที่ 2 ด้านการใช้สอย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.58, SD = 0.58$) ลำดับที่ 3 ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.50, SD = 0.20$) และลำดับที่ 4 ด้านการผลิต มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.33, SD = 1.15$)

ตารางที่ 5-20 ตารางแสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบร่างผลิตภัณฑ์แกะสลัก

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=3)		ระดับความเหมาะสม
	\bar{X}	SD	
1. ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์	4.00	0.29	มาก
1.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแข็งแรง	4.33	0.58	มาก
1.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้วัสดุในการทำ โครงสร้างอย่างประหยัด	3.67	0.58	มาก
1.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุในการทำ โครงสร้างอย่างเหมาะสม	4.00	0.00	มาก
1.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีวิธีการสร้าง โครงสร้างไม่ซับซ้อน	4.00	0.00	มาก
2. ด้านความสวยงาม	4.50	0.58	มาก
2.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่แปลกใหม่	4.33	0.58	มาก
2.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถดึงดูดความ สนใจของผู้ซื้อได้	4.67	0.58	มากที่สุด
2.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์ สะดุด ตา น่าสนใจ	4.67	0.58	มากที่สุด
2.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้สีสันทันทีมีความ เหมาะสม	4.67	0.58	มากที่สุด

ตารางที่ 5-20 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=3)		ระดับความเหมาะสม
	\bar{x}	SD	
3. ด้านการใช้สอย	4.58	0.58	มากที่สุด
3.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์ สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามหน้าที่	4.67	0.58	มากที่สุด
3.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	มาก
3.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ในระยะยาว	4.67	0.58	มากที่สุด
3.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้งาน	4.67	0.58	มากที่สุด
4. ด้านการผลิต	4.44	0.58	มาก
4.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	มาก
4.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้วัสดุเหมาะสมในการผลิตทั้งระบบอุตสาหกรรม ระบบหัตถอุตสาหกรรม และหัตถกรรม	4.33	0.58	มาก
4.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ ชุมชนสามารถใช้เครื่องมือที่ทำได้ง่ายในท้องถิ่นเพื่อการผลิตได้	4.67	0.58	มากที่สุด
รวม	4.38	0.50	มาก

จากตารางที่ 5-20 ผู้วิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์แกะสลัก มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.38, SD = 0.50$) โดยเมื่อศึกษารายชื่อ พบว่า ลำดับที่ 1 ด้านการใช้สอยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.58, SD = 0.58$) ลำดับที่ 2 ด้านความสวยงามมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.50, SD = 0.58$) ลำดับที่ 3 ด้านการผลิต มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.44, SD = 0.58$) ลำดับที่ 4 ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.00, SD = 0.29$)

ตารางที่ 5-21 ตารางแสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบร่างผลิตภัณฑ์หิ้งพระ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=3)		ระดับความเหมาะสม
	\bar{X}	SD	
1. ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์	4.50	0.68	มาก
1.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแข็งแรง	4.68	0.58	มากที่สุด
1.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้วัสดุในการทำโครงสร้างอย่างประหยัด	4.68	0.58	มากที่สุด
1.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุในการทำโครงสร้างอย่างเหมาะสม	4.68	0.58	มากที่สุด
1.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีวิธีการสร้างโครงสร้างไม่ซับซ้อน	4.00	1.00	มาก
2. ด้านความสวยงาม	4.58	0.58	มากที่สุด
2.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่แปลกใหม่	4.68	0.58	มากที่สุด
2.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อได้	4.68	0.58	มากที่สุด

ตารางที่ 5-21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=3)		ระดับความเหมาะสม
	\bar{X}	SD	
2.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์ สะดุดตา น่าสนใจ	4.33	0.58	มาก
2.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้สีสันทันทีมีความเหมาะสม	4.68	0.58	มากที่สุด
3. ด้านการใช้สอย	4.50	0.72	มากที่สุด
3.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์ สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามหน้าที่	4.68	0.58	มากที่สุด
3.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน	4.33	1.15	มาก
3.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ในระยะยาว	4.33	0.58	มาก
3.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้งาน	4.68	0.58	มากที่สุด
4. ด้านการผลิต	4.68	0.58	มากที่สุด
4.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน	4.68	0.58	มากที่สุด
4.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้วัสดุเหมาะสมในการผลิตทั้งระบบอุตสาหกรรม ระบบหัตถอุตสาหกรรม และหัตถกรรม	4.68	0.58	มากที่สุด

ตารางที่ 5-21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ($n=3$)		ระดับความเหมาะสม
	\bar{X}	SD	
4.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ ชุมชนสามารถใช้ เครื่องมือที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นเพื่อการผลิตได้	4.68	0.58	มากที่สุด
รวม	4.56	0.64	มากที่สุด

จากตารางที่ 5-21 ผู้วิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์หิ้งพระ มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.56, SD = 0.64$) โดยเมื่อศึกษารายชื่อ พบว่า ลำดับที่ 1 ด้านการผลิต มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.68, SD = 0.58$) ลำดับที่ 2 ด้านความสวยงาม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.58, SD = 0.58$) ลำดับที่ 3 ด้านการใช้สอยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.50, SD = 0.72$) และลำดับที่ 4 ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.50, SD = 0.68$)

ตารางที่ 5-22 ตารางแสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบร่างผลิตภัณฑ์ชั้นวางของ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=3)		ระดับความเหมาะสม
	\bar{X}	SD	
1. ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์	4.17	0.87	มาก
1.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแข็งแรง	4.33	0.58	มาก
1.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้วัสดุในการทำโครงสร้างอย่างประหยัด	3.67	0.58	มาก
1.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุในการทำโครงสร้างอย่างเหมาะสม	4.33	1.15	มาก
1.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีวิธีการสร้างโครงสร้างไม่ซับซ้อน	4.33	1.15	มาก
2. ด้านความสวยงาม	4.41	0.58	มาก
2.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่แปลกใหม่	4.33	0.58	มาก
2.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อได้	4.67	0.58	มากที่สุด
2.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์ สะดุดตา น่าสนใจ	4.33	0.58	มาก
2.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้สีสันทันทีมีความเหมาะสม	4.33	0.58	มาก

ตารางที่ 5-22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน (n=3)		ระดับความเหมาะสม
	\bar{x}	SD	
3. ด้านการใช้สอย	4.25	0.68	มาก
3.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์ สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามหน้าที่	4.33	0.58	มาก
3.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน	4.00	1.00	มาก
3.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ในระยะยาว	4.33	0.58	มาก
3.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้งาน	4.33	0.58	มาก
4. ด้านการผลิต	4.56	0.76	มากที่สุด
4.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน	4.33	1.15	มาก
4.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้วัสดุเหมาะสมในการผลิตทั้งระบบอุตสาหกรรม ระบบหัตถอุตสาหกรรม และหัตถกรรม	4.67	0.58	มากที่สุด
4.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ ชุมชนสามารถใช้เครื่องมือที่ทำได้ง่ายในท้องถิ่นเพื่อการผลิตได้	4.67	0.58	มากที่สุด
รวม	4.34	0.72	มาก

จากตารางที่ 5-22 ผู้วิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ชิ้นวางของ มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =4.34, SD = 0.72) โดยเมื่อศึกษารายข้อ พบว่า ลำดับที่ 1 ด้านการผลิต มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} =4.56, SD = 0.76) ลำดับที่ 2 ด้านความสวยงาม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =4.41, SD = 0.58) ลำดับที่ 3 ด้านการใช้สอย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =4.25, SD = 0.68) และลำดับที่ 4 ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =4.17, SD = 0.87)

เมื่อประเมินผลการออกแบบแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย เพื่อทดสอบการนำไม้สักอายุน้อยที่ผ่านการเพิ่มสมบัติไม้สักด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ประยุกต์ใช้สู่ การออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยผู้วิจัยเลือกสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย เพื่อเป็นตัวอย่าง จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์ของเล่นเด็ก กับผลิตภัณฑ์หิ้งพระ



ภาพที่ 5-12 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ



ภาพที่ 5-13 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ



ภาพที่ 5-14 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ



ภาพที่ 5-15 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ



ภาพที่ 5-16 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ



ภาพที่ 5-17 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็กจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ



ภาพที่ 5-18 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ



ภาพที่ 5.19 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ



ภาพที่ 5-20 การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ



ภาพที่ 5-21 การผลิตฐานผลิตภัณฑ์หิ้งพระจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ



ภาพที่ 5-22 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก



ภาพที่ 5-23 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก



ภาพที่ 5-24 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก



ภาพที่ 5-25 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก



ภาพที่ 5-26 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก



ภาพที่ 5-27 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก



ภาพที่ 5-28 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระ



ภาพที่ 5-29 ต้นแบบผลิตภัณ์ที่หิ้งพระ



ภาพที่ 5-30 ต้นแบบผลิตภัณ์ที่หิ้งพระ



ภาพที่ 5-31 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระ



ภาพที่ 5-32 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระ

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ศึกษาการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. สรุปผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ด้วยวิธีการทดลองเชิงประจักษ์ ซึ่งผลการวิจัย ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้

การสกัดสารสกัดสมุนไพรและผสมสูตรสารสกัด จากสมุนไพรจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเดา และขี้เหล็ก ด้วยน้ำ โดยใช้ทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) (Kosiyapan. S, 1991 อ้างถึงใน วีระ เนตราทิพย์, 2560, หน้า 87) ผู้วิจัยสามารถสกัดสูตรได้ จำนวน 24 สูตร

การทดลองการเพิ่มสมบัติโดยใช้วิธีเชิงประจักษ์ โดยวิธีการแช่ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุ น้อย ขนาด 1x1 นิ้ว ลงในสารสกัดสมุนไพรเป็นเวลา 7 วัน และนำตัวอย่างทดลองที่ผ่านการเพิ่มสมบัติ ไปใส่ลงในรังปลวก เพื่อทดสอบการเข้าทำลายเนื้อไม้ของแมลงศัตรู จากผลการวิจัย ผู้วิจัยสามารถสรุป ได้ว่า สารสกัดสมุนไพรขี้เหล็ก ร้อยละ 60 ต่อ สะเดา ร้อยละ 40 เป็นสูตรที่ถูกแมลงศัตรูทำลายน้อย ที่สุด สามารถป้องกันแมลงศัตรูได้

1.1 การทดลองการเพิ่มสมบัติด้วยวิธีใช้แรงดันและความร้อน ผู้วิจัยทำการทดลอง การเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ด้วยวิธีการใช้แรงดันและความร้อน โดยการนำ ตัวอย่างทดลองไม้สักอายุน้อย แช่กับสารสกัดสมุนไพร และต้มด้วยหม้อแรงดัน เพื่อเร่งปฏิกิริยา ของการซึมสารสกัดสมุนไพรเข้าสู่เนื้อไม้ได้เร็วขึ้น ผลที่ได้ คือ สามารถเร่งปฏิกิริยาของการดูดซึม สารสกัดสมุนไพร ได้รวดเร็วจนจริง ลดเวลาการดูดซึมสารสกัดสมุนไพรเข้าสู่เนื้อไม้สัก จาก 7 วัน

เป็นเวลา 1 วันได้ แต่ผลข้างเคียงที่เกิดขึ้น คือ เนื้อไม้เกิดการแยกชั้น ทำให้เนื้อไม้สึก่อน เกิดการน้่มลง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า วัสดุไม้สักอายุน้อยชีวภาพที่ผ่านการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยวิธีการใช้แรงดันและความร้อน ไม่เหมาะกับการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากไม้สัก

1.2 ผลการทดลองความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen) ผู้วิจัยทำการทดลองความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ 2 ชนิด ได้แก่ African Green Monkey Kidney Fibroblast (Vero) และ Human Keratinocyte Immortal Cells (HaCat) เพื่อศึกษาค่าความเป็นพิษของสารสกัดสมุนไพรว่าสารสกัดชนิดใดมีค่าความเป็นพิษน้อยที่สุด ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า สารสกัดขี้เหล็ก ร้อยละ 60 ต่อ สะเดา ร้อยละ 40 มีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์น้อยที่สุด โดยพบว่า ค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด HaCat อยู่ที่ 53.561% และค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด Vero อยู่ที่ 33.318% ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า สารสกัดขี้เหล็ก ร้อยละ 60 ต่อ สะเดา ร้อยละ 40 เป็นสารสกัดสมุนไพรที่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์น้อยที่สุด

2. สรุปผลการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อการออกแบบ

2.1 สรุปผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อการนำไม้สักอายุน้อยไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยทำการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อการนำไม้สักอายุน้อยไปใช้ประโยชน์ ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 103 คน โดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสำรวจความคิดเห็น ในรูปแบบออนไลน์ (Google Form) ผลสรุปคือ ผู้บริโภคมีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ โดยผู้บริโภคให้ความคิดเห็นว่า หากสามารถนำไม้สักอายุน้อยมาใช้ทดแทนไม้ที่มีอายุมากได้ จะสามารถช่วยสร้างรายได้ให้กับคนปลูกสักเพื่อการตัดสางได้ รวมถึงการนำไม้สักมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจได้มากขึ้น

จากนั้น ผู้วิจัยทำการสรุปรูปแบบผลิตภัณฑ์จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่สนใจซื้อ ซึ่งผลสรุป ผู้วิจัยสามารถจำแนกลักษณะผลิตภัณฑ์ออกเป็น 6 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ 1. ชั้นวางของขนาดเล็ก 2. เครื่องครัว อุปกรณ์บนโต๊ะอาหาร 3. พระพุทธรูปแกะสลัก 4. ของเล่นไม้ 5. หิ้งพระ และ 6. อุปกรณ์บนโต๊ะทำงาน

2.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการตัดสินใจเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)

เมื่อผู้วิจัยได้สรุปและจำแนกผลิตภัณฑ์ 7 ชนิดแล้ว ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลการตัดสินใจเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) เพื่อสรุปรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ และสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ โดยผู้วิจัยจัดกลุ่มตามการวิเคราะห์ โดยใช้หลักเกณฑ์ 3 ด้าน ได้แก่ เกณฑ์ด้านลักษณะและคุณสมบัติ เกณฑ์ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทำให้ผู้วิจัย สามารถจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ได้เป็น 3 กลุ่มผลิตภัณฑ์ ได้แก่ 1. ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ 2. ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก และ 3. ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด ซึ่งสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่าคะแนนความสำคัญมากที่สุด ที่ 0.5847 ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก มีค่าคะแนนความสำคัญลำดับที่ 2 ที่ 0.2091 และ ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีค่าคะแนนความสำคัญลำดับที่ 3 ที่ 0.2062

2.3 สรุปผลความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่อการนำไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพมาประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยทำการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพจำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ และประเมินความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบจำนวน 3 ท่าน โดยผลการประเมิน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก อันดับที่ 2 คือ หิ้งพระ อันดับที่ 3 คือ ชั้นวางของ และอันดับที่ 4 คือ ผลิตภัณฑ์แกะสลัก จากนั้น ผู้วิจัยได้ทำการสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ คือ ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก และผลิตภัณฑ์หิ้งพระ

อภิปรายผล

จากการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยพบองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 คือ กระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ สามารถเพิ่มสมบัติให้ไม้สักอายุน้อย สามารถป้องกันแมลงศัตรูได้ โดยกระบวนการทดลองที่ผู้วิจัยทำการทดลอง พบว่า สารสกัดสมุนไพรที่ผู้วิจัยทดลอง มีสมบัติในการป้องกันแมลงในระดับหนึ่ง สามารถป้องกันแมลงทำลายไม้สักอายุน้อยได้ ซึ่งสมุนไพรที่ได้ผลในการป้องกันแมลงศัตรูในที่นี้คือ ปลูก ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ ขี้เหล็ก เพราะจากผลการทดลอง พบว่า สูตรสารสกัดสมุนไพรต่าง ๆ ที่มีส่วนผสมของขี้เหล็ก จะได้ผลในการป้องกันปลวกที่ดี ปลวกทำลายไม้สักอายุน้อยได้น้อยกว่าสารสกัดสมุนไพรอื่น ๆ จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อผสมสารสกัดสมุนไพรสะเดาเข้าไป ทำให้การป้องกันแมลงศัตรูดีขึ้น

นอกจากนี้ ผู้วิจัยพบว่า สมุนไพรอีกหลายชนิด สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ในการป้องกันแมลงศัตรูประเภทปลวกได้ เช่น น้ำมันดีปลีที่อรุณ งามพ่องใส และคณะ (2559) ได้ทำการสกัดดีปลีกับตัวทำละลายมอร์มอลเฮกเซน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า สามารถออกฤทธิ์ฆ่าปลวกและยับยั้งการเจริญเติบโตของปลวกได้ดีกว่าสารเคมีบางชนิดเสียอีก ดังนั้น หากผู้วิจัยสามารถศึกษาชนิดของสมุนไพร หรือส่วนของสมุนไพรชนิดอื่น ๆ รวมถึงตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารสกัด อาจทำให้เกิดนวัตกรรมชีวภาพในรูปแบบอื่น ๆ ที่มีสมบัติในการป้องกันแมลงที่ดียิ่งขึ้นได้อีก รวมถึงรูปแบบของสารสกัด สามารถผลิตในรูปแบบอื่น ๆ เช่น น้ำมัน คริม เพื่อทาผิวไม้แทนการแช่ไม้สักลงในสารสกัดสมุนไพร จะช่วยให้ลดเวลาในการใช้ไม้สักอายุน้อยได้มาก

สมมติฐานข้อที่ 2 คือ ไม้สักอายุน้อยที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติ สามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จากไม้สักได้ และมีสมบัติการป้องกันแมลงศัตรูที่ดีกว่าไม้สักอายุน้อยเดิม องค์ความรู้ที่ผู้วิจัยได้รับ คือ การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ ไม้สักสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบให้มีความทันสมัย ตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคในปัจจุบัน สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจได้ ชุมชนผู้ผลิตสามารถผลิตได้ง่าย สอดคล้องกับการออกแบบชุมชนอย่างยั่งยืนของศิริพรณ์ ปีเตอร์ (Siriporn Peters, 2011) ที่กล่าวไว้ว่าการออกแบบอย่างยั่งยืน (Sustainable Design) คือ การบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด การลดปริมาณการใช้ทรัพยากร การนำกลับมาใช้ใหม่ การคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ดังนั้น การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ เป็นแนวทางในการนำสารสกัดสมุนไพร มาใช้เพิ่มสมบัติให้วัสดุไม้สัก เพื่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ เพื่อให้ไม้สักอายุน้อยเกิดความคุ้มค่าในการใช้งานมากที่สุด

จากการศึกษา พบว่า ไม้สักเป็นไม้เนื้อแข็งชนิดปานกลาง ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบได้ให้ความรู้ว่า ชุมชนผู้ผลิตผลิตภัณฑ์แกะสลัก สามารถนำไม้สักที่มีความแข็งแรงของเนื้อไม้น้อยกว่าไม้ชนิดอื่น มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แกะสลักได้ดีกว่าไม้ชนิดอื่น ๆ เกิดการสร้างตลาดได้ง่ายขึ้น ในขณะที่เดียวกัน ผลการทดลองการเพิ่มสมบัติด้วยแรงดันและความร้อนที่ผู้วิจัยทำการศึกษา มีผลข้างเคียงชนิดหนึ่งที่ผู้วิจัยพบ คือ ไม้มีลักษณะนิ่มลง เนื่องจากการสลายตัวของเนื้อไม้ กระบวนการเพิ่มสมบัตินี้ อาจเหมาะสมกับการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ให้กับกลุ่มผลิตภัณฑ์แกะสลัก ทำให้ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์แกะสลัก สามารถแกะสลักได้ง่ายขึ้น อาจเป็นผลดีต่อการนำมาสร้างตลาดภายใน

การแกะสลักที่แปลกใหม่ แต่ในขณะเดียวกัน ผลิตภัณฑ์สามารถป้องกันแมลงศัตรูได้ และลดเวลาในการเพิ่มสมบัติลง อาจจะเป็นผลดีต่อกลุ่มผู้ผลิต

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ โดยแบ่งเป็นด้านต่าง ๆ ได้ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะด้านการนำไปใช้ประโยชน์

1.1 สารสกัดสมุนไพร สามารถนำสารสกัดสมุนไพรชนิดนี้ ไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสมบัติให้ไม้ชนิดอื่น ๆ ที่เป็นไม้เศรษฐกิจ เช่น ไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น

1.2 สามารถนำไปผลิตสารสกัดสมุนไพรในรูปแบบครีมทาไม้ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้ประโยชน์ในการเพิ่มสมบัติในการป้องกันแมลงได้

1.3 สามารถสนับสนุนให้ชุมชนผู้ผลิต สามารถใช้ประโยชน์จากสารสกัดสมุนไพรในการเพิ่มสมบัติไม้สัก ก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ ควบคู่กับการใช้สารเคมีบางชนิดที่จำเป็นต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้สักได้ เพื่อลดต้นทุนของสารเคมีที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้สักได้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป

2.1. ด้านกระบวนการทดลอง

2.1.1 ควรศึกษาสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ที่มีฤทธิ์ในการป้องกันแมลง เช่น พริก สาบเสือ เป็นต้น รวมถึงส่วนอื่น ๆ ของสมุนไพร เช่น เมล็ดสะเดา เนื่องจาก สมุนไพรบางชนิดมีส่วนของพืชที่ออกฤทธิ์ในการป้องกันแมลงได้มากกว่าส่วนใบ รวมถึงวัตถุดิบจากธรรมชาติ เช่น เกลือ ซึ่งมีส่วนช่วยในการป้องกันแมลงได้มากขึ้น

2.1.2 ควรเพิ่มการจับคู่ทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) ของสูตรสารสกัดสมุนไพรให้มากกว่า 2 สมุนไพร เนื่องจากสมุนไพรแต่ละชนิดสามารถป้องกันแมลงได้แตกต่างกัน

2.1.3 ควรศึกษาสมุนไพรที่ออกฤทธิ์ในการป้องกันแมลงศัตรูชนิดอื่น ๆ เช่น มอด หนอนเจาะไม้สัก เป็นต้น

2.1.4 สามารถประยุกต์ใช้กระบวนการทดลองนี้ กับ ไม้ชนิดอื่น ๆ ที่เป็นไม้เศรษฐกิจ เช่น ไม้ยางพารา ไม้ประดู่ ไม้ยูคาลิปตัส ฯลฯ

2.1.5 การนำไม้สักอายุน้อยมาเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ควรต้องอบไม้ให้แห้ง และมีระดับความชื้นที่ 12% ก่อนการนำมาเพิ่มสมบัติ

2.1.6 สามารถศึกษากระบวนการทดลองเพื่อเพิ่มสีสันทันจากธรรมชาติ ด้วยวิธีการย้อม เพื่อให้ไม้สักเกิดสีสันทันในเนื้อไม้ ด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพได้ จะช่วยเพิ่มสมบัติชนิดอื่น ๆ ให้กับไม้สักอายุน้อยได้มากขึ้น

2.2 ด้านการออกแบบ

2.2.1 ไม้สักอายุน้อย ที่มีอายุประมาณ 7-14 ปี จะมีส่วนของกระพี้มาก การนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบ ควรระวังการหดตัว การขยายตัวของเนื้อไม้จากสภาพอากาศ ความชื้น เนื่องจากเป็นไม้อายุน้อย ความคงตัวของเนื้อไม้มีจำกัด ดังนั้นการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย จะต้องคำนวณขนาดของผลิตภัณฑ์เผื่อการหดและขยายตัวของเนื้อไม้ด้วย

2.2.2 ไม้สักอายุน้อย สามารถนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ที่สามารถรองรับน้ำหนักได้ แต่ควรศึกษากระบวนการออกแบบ เพื่อนำไม้สักอายุน้อยมาใช้ประโยชน์ให้สามารถรับแรงกดได้ดีขึ้น

2.2.3 ไม้สักเมื่อผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพแล้ว จะทำให้มีสีเข้มขึ้น และมีคราบของสารสกัดทิ้งไว้ที่ผิวไม้ ก่อนการนำมาใช้ประโยชน์ ควรขัดผิวให้เรียบร้อยก่อน

2.2.4 สีที่ควรนำมาใช้ในการออกแบบ ควรเป็นสีที่ปราศจากสารเคมี

2.2.5 ประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพร ไม่สามารถป้องกันไม้สักอายุน้อยจากแมลงศัตรูได้ 100% สารสกัดสมุนไพรอาจมีการสลายไปจากความร้อนและความชื้นในอากาศ รวมถึงมีประสิทธิภาพไม่เทียบเท่าสารเคมีสังเคราะห์ ดังนั้นการเลือกใช้งาน ควรเลือกใช้ให้เหมาะสม

2.2.6 ไม้สักเป็นไม้ที่มีมูลค่าสูง สามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ ควรใช้ประโยชน์ในการออกแบบจากไม้สักให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กนิษฐา เรื่องวรรณศักดิ์. (2558). ลวดลายประทับบ้านเชียง: บูรณาการสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์. คุุณภูนิพนธ์ ปรัชญาคุุณภูนิพนธ์, สาขาวิชาทัศนศิลป์และการออกแบบ, คณะศิลปกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กรมป่าไม้. (2556). *องค์ความรู้ไม้สักไทย*. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยและพัฒนากรมป่าไม้ กรมป่าไม้.
- ชนกร นิรันดร์นุต และรัฐไท พรเจริญ, (2559), การศึกษาออกแบบผลิตภัณฑ์จากเศษไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ เพื่อส่งเสริมงานตกแต่งทางสถาปัตยกรรม. *วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 7(1), 1-14.
- บุญวงศ์ ไทยอุดสำห้, สุนันทา ขจรศรีชล และสิรินทร์ ดิยานนท์. (2535). *งานวิจัยด้านการปลูกสร้างสวนสัก*. ในการสัมมนา 50 ปี สวนสักห้วยตาก. 5-8 สิงหาคม 2535 ณ โรงแรมเวียงทอง จังหวัดลำปาง. กรมป่าไม้
- ปภา ชลพิมาย, ศุภลักษณ์ มาศรักษา และนิจร ณ พัทลุง. (2555). การศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพจากสะเดา ข่า จิง กระเทียม สาบเสือ และยาเส้น ต่อการกำจัดหนอนกระทู้หอมในผักคะน้า. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*. 4(2).
- ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการจัดให้มีการตรวจสอบมาตรฐานสินค้าไม้สักแปรรูป. (2531, 1 พฤษภาคม). *ราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ*. เล่มที่ 105 ตอนที่ 70. หน้า 1-2
- ประกาศกระทรวงเศรษฐกิจ เรื่อง มาตรฐานไม้สักแปรรูป. (2508, 19 มีนาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 82 ตอนที่ 24. หน้า 1-8.
- รัชดากร พลภักดี. (2558). *เทคโนโลยีการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช*. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- วัชรินทร์ แซ่เตีย, เด่น รักซ้อน และปวยหลวง บุญเจริญ. (2555). *การพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการตกแต่งผิวดินด้วยเทคนิคสกาฟิโตนบนเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน แก่ผู้ประกอบการเครื่องปั้นดินเผาชุมชนด่านเกวียน จังหวัดนครราชสีมา*. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วัลนิภา ฤลาภาง. (2560). การวิจัยแบบผสมผสาน. *วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม*., 7(2), 124-132.

- วีระ เนตราทิพย์. (2560). การศึกษาอัตราส่วนของดินบ้านห้วยฝายกับดินเชื้อที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพวงศ์*, 10(2), 85-94.
- ศิริพรณ์ ปีเตอร์. (2550). *มนุษย์และการออกแบบ*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- สถาพร ดิบุญมี ณ ชุมแพ. (2550). *การศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ส่วนงานวัฒนวิชัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. (2560). *เทคนิคการเพิ่มผลผลิตสำหรับสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก แผนงาน การจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืนเพื่อการเกษตร*. รายงานฉบับสมบูรณ์.
- สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2551). *มาตรฐานการทดสอบไม้ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาคาร สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง*.
- สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้. (2553). *สัก*. กรุงเทพฯ : ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. (2547). *การใช้ประโยชน์ไม้ขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. (2556). *แมลงศัตรูไม้สักและการป้องกันกำจัด*. กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์.
- สิงหนาท พวงจันทร์แดง และ รุ่งกานต์ บุญนาถกร. (2551). ผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของสารสกัดกระเทียม. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 13(2), 208-213
- สุธน รุ่งแจ้ง. (2556). *การศึกษา Value Chain ในผลิตภัณฑ์ไม้สักและสลักเพื่อลดต้นทุนวัตถุดิบและเพื่อปรับปรุงกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า กรณีศึกษา ร้านศรีจอมทอง*. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาบริหารธุรกิจ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- อรัญ งามพ่องใส, สุรไกร เพิ่มคำ, วิสุทธิ์ สิทธิฉายา และสุรพงษ์ สายบุญ. (2559). *ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงและสารสกัดจากพืชบางชนิดต่อการตายของปลวก *Coptotermes Curvignathus Holgren**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อรัญ วานิชกร. (2558). องค์ความรู้ ภูมิปัญญาไทย : การออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ร่วมสมัย. *วารสารสถาบันวัฒนธรรมและศิลปะ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, vol.15, no.2(3), 22-28

- อำนาจ คอวนิช. (2525). สวนสักในประเทศไทยควรถวายใช้รอบหมุนเวียน 30 ปี หรือไม่. *วารสารสักทอง*, 7(3), 1-12.
- อรุณี ภู์สุดแสงง. (2553). *การปลูกและจัดการสักเชิงเศรษฐกิจสำหรับเกษตรกรและภาคเอกชน*. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์.
- อรพรรณ ปานขาว และสันติ สุขสอาด. (2557). การผลิตและการตลาดของผลิตภัณฑ์ไม้สักในตำบลน้ำชำ อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่. *วารสารวนศาสตร์*, 33(1), 28-35.
- อุดมศักดิ์ สาริบุตร. (2549). *เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- อุดมศักดิ์ สาริบุตร สาริบุตร, อภิรัฐ สาริบุตร และเอี่ยมอัมพร เพชรสินจร. (2560). *การออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนจากไม้สัก ในเขตพื้นที่มรดกโลก จ.สุโขทัย*. ในการประชุมวิชาการทางการศึกษาระดับชาติครั้งที่ 7 “การพัฒนาประสบการณ์การเรียนรู้ในชีวิตจริง: Smart Education เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”. 444-452.
- Antonio Pizzo. (2016). Wood Products and Green Chemistry. *Annals of Forest Science*, 73, 185-203.
- Attama Saributr, Kriangsak Khiaomang and Miyoung Seo. 2019. *The Process of Adding Young Teak Properties with Bio-Innovation From The Thai Herbal Extraction for Product Design*. The Korea Association of Art & Design : International Art & Design Symposium, Korea, 143-146.
- Chaturong Laohapensang (2018). Design and development of materials products before building from small teak aged between 7-14 years in Thailand for commercial and sustainable use. *Journal of Industrial Education*, 17 (2), 109-116.
- Farkhanda Manzoor, Narjis Naz, Adiya A. Malik, Samra Arshad and Bina Siddiqui. Chemical Composition of Essential Oils Derived from Eucalyptus and Lemongrass and Their Antitermitic Activities Against *Microtermes mycophagus* (Desneux). *Asian Journal of Chemistry*. 25(5), 2405-2408.
- Ganis Lukmandu and Koetsu Takahashi. (2008). Variation in the natural termite resistance of teak (*Tectona grandis* Linn. Fil.) wood as a function of tree age. *Annals of Forest Science Journal*, 65(708), 1-8.

- George Howarth and Mark Hadfield. (2006). *A Sustainable Product Design Model. Materials and Design*, 27, 1128-1133.
- The Organic Organization. (2001). *Termite Control without Chemicals*. HDRA – the organic organization, Ryton Organic Gardens, Coventry CV8 3LG, United Kingdom.
- Monica Verma, Satyawati Sharma and Rajendra Prasad. (2009). Biological Alternatives for Termite Control: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63, 959-972.
- Narumol Matan, Weerapong Woraprayote, Warasri Saengkrajang, Niphaphorn Sirisombat and Nirundorn Matan. (2009). Durability of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) treated with peppermint oil, eucalyptus oil, and their main components. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63, 621-625.
- Siriporn Peters (2011). Design for Enabling Sustainable Livelihoods in Communities, *Iridescent. The agIdeas 2011 International Design Research Lab*, 1:1, 160-177.
- Sumit Gupta, G.S. Dangayach and Amit Kumar Singh. (2015). *Key Determinants of Sustainable Product Design and Manufacturing*. 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing, 26, 99-102
- Taro Yamane. (1973). *Statics: An Introductory Analysis*. 3rd Ed. New York. Harper and Row Publication.
- Yu-Chen Huang, Jui-Che Tu and So-Jeng Hung. (2016). Developing a Decision Model of Sustainable Product Design and Development from Product Servicizing in Taiwan. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 12(5), 1285-13002.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หนังสือขอความอนุเคราะห์

ที่ ศธ ๖๒๑๗.๑/ ๑.๕๖๐



คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต. แสนสุข อ. เมือง จ. ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๗ พฤษภาคม พ.ศ.๒๕๖๒

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา บุญภักดิ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นายอภุชม สาริบุตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตร ปรัชญาคุณภูมิบัณฑิต สาขาวิชา
ทัศนศิลป์และการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง "ศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม่ลึกลับอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์"
ในความควบคุมดูแลของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมิ่ง ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่
ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในกรณีนี้ คณะศิลปกรรมศาสตร์ ได้พิจารณาแล้ว เห็นว่าท่าน
เป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรง
ของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิต ในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า
จะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

เสกสรรค์ สันเข็กถนอม
(รองศาสตราจารย์เสกสรรค์ ตันยาภิรมย์)
คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

สำนักงานคณบดี คณะศิลปกรรมศาสตร์
โทรศัพท์ ๐๓๘ ๑๐๒ ๕๑๐ โทรสาร ๐๓๘ ๓๕๑ ๐๔๒
มือถือ นิสิต ๐๘๕ ๙๔๖ ๕๗๙๐

Ammy Shmoo

ที่ ศธ ๖๒๑๗.๑/จ.๒๒๑



คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

พฤษภาคม พ.ศ.๒๕๖๒

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา คิตดี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นายอภินันท์ สาริบุตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตร ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา
ทัศนศิลป์และการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง "ศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม่ลึกลับอายุสั้น ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์"
ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ใน
ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในกรณีนี้ คณะศิลปกรรมศาสตร์ ได้พิจารณาแล้ว เห็นว่าท่าน
เป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรง
ของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิต ในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า
คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

เสกสรรค์ ศันยาศรมย์
(รองศาสตราจารย์เสกสรรค์ ศันยาศรมย์)
คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

สำนักงานคณบดี คณะศิลปกรรมศาสตร์
โทรศัพท์ ๐๓๘ ๑๐๒ ๕๑๐ โทรสาร ๐๓๘ ๓๕๑ ๐๕๒
มือถือ นิสิต ๐๘๕ ๙๔๖ ๕๗๙๐

ที่ ศธ ๖๒๑๗.๑/ว.๒๒๖



คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

พฤษภาคม พ.ศ.๒๕๖๒

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ เล่าหะเพ็ญแสง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นายอภินันท์ สาริบุตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตร ปรัชญาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชา
ทัศนศิลป์และการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง "ศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์"
ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ใน
ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้ คณะศิลปกรรมศาสตร์ ได้พิจารณาแล้ว เห็นว่าท่าน
เป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรง
ของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิต ในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า
คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

ศกกรรต ศกษุฑ์ฉมพ.
(รองศาสตราจารย์เสกสรรค์ ตันยาภิรมย์)
คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

สำนักงานคณบดี คณะศิลปกรรมศาสตร์
โทรศัพท์ ๐๓๘ ๑๐๒ ๕๑๐ โทรสาร ๐๓๘ ๓๕๑ ๐๔๒
มือถือ ๐๘๕ ๙๔๖ ๕๗๙๐

ฉันทิให้ ศกษุฑ์ฉมพ.

ที่ อว. ๘๑๑๗.๑/๐.๒๓๕



คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ. เมือง จ. ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๐ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๓

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ สถาพร ตีบุญมี ณ ชุมแพ

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นายอภุชม์ สาริบุตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตร ปรัชญาคุณภูมิบัณฑิต สาขาวิชาทัศนศิลป์และการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์” ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในกรณีนี้ คณะศิลปกรรมศาสตร์ ได้พิจารณาแล้ว เห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิต ในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

อภุชม์ สาริบุตร อ.ศ.ร. : พ.
ที่ อว. ๘๑๑๗.๑/๐.๒๓๕

ขอแสดงความนับถือ

อ.วิรุฬห์ ตู. : ร.น.พ.
อ.นพ.ดร.วิรุฬห์ ตู. : ร.น.พ.
อ.น.พ.

ศกสรพงศ์ ตันบุญเกษม
(รองศาสตราจารย์เสกสรศักดิ์ ตันยาภิรมย์)
คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

สำนักงานคณบดี คณะศิลปกรรมศาสตร์

โทรศัพท์ ๐๓๘ ๑๐๒ ๕๑๐ โทรสาร ๐๓๘ ๓๙๑ ๐๕๒

มือถือ(นิสิต) ๐๘๕ ๙๔๖ ๕๗๙๐

ที่ อว ๘๑๑๗.๑/๑.๒๗๖



คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๐ กรกฎาคม พ.ศ.๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ภูงค์ โรจน์แสงรัตน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นายอภินันท์ สาริบุตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตร ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาทัศนศิลป์และการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์” ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้ คณะศิลปกรรมศาสตร์ ได้พิจารณาแล้ว เห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิต ในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

ศกสพรก มนุษย์พิมพ์
(รองศาสตราจารย์เสกสรรค์ ตันยาภิรมย์)
คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

สำนักงานคณบดี คณะศิลปกรรมศาสตร์

โทรศัพท์ ๐๓๘ ๑๐๒ ๕๑๐ โทรสาร ๐๓๘ ๓๙๑ ๐๔๒

มือถือ(นิติต) ๐๘๕ ๙๔๖ ๕๗๙๐

ที่ อว ๘๑๓๗.๑/อ.๒๓๕



คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ. เมือง จ. ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๑ กรกฎาคม พ.ศ.๒๕๖๓

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.พิศุทธิ์ ศิริพันธ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นายอภุชฌม สาริบุตร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตร ปรัชญาดุष्ฎิบัณฑิต สาขาวิชาทัศนศิลป์และการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำดุष्ฎิ นิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์” ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ใน ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในกรณีนี้ คณะศิลปกรรมศาสตร์ ได้พิจารณาแล้ว เห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการ ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิต ในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

เสกสรรค์ ศันสุทธานนท์
(รองศาสตราจารย์เสกสรรค์ ศันสุทธานนท์)
คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

สำนักงานคณบดี คณะศิลปกรรมศาสตร์
โทรศัพท์ ๐๓๘ ๑๐๒ ๕๑๐ โทรสาร ๐๓๘ ๓๙๑ ๐๔๒
มือถือ(นิติน) ๐๘๕ ๙๔๖ ๕๗๙๐

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สัก
ที่มีต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

ผู้วิจัย นายอภุชฌม สาริบุตร

นิติตปริญญาเอกหลักสูตรทัศนศิลป์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยบูรพา

หัวข้อคุณฉันทิพนธ์ ศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการ
ออกแบบผลิตภัณฑ์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. มียอง ซอ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนากระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ
2. เพื่อทดลองการเพิ่มสมบัติของไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ
3. เพื่อสังเคราะห์ผลการทดลอง ประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วย

นวัตกรรมชีวภาพ

คำชี้แจง

ผู้วิจัยขอความกรุณาผู้ทรงคุณวุฒิ ประเมินข้อคำถามที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยทำ
เครื่องหมาย ✓ ลงในตารางตามความคิดเห็นของท่าน โดยเกณฑ์การประเมินดังนี้

5	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	เหมาะสมมาก
3	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความกรุณาประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
ในหัวข้อ ศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบ
ผลิตภัณฑ์ มา ณ ที่นี้ด้วย

นายอภุชฌม สาริบุตร

ผู้วิจัย

**หมายเหตุ ข้อมูลของผู้ประเมินแบบสอบถามนี้ จะถูกเก็บเป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น
ตอนที่ 1 แบบขอความยินยอมการประเมินแบบร่างของผู้เชี่ยวชาญ

1. ท่านยินดีประเมินแบบร่าง โครงการวิจัยเรื่อง ศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วย
นวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือไม่

- ยินดี
- ไม่ยินดี

2. ท่านยินดีให้บันทึกข้อมูลหรือไม่

- ยินดี
- ไม่ยินดี

3. สื่อที่อนุญาตให้บันทึก

- ภาพถ่าย
- การบันทึกเสียง
- ภาพเคลื่อนไหว (VDO)
- การจดบันทึก

ตอนที่ 2 การประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์

รายการประเมิน	ระดับการประเมินจาก ผู้ทรงคุณวุฒิ					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
1. ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์						
1.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแข็งแรง						
1.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้โครงสร้างประหยัดวัสดุ						
1.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีการใช้วัสดุในการทำโครงสร้างเหมาะสม						
1.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีวิธีการสร้างโครงสร้างไม่ซับซ้อน						
2. ด้านความสวยงาม						
2.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่แปลกใหม่						
2.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อได้						
2.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีเอกลักษณ์ สะดุดตา น่าสนใจ						
2.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้สีสันทันทีมีความเหมาะสม						
3. ด้านการใช้สอย						
3.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์ สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามหน้าที่						
3.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีการใช้งานไม่ซับซ้อน						
3.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ในระยะยาว						
3.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้งาน						
4. ด้านการผลิต						
4.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน						
4.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ใช้วัสดุเหมาะสมในการผลิตทั้งระบบอุตสาหกรรม ระบบหัตถอุตสาหกรรม และหัตถกรรม						
4.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ ชุมชนสามารถใช้เครื่องมือที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นเพื่อการผลิตได้						

รายการประเมิน	ระดับการประเมินจาก ผู้ทรงคุณวุฒิ					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
5. ด้านความปลอดภัย						
5.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์ มีรูปทรงที่ไม่มีเหลี่ยมคม						
5.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ มีความปลอดภัยในระหว่างการใช้งาน						
5.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ ใช้วัสดุปลอดภัยต่อการใช้งาน						
5.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ ใช้วัสดุปลอดภัยต่อการผลิต						
6. ด้านการขนส่งและจัดเก็บ						
6.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์ สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย						
6.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ จัดเก็บได้ง่าย						
6.3 รูปแบบบรรจุภัณฑ์ เหมาะสมกับการขนส่ง						
6.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ ใช้พื้นที่เก็บน้อย						
6.5 รูปแบบผลิตภัณฑ์ ไม่เกิดความเสียหายระหว่างขนส่ง						
7. ลักษณะเฉพาะ						
7.1 รูปแบบผลิตภัณฑ์ มีลักษณะแตกต่างจากท้องตลาด						
7.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ มีรูปทรงที่จดจำได้ง่าย						
7.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ วัสดุสามารถเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์ได้						
7.4 รูปแบบผลิตภัณฑ์ สามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าได้						
8. การซ่อมบำรุง						
8.1 รูปแบบสามารถซ่อมแซมได้ง่าย						
8.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ สามารถใช้อุปกรณ์ทดแทนได้						
8.3 รูปแบบผลิตภัณฑ์ สามารถทำลายได้ง่ายหากผลิตภัณฑ์หมดอายุการใช้งาน						

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

*****ขอบคุณครับ*****

แบบสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำไม้สักอายุน้อยไปใช้

ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์

ชื่อหัวข้อ : ศึกษาการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัย : นายอภุชม สารินบุตร นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชา ทัศนศิลป์และการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ดร. มียอง ซอ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อให้วัสดุไม้สักเกิดสมบัติที่ดีขึ้น สามารถป้องกันแมลงศัตรูเข้าทำลายเนื้อไม้ โดยปราศจากการใช้สารเคมี ก่อนการนำมาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมถึงในระหว่างการใช้งานผลิตภัณฑ์ไม้สักที่นำวัสดุที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อนำวัสดุไม้สักที่มีมูลค่าเหล่านี้ มาใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานผลิตภัณฑ์ของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ในการดำรงชีวิตต่อไปได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติของไม้สักอายุน้อยด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ
2. เพื่อทดลองการเพิ่มสมบัติของไม้สักอายุน้อยด้วยกระบวนการนวัตกรรมชีวภาพ
3. เพื่อสังเคราะห์ผลการทดลอง ประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย

คำชี้แจง ให้ผู้ตอบแบบสำรวจนี้ ตอบแบบสำรวจตามความคิดเห็นของท่าน เพื่อให้ผู้วิจัยได้ศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภค ต่อรูปแบบในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย เพื่อนำความคิดเห็นของท่าน ไปใช้เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์

**หมายเหตุ ข้อมูลของผู้ประเมินแบบสอบถามนี้ จะถูกเก็บเป็นความลับ เพื่อใช้ในการวิจัยเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ

- ชาย หญิง

2. อายุ

- ต่ำกว่า 20 ปี
 20-30 ปี
 30-40ปี
 40-50 ปี
 50 ปีขึ้นไป

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไม้สัก

คำชี้แจง ผู้ตอบแบบสำรวจ ตอบคำถามตามความคิดเห็นของท่านในฐานะ ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ไม้สัก

1. ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่ท่านเคยใช้ (เลือกได้หลายคำตอบ)

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> โต๊ะ-เก้าอี้ | <input type="checkbox"/> ชั้นวางของ |
| <input type="checkbox"/> ตู้โชว์ - ตู้เสื้อผ้า | <input type="checkbox"/> โคมไฟ |
| <input type="checkbox"/> พระพุทธรูปแกะสลัก | <input type="checkbox"/> ชั้นวางรองเท้า |
| <input type="checkbox"/> โต๊ะพับญี่ปุ่น | <input type="checkbox"/> ของเล่นไม้ |
| <input type="checkbox"/> เครื่องดนตรี | <input type="checkbox"/> อุปกรณ์บนโต๊ะทำงาน |
| <input type="checkbox"/> เครื่องครัว หรืออุปกรณ์บนโต๊ะอาหาร เช่น ช้อนส้อม จาน ทัพพี เป็นต้น | |
| <input type="checkbox"/> ของตกแต่งบ้าน เช่น นกคุ้ม ตุ๊กตาสัตว์แกะสลัก กรอบรูป นาฬิกา แจกัน เป็นต้น | |

2. หากท่านต้องการจะซื้อผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อย ท่านต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ชนิดใด (เลือกได้หลายคำตอบ)

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> โต๊ะ-เก้าอี้ | <input type="checkbox"/> ชั้นวางของ |
| <input type="checkbox"/> ตู้โชว์ - ตู้เสื้อผ้า | <input type="checkbox"/> โคมไฟ |
| <input type="checkbox"/> พระพุทธรูปแกะสลัก | <input type="checkbox"/> ชั้นวางรองเท้า |
| <input type="checkbox"/> โต๊ะพับญี่ปุ่น | <input type="checkbox"/> ของเล่นไม้ |
| <input type="checkbox"/> เครื่องดนตรี | <input type="checkbox"/> อุปกรณ์บนโต๊ะทำงาน |
| <input type="checkbox"/> เครื่องครัว หรืออุปกรณ์บนโต๊ะอาหาร เช่น ช้อนส้อม จาน ท็อปฟี เป็นต้น | |
| <input type="checkbox"/> ของตกแต่งบ้าน เช่น นกคุ้ม ตุ๊กตาสัตว์แกะสลัก กรอบรูป นาฬิกา แจกัน เป็นต้น | |

3. ท่านสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปีที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักโดยใช้น้ำยาสมุนไพรป้องกันแมลง หรือไม่

- ใช่ ไม่ใช่

4. ท่านคิดว่า ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปี ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักโดยใช้น้ำยาสมุนไพรป้องกันแมลง สามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ท่านคิดว่า ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปี ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักโดยใช้น้ำยาสมุนไพรป้องกันแมลง สามารถส่งเสริมชุมชนผู้ผลิตได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

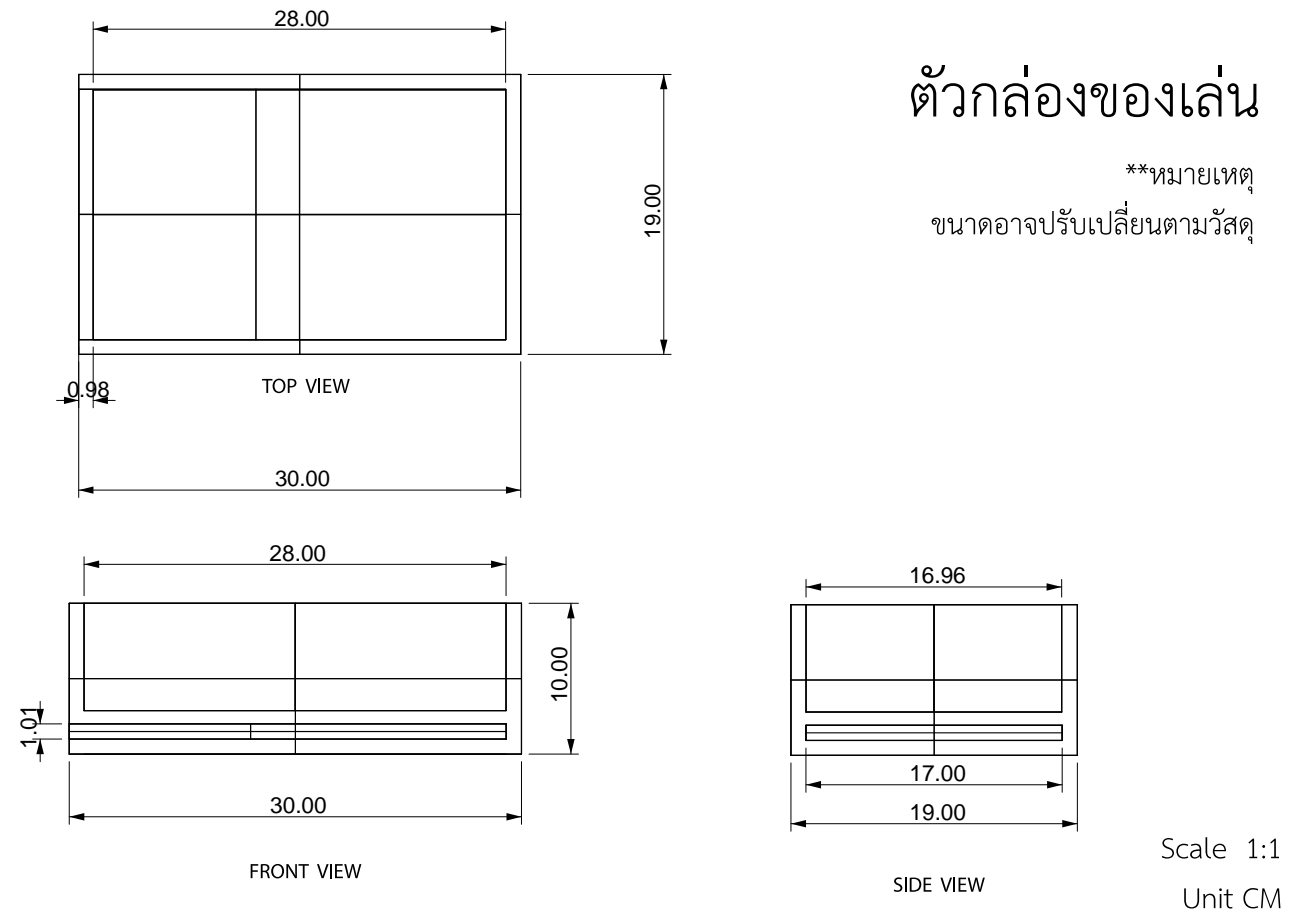
.....

.....

*****ขอบคุณครับ*****

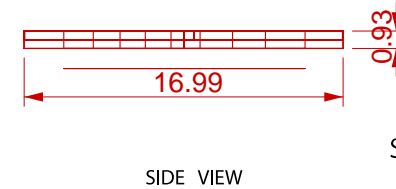
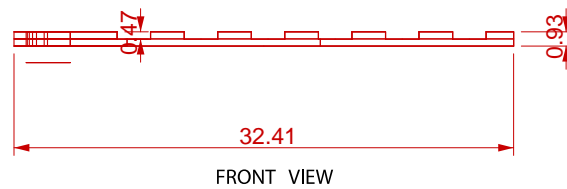
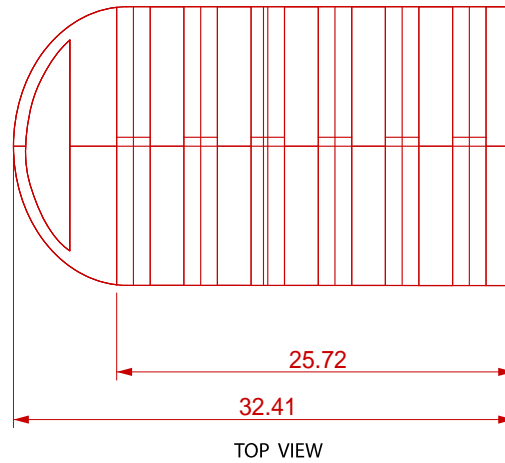
ภาคผนวก ค

การเขียนแบบเพื่อการผลิต



ภาพที่ ค-1 การเขียนแบบการผลิตของเล่นเสริมทักษะ

แผ่นวางตัวอักษร

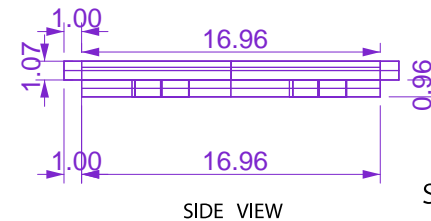
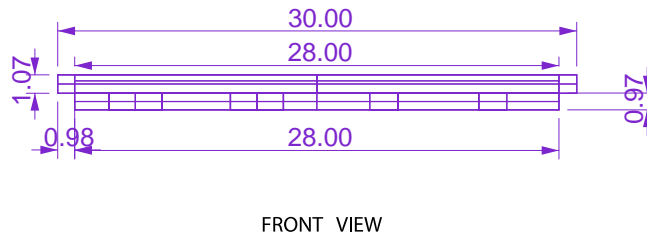
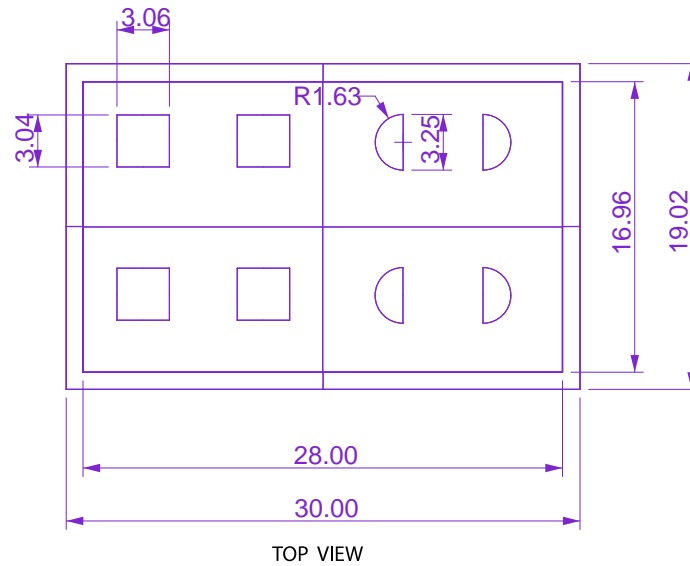


scale 1:1
Unit Cm.

**หมายเหตุ
ช่องที่เจาะร่องสำหรับวางตัวอักษร
จะมีขนาดมากกว่า 1 นิ้วเล็กน้อย
เพื่อให้วางตัวอักษรขนาด 1 นิ้วพอดี

**หมายเหตุ 2
ความหนาของแผ่นไม้
อาจเปลี่ยนไปตามความหนาของวัสดุ

ภาพที่ ค-2 การเขียนแบบการผลิตของเล่นเสริมทักษะ



scale 1:1
unit cm.

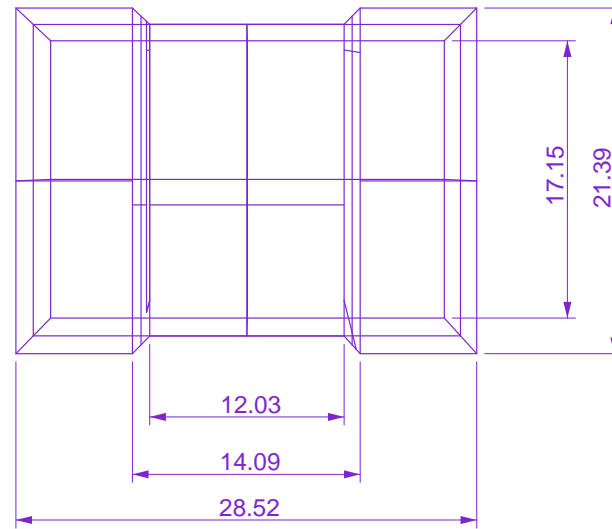
ฝาดปิดกล่อง

**หมายเหตุ
เจาะช่องมีขนาดมากกว่า 1 นิ้ว
เพื่อใส่ตัวอักษรขนาด 1 นิ้ว

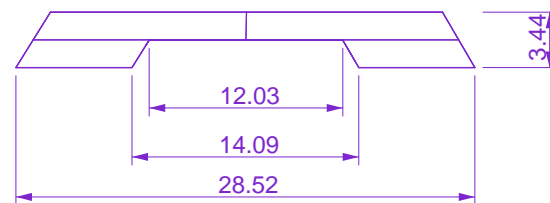
**หมายเหตุ 2
ตัวไม้ขนาด 1x1x1 นิ้ว
เพื่อเป็นตัวอักษรไทย 44 ตัว
และวงรีตัวเลข 0-9

ภาพที่ ค-3 การเขียนแบบการผลิตของเล่นเสริมทักษะ

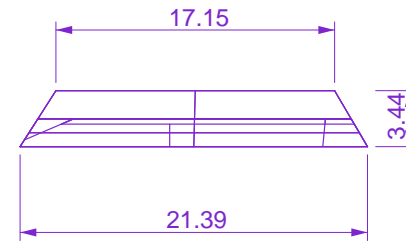
หิ้งพระ ชั้นที่ 3



TOP VIEW



FRONT VIEW

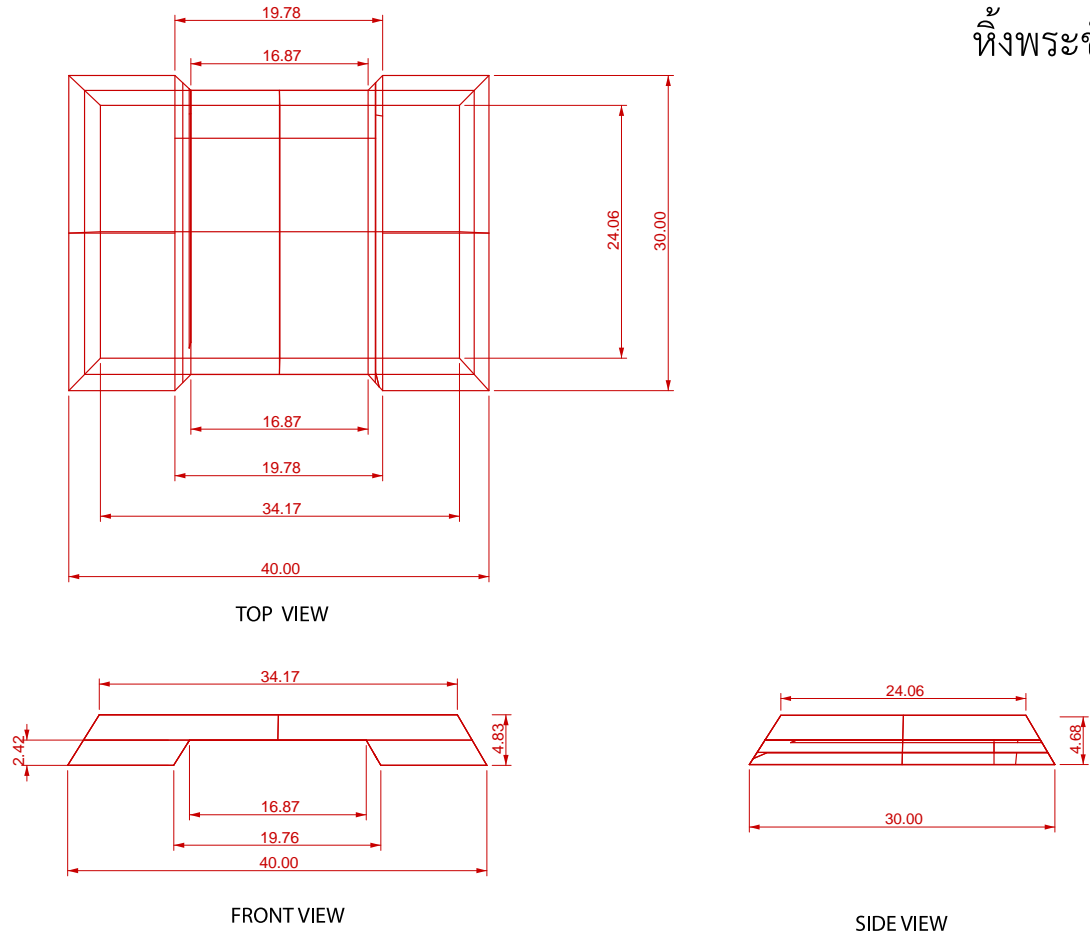


SIDE VIEW

Scale 1:1
Unit CM.

ภาพที่ ค-4 การเขียนแบบการผลิตของเล่นเสริมทักษะ

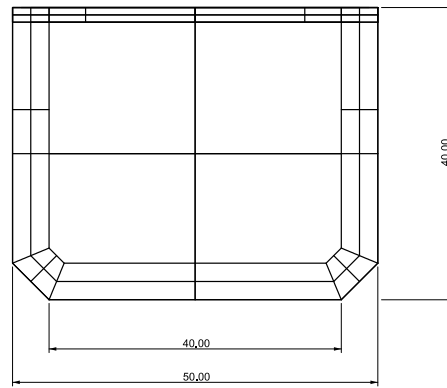
ห้องพระชั้นที่ 2



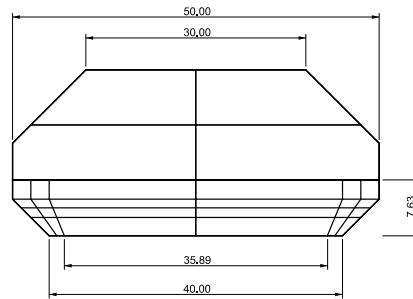
SCALE 1:1
Unite CM.

ภาพที่ ค-5 การเขียนแบบการผลิตของเล่นเสริมทักษะ

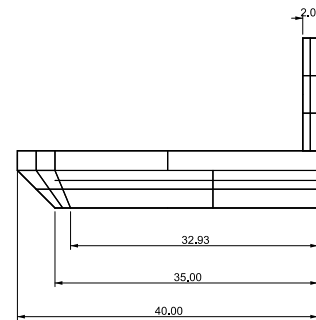
หิ้งพระติดผนังส่วนฐาน



TOP VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW

SCALE 1:1
.UNIT CM

ภาพที่ ค-6 การเขียนแบบการผลิตของเล่นเสริมทักษะ

ภาคผนวก ง

การเผยแพร่ผลงาน

ที่ อว ๐๖๑๓.๔/๐๓๙๙



คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง ตำบลชมพู
อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ๕๒๑๐๐

๒๘ ธันวาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ตอบรับการตีพิมพ์บทความ

เรียน คุณอนุกรม สาริบุตร

ตามที่ท่านได้ส่งบทความ เรื่องการเพิ่มสมบัติต้านความสามารถในการป้องกันแมลงของไม้สักอายุ
น้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้น ขอเรียนให้ท่านทราบว่าบทความของท่านได้ผ่าน
การพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิประจำกองบรรณาธิการและได้รับการตีพิมพ์ ในวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง ปีที่ ๑๓ ฉบับที่ ๒ กรกฎาคม - ธันวาคม ๒๕๖๓

อนึ่ง ทางกองบรรณาธิการวารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หวังว่าจะได้รับ
ความอนุเคราะห์จากท่านในโอกาสต่อไปและใคร่ขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์สวัสดิ์ อำนางกิตติกร)

บรรณาธิการวารสารวิชาการ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง



การเพิ่มสมบัติด้านความสามารถในการป้องกันแมลงของไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

Increasing the Insect Protection Properties of Young Teak with Bio-innovation for Product Design

อภิญญา สาริบุตร¹, เกียรติศักดิ์ เขียวมิ่ง² และมียอง โซ³

Attama Saributr¹, Kriangsak Khiamang² and Miyoung Seo³

¹สาขารัฐศาสตร์และการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนพลาภิรักษ์ ถนนสุขุมวิท
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131 โทร. 08-5946-5790 e-mail attama.saributr@gmail.com

²Visual Arts and Design, Faculty of Fine and Applied Art, Burapha University, 169 Long-lard Bangsaen Road,
Saensook, Meung, Chonbur, 20131 Thailand

วันที่รับบทความ: 6 พฤศจิกายน 2563

Received: Nov. 6, 2020

วันที่รับแก้ไขบทความ: 8 ธันวาคม 2563

Revised: Dec. 18, 2020

วันที่ตอบรับบทความ: 28 ธันวาคม 2563

Accepted: Dec. 28, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อทดลองเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ 2. เพื่อนำผลการทดลองประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ผลการวิจัยพบว่า ผลการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยจากสูตรสารสกัด จำนวน 24 สูตร สารสกัดจากสะเดาและขี้เหล็ก สูตรที่ 22 ให้ประสิทธิภาพในการป้องกันแมลงแก่ไม้สักอายุน้อยได้ดีที่สุด และมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์น้อยที่สุด โดยมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ชนิด HaCat ที่ร้อยละ 53.561 และชนิด Vero ที่ร้อยละ 33.318 เมื่อสรุปผลการทดลองแล้ว ผู้วิจัยประยุกต์นำผลการทดลองการป้องกันแมลงของไม้สักอายุน้อยมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยทำการออกแบบผลิตภัณฑ์จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ชั้นวางของเล่นผลิตภัณฑ์แกะสลักหิ้งพระ และของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก ซึ่งมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด 1 ชนิด คือ ของเล่นเสริมเสริมทักษะสำหรับเด็ก (X̄ = 4.52, S.D. = 0.17) และผลการประเมินความเหมาะสมในระดับมาก 3 ผลิตภัณฑ์ คือ หิ้งพระ (X̄ = 4.48, S.D. = 0.21) ผลิตภัณฑ์แกะสลัก (X̄ = 4.37, S.D. = 0.30) และชั้นวางของ (X̄ = 4.33, S.D. = 0.25) คำสำคัญ: ไม้สักอายุน้อย, นวัตกรรมชีวภาพ, ผลิตภัณฑ์จากไม้สัก

Abstract

This research objectives are: 1. To experiment to increase the properties of young teak with biological innovation 2. To apply the results of the experiments to the design of products from young teak for 24 extracts formulas. The 22nd formulas is from extracts from neem and cassia provide the best insect protection for young teak material and has the lowest cytotoxic value. The cytotoxicity of HaCat cells at 53.561% and Vero at 33.318%. Then the researcher applied the results of the insect prevention experiment of young teak applied to used in product design for four products: a toy shelf, a carved product, the Buddha shelf, and a wood block toy. The highest level of

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

suitability evaluation is wood block toy ($\bar{X} = 4.52$, $SD = 0.17$) and the evaluation of suitability at a high level are toy shelf ($\bar{X} = 0.21$), carved products ($\bar{X} = 4.37$, $SD = 0.30$) and the Buddha shelves ($\bar{X} = 4.33$, $SD = 0.25$).

Keywords: Young Teak Wood, Bio-Innovation, Teak Wood Product Design

1. บทนำ

ไม้สักเป็นไม้ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศ แต่ในปัจจุบัน ไม้สักธรรมชาติลดน้อยลงไป กรมป่าไม้จึงส่งเสริมให้ภาครัฐและเอกชนปลูกสักสวนน้ำขึ้น และกำหนดรอบฟื้นจาก 60 ปี เป็น 30 ปี และมีโอกาสที่จะเปลี่ยนเป็น 12 - 15 ปีได้ (Pooosodsawang, A., 2010. pp.5 - 6) ซึ่งไม้สักสวนป่าต้องมีการตัดสาง เพื่อให้ไม้สักเกิดการเจริญเติบโต โดยรอบที่ 1 คืออายุ 7 - 10 ปี และรอบที่ 2 คือ 15 - 22 ปี ไม้สักอายุ 7 - 10 ปีนั้น เป็นไม้สักอายุน้อย ซึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์น้อย เนื่องจากคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น การป้องกันแมลง เช่น ปลวก และความแข็งแรงของเนื้อไม้มีน้อย โดยไม้สักอายุต่ำกว่า 10 ปี จะไม่มีสาร O - cresyl methyl ether เพราะสารเคมีดังกล่าว จะเกิดขึ้นเองในเนื้อไม้ ต่อเมื่อไม้สักมีอายุตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป (Royal Forest Department, 2011: 4) ดังนั้น การจะนำไม้สักมาใช้ประโยชน์ในการสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ควรต้องเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยก่อนการนำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งศัตรูของเนื้อไม้ที่สำคัญ คือ ปลวก ปลวกสามารถทำลายเนื้อไม้ได้ หากไม้สักไม่มีการสะสมสาร O - cresyl methyl ether ที่เพียงพอ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทดลองหาวิธีเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยให้มีสมบัติสามารถป้องกันแมลงศัตรูเทียบเคียงกับไม้สักที่มีอายุ 10 ปีขึ้นไป โดยอาศัยสมุนไพรรักษาแมลงจากภูมิปัญญา จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเคา และขี้เหล็ก ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันแมลง (HDAR - The Organic organization, 2001 : 10)

ผลิตภัณฑ์จากไม้สักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้รับความนิยมเป็นวงกว้าง การนำวัสดุไม้สักอายุน้อยมาใช้ประโยชน์ จะต้องผ่านกระบวนการอบน้ำยาเคมี เพื่อป้องกันแมลงทำลายเนื้อไม้ แต่ในปัจจุบัน ผู้บริโภคมักนิยมผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากสารเคมีสังเคราะห์ การหาแนวทางนำสมุนไพรมีฤทธิ์ต่อต้านแมลงศัตรูมาใช้แทนสารเคมี จึงเป็นแนวทางที่ผู้วิจัยสนใจในการทดลองเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อให้วัสดุไม้สักสามารถป้องกันแมลงศัตรูได้ จากนั้นนำวัสดุไม้สักดังกล่าว ไปใช้ในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักนี้ ขณะผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ไม้สักจะต้องสามารถผลิตได้ในชุมชน เพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคสามารถใช้ผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยที่ราคาจากสารเคมี

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อทดลองเพิ่มสมบัติของไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ
- 2.2 เพื่อนำผลการทดลองประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ ข้อที่ 1

3.1 การศึกษาทดลองเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ มีวิธีการ ดังนี้

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสมุนไพรป้องกันแมลงศัตรู ข้อมูลเกี่ยวกับไม้สักอายุน้อย ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค รวมถึงศึกษาข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 การกำหนดวิธีทดลอง

1) กระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

ผู้วิจัยทำการศึกษาจากเอกสาร หลักฐาน ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาออกแบบกระบวนการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ซึ่งผลการออกแบบกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ มีดังนี้

(1.1) สมุนไพรที่ใช้ศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดสมุนไพรที่ออกฤทธิ์ยับยั้งแมลงศัตรูของไม้สัก โดยสมุนไพรที่ศึกษาจากเอกสารของ HDAR – The Organic organization (2001 : 10) และข้อมูลจากการศึกษาจากภูมิปัญญาชาวบ้าน ซึ่งสมุนไพรที่ศึกษา คือ ประกอบไปด้วยสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเดาและขี้เหล็ก

(1.2) การสกัดสารสกัดสมุนไพรด้วยน้ำเปล่า ผู้วิจัยตวงสมุนไพร 1 ชนิด โดยใช้ถ้วยตวงขนาด 250 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 250 มิลลิลิตร หรืออัตราส่วน 1:1 เพื่อให้ได้สารสกัดสมุนไพร 4 ชนิด ขึ้นด้วยเครื่องปั่น 1 นาที และกรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อให้ได้สารสกัดสมุนไพรชนิดนี้

(1.3) การจับคู่สารสกัดสมุนไพร โดยใช้กระบวนการทดลองเชิงทฤษฎีเส้นตรง (Line Blenc) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารสกัดสมุนไพร ดังนี้ (1) กระเทียมและตะไคร้ (2) กระเทียมและสะเดา (3) กระเทียมและขี้เหล็ก (4) ตะไคร้และสะเดา (5) ตะไคร้และขี้เหล็ก (6) สะเดาและขี้เหล็ก

(1.4) นำตัวอย่างทดลอง คือ ไม้สักอายุน้อย ที่แปรรูปเป็นลูกบาศก์ ขนาด 1x1 นิ้ว ไปแช่ลงในสารสกัดที่เกิดจากกระบวนการทดลองเชิงทฤษฎีเส้นตรง จำนวน 24 สูตร โดยกำหนดเวลาในการศึกษาการซึมสารสกัดของสมุนไพรเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ 68 ชั่วโมง จากนั้นจึงไว้ให้แห้งในอุณหภูมิห้องปกติ

(1.5) ทดสอบการเข้าทำลายตัวอย่างทดลองของแมลงศัตรู โดยนำตัวอย่างทดลองใส่ลงในรังปลวก กำหนดเวลาทดสอบ 1 เดือน

(1.6) บันทึกผลการทดลอง และเลือกสารสกัด 3 ชนิดเพื่อทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์

2) การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen)

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ African Green Monkey Kidney Fibroblast (Vero) และ Human Keratinocyte Immortal Cells (HaCat) โดยแทนค่าสารสกัดสมุนไพร ดังนี้ สารสกัดสมุนไพร A คือ สารสกัดขี้เหล็ก และกระเทียม สารสกัดสมุนไพร B คือ สารสกัดสมุนไพร B และสารสกัดสมุนไพร C คือ สารสกัดขี้เหล็กและสะเดา โดยกำหนดความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับร้อยละ 100 เมื่อแทนค่าสารสกัด

สมุนไพรร่าง ๆ แล้ว ผู้วิจัยทำการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen) โดยมีขั้นตอนดังนี้

(2.1) ปลุกเซลล์ไลน์ จำนวน 1×10^5 cells/ml ลงใน 96-well plate ปริมาตร 100 μ m/well บ่มในตู้บ่ม อุณหภูมิ 37°C, 5% CO₂ นาน 24 ชั่วโมง

(2.2) หลังจากครบ 24 ชั่วโมง ดูดอาหารออกจากแต่ละหลุม จากนั้นเติมสารตัวอย่าง ความเข้มข้น 50% ปริมาตร 100 μ m/well แล้วนำไปบ่มในตู้บ่ม อุณหภูมิ 37°C, 5% CO₂ นาน 20 ชั่วโมง

(2.3) เมื่อบ่มเซลล์ในสารหมักครบเวลาที่กำหนด เติม MTT ความเข้มข้น 5 mg/ml, 10 μ m/well นำไปบ่มในตู้บ่ม อุณหภูมิ 37°C, 5% CO₂ นาน 4 ชั่วโมง

(2.4) เมื่อบ่มเซลล์ใน MTT ครบ 4 ชั่วโมง ดูดสารละลาย MTT ที่ทิ้ง และเติมสารละลายผลึก Formazan ในที่นี้ใช้ 100% DMSO:10% SDS อัตราส่วน 9:1 ปริมาตร 100 μ m/well

(2.5) นำไปวัดค่า OD ที่ wavelength 570 nm. ตั้งโปรแกรมเขย่า 5 นาทีก่อนวัดค่า

(2.6) คำนวณค่า % Cytotoxicity ของสารแต่ละชนิด

3.3 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามวัตถุประสงค์ ข้อที่ 1

ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี จำนวน 2 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

ประชากร คือ (1) ผู้บริโภคที่ต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่ปลอดภัยจากสารเคมี

(2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

กลุ่มตัวอย่าง คือ (1) ผู้บริโภคที่ต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่ปลอดภัยจากสารเคมี จำนวน 103 คน จากตารางการกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำเร็จรูปของ Taro Yamane (1973) ซึ่งมีจำนวนประชากรไม่สิ้นสุด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 1.0 (2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 3 ท่าน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ ข้อที่ 1

1) แบบบันทึกผลการทดลองกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพด้วยวิธีการเชิงประจักษ์

2) แบบบันทึกผลการทดลองการทดสอบค่าความเป็นพิษต่อเซลล์สัตว์ของสารสกัดสมุนไพรร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ ข้อที่ 2

3) แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคด้านความต้องการผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

4) แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่อความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ตามวัตถุประสงค์ ข้อที่ 1

1) ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองเชิงประจักษ์ จากการสังเกตนำไปวิเคราะห์เชิงพรรณนา

2) ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์จากผลการทดลองความเป็นพิษต่อเซลล์สัตว์ จากห้องปฏิบัติการทดลองด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพรรณนา วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ ข้อที่ 2

3) ผู้วิจัยวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อความต้องการผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยค่าเฉลี่ยร้อยละ และการบรรยายในรูปแบบเชิงพรรณนา

4) ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้านความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) และการบรรยายในรูปแบบการวิเคราะห์เชิงพรรณนา

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

4.1 ผลการศึกษาเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

ผู้วิจัยได้ทำการสกัดสารสกัดสมุนไพร 4 ชนิด คือ กระเทียม ตะไคร้ สะเดา และขี้เหล็ก โดยกำหนดการจับคู่ส่วนผสมตามทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) เพื่อหาส่วนผสมของสูตรสารสกัดที่เหมาะสมต่อการทดลอง ผู้วิจัยสามารถสรุปสูตรสารสกัดได้ 24 สูตร จากนั้น ผู้วิจัยนำตัวอย่างทดลอง ไปแช่ในสารสกัดสมุนไพร เป็นเวลา 7 วัน และนำตัวอย่างทดลองไปใส่ในจอมปลวก และสังเกตการเปลี่ยนแปลงเป็นเวลา 1 เดือน



ภาพที่ 1 ลักษณะสมุนไพรที่เกิดจากการสกัดด้วยน้ำ



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผสมสารสกัด 2 ชนิดเข้าด้วยกัน



ภาพที่ 3 นำตัวอย่างทดลองแช่ลงในสูตรสารสกัดสมุนไพร 7 วัน



ภาพที่ 4 นำตัวอย่างทดลองที่ผ่านการแช่สารสกัดสมุนไพร ไปใส่ลงในจอมปลวกเป็นเวลา 1 เดือน

4.2 ผลการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

หลังจากที่ผู้วิจัยนำตัวอย่างทดลองไปใส่ลงในจอมปลวกเป็นเวลา 1 เดือน ผู้วิจัยนำตัวอย่างทดลองมาสังเกตการเปลี่ยนแปลง ซึ่งนำเสนอ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการทดลอง

สูตรสารสกัดสมุนไพร	สูตรที่	ผลการทดลอง
กระเทียมและตะไคร้	1	เนื้อไม้ถูกทำลาย
	2	ถูกทำลายบางส่วน มีเชื้อราบนพื้นผิว
	3	ถูกทำลายบางส่วน มีเชื้อราบนพื้นผิว
	4	ไม่ถูกทำลายมีเชื้อราบนพื้นผิว
กระเทียมและสะเดา	5	ถูกทำลายบางส่วนมีเชื้อราบนพื้นผิว
	6	ถูกทำลายบางส่วนมีเชื้อราบนพื้นผิว
	7	ถูกทำลายบางส่วนมีเชื้อราบนพื้นผิว
	8	ถูกทำลายบางส่วน
กระเทียมและขี้เหล็ก	9	ถูกทำลายบางส่วนมีเชื้อราบนพื้นผิว
	10	มีเชื้อราบนพื้นผิวไม่มีการย่อยสลาย
	11	ไม่ถูกทำลายมีเชื้อราบนพื้นผิว
	12	ไม่ถูกทำลายมีเชื้อราบนพื้นผิว
ตะไคร้และสะเดา	13	มีเชื้อราบนพื้นผิวมาก
	14	มีเชื้อราบนพื้นผิวมาก
	15	มีเชื้อราบนพื้นผิวมาก
	16	มีเชื้อราบนพื้นผิวมาก
ตะไคร้และขี้เหล็ก	17	มีเชื้อราบนพื้นผิวมาก
	18	มีเชื้อราบนพื้นผิวมาก
	19	มีเชื้อราบนพื้นผิวมาก
	20	มีเชื้อราบนพื้นผิวมาก
สะเดาและขี้เหล็ก	21	ไม่ถูกทำลายมีเชื้อราบนพื้นผิว
	22	ไม่ถูกทำลาย
	23	ไม่ถูกทำลาย
	24	ไม่ถูกทำลายมีเชื้อราบนพื้นผิว

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการทดสอบการทำลายเนื้อไม้ของแมลงศัตรูจากตัวอย่างทดสอบ พบว่าตัวอย่างที่ถูกทำลายน้อยที่สุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 22 และ 23



ภาพที่ 5 ตัวอย่างทดลองที่ 22 - 23 ที่ถูกแมลงศัตรูทำลายน้อยที่สุด

ดังนั้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า สารสกัดที่มีส่วนผสมของขี้เหล็ก มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้มากที่สุด จากนั้น ผู้วิจัยจึงนำสารสกัดที่มีส่วนผสมของสมุนไพรขี้เหล็กกับสมุนไพรชนิดอื่นอีก 3 ชนิด ได้แก่ กะเทียม ตะไคร้ และสะเดา เป็นตัวอย่างทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ โดยกำหนดอัตราส่วน คือ ส่วนผสมของสารสกัดสมุนไพรขี้เหล็กในอัตราส่วนที่มากกว่าสมุนไพรชนิดอื่น

ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen)

ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ (%Cytotoxicity) ทั้ง 2 ชนิด เพื่อหาสารสกัดที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้วัสดุมีความเป็นพิษน้อยที่สุด ซึ่งผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการทดสอบความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์ HaCat และ Vero

สาร No.	รายละเอียดของสาร	%Cytotoxicity	
		HaCat	Vero
1.	สารสกัดสมุนไพร A	75.192	62.918
2.	สารสกัดสมุนไพร B	71.581	49.498
3.	สารสกัดสมุนไพร C	53.561	33.318

จากตารางที่ 8 พบว่า สารสกัดสมุนไพร C มีความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด HaCat และชนิด Vero น้อยที่สุด คือร้อยละ 53.561 และ 33.318 ตามลำดับ ดังนั้น ผู้วิจัย สามารถสรุปได้ว่า สารสกัดที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ สารสกัดขี้เหล็กและสะเดา

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อนำผลการทดลองประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย

4.3 ผลการสังเคราะห์ผลการทดลอง ประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย

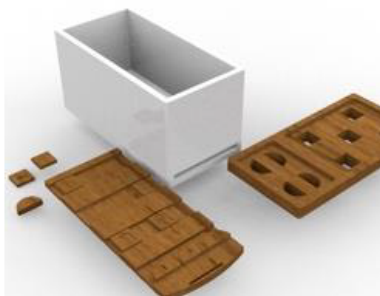
ผู้วิจัยทำการสรุปผลการทดลอง และนำผลการทดลอง คือ การนำสูตรสารสกัดจากสารสกัดขี้เหล็กและสะเดา นำไปใช้เพิ่มสมบัติให้วัสดุเพื่อใช้ในการงานออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยการสำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยของผู้บริโภคจำนวน 103 คน โดยให้แบบสอบถาม แบบมีโครงสร้าง (Structure Interview) ซึ่งผู้บริโภครายชื่อสามารถตอบได้หลายคำตอบ ซึ่งมีผลการสำรวจดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการสำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยของผู้บริโภค

ลักษณะผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้ตอบ (n=103)	ร้อยละ
1. เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ เตียง ตู้เสื้อผ้า	96	93.20
2. เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก เช่น โต๊ะพับญี่ปุ่น ชั้นวางของเล่น	57	55.33
3. ของตกแต่งบ้าน เช่น นกคุ้ม โคมไฟ ตุ๊กตาแกะสลัก กรอบรูป นาฬิกา	36	34.95
4. ผลิตภัณฑ์ประเภทความเชื่อ เช่น พระพุทธรูปแกะสลัก พระพิฆเนศวรแกะสลัก หิ้งพระ	19	18.45
5. ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด เช่น อุปกรณ์เครื่องครัว ของเล่นเสริมทักษะ ของที่ระลึก	67	65.05

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคมีความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย อันดับที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ เตียง ตู้เสื้อผ้า เป็นต้น มีผู้สนใจ 96 คน คิดเป็นร้อยละ 93.20 อันดับที่ 2 คือ ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด เช่น อุปกรณ์เครื่องครัว ของเล่น ของที่ระลึก เป็นต้น มีผู้สนใจ 67 คน คิดเป็นร้อยละ 65.05 อันดับที่ 3 คือ ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก เช่น ชั้นวางรองเท้า หิ้งพระ โต๊ะพับญี่ปุ่น ชั้นวางของเล่น มีผู้สนใจ 57 คน คิดเป็นร้อยละ 55.33 อันดับที่ 4 คือ ของตกแต่งบ้าน เช่น นกคุ้ม โคมไฟ ตุ๊กตาแกะสลัก กรอบรูป นาฬิกา มีผู้สนใจ 36 คน คิดเป็นร้อยละ 34.95 และอันดับที่ 5 ผลิตภัณฑ์ประเภทความเชื่อ เช่น พระพุทธรูปแกะสลัก พระพิฆเนศวรแกะสลัก มีผู้สนใจ 19 คน คิดเป็นร้อยละ 18.45

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ จากผลความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีความสนใจใช้ผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรม โดยเลือกจากประเภทผลิตภัณฑ์ 4 ประเภท ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ คือ 1. ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก คือ ชั้นวางของเล่น 2. ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้าน คือ ผลิตภัณฑ์แกะสลัก 3. ผลิตภัณฑ์ประเภทความเชื่อ คือ หิ้งพระ และ 4. ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด คือ ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก



ภาพที่ 6 ต้นแบบของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก



ภาพที่ 7 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ชั้นวางของเล่น



ภาพที่ 8 ต้นแบบผลิตภัณฑ์แกะสลัก



ภาพที่ 9 ต้นแบบผลิตภัณฑ์หิ้งพระ

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สัก จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์แล้ว ผู้วิจัยได้ขอความ
อนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 3 ท่าน ประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม
ของรูปแบบผลิตภัณฑ์ ต่อการนำไม้สักอายุน้อยมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการประเมิน
มีดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางแสดงความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่อการนำไม้สักอายุน้อยมาใช้ประโยชน์

รายการประเมิน	ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก		ผลิตภัณฑ์แกะสลัก		หิ้งพระ		ชั้นวางของเล่น	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
1.ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์	4.50	0.19	4.00	0.27	4.50	0.33	4.17	0.33
2. ด้านความสวยงาม	4.66	0.00	4.50	0.19	4.58	0.17	4.41	0.17
3. ด้านการใช้สอย	4.58	0.17	4.58	0.17	4.50	0.19	4.25	0.16
4. ด้านการผลิต	4.33	0.00	4.44	0.19	4.33	0.00	4.55	0.19
รวม	4.52	0.17	4.37	0.30	4.48	0.21	4.33	0.25
ระดับความเหมาะสม	มากที่สุด		มาก		มาก		มาก	

จากตารางที่ 4 ผู้วิจัยพบว่า อันดับที่ 1 คือ ของเล่นไม้ มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$, S.D. = 0.17) อันดับที่ 2 คือ หิ้งพระ มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.48$, S.D. = 0.21) อันดับที่ 4 คือ ผลิตภัณฑ์แกะสลัก มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.37$, S.D. = 0.30) และอันดับที่ 5 ชั้นวางของเล่น มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.25)

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 สรุปผลและอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า กระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ผู้วิจัยออกแบบกระบวนการทดลองการสกัดสารสกัดสมุนไพรด้วยน้ำจากสมุนไพรจำนวน 4 ชนิด เพื่อให้เกิดเป็นสารสกัดชนิดของเหลว จำนวน 24 สูตร ซึ่งเกิดจากการจับคู่โดยใช้ทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) (Kosiyapan, S., 1991 อ้างถึงใน Netrathip, W., 2017 : 87) จากนั้นนำตัวอย่างทดลองขนาด 1x1 นิ้ว ใส่สารสกัดทั้ง 24 สูตร และนำไปทดสอบการเข้าทำลายของแมลง พบว่า ตัวอย่างทดลองไม้สักที่ 22 เป็นตัวอย่างทดลองที่ไม่ถูกแมลงศัตรูทำลาย ซึ่งเกิดจากสูตรสารสกัดสมุนไพรสะเดาและขี้เหล็ก จากนั้น ผู้วิจัยจึงนำสารสกัดไปทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen) 2 ชนิด ผลการทดสอบ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า สารสกัดขี้เหล็กและสะเดามีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดขี้เหล็กและกระเทียม และสารสกัดขี้เหล็กและตะไคร้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปว่า สารสกัดขี้เหล็ก และสะเดาเป็นสูตรสารสกัดสมุนไพรที่เหมาะสมที่สุดในารนำมาเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

5.2 อภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ผู้วิจัยทำการสำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคที่มีความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ จำนวน 103 คน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ 5 ประเภท ได้แก่ 1. ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ 2. ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก 3. ของตกแต่งบ้าน 4. ผลิตภัณฑ์ประเภทความเชื่อ และ 5. ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด จากนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ 4 ผลิตภัณฑ์ และประเมินความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ผลการประเมิน ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด 1 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด คือ ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก และผลิตภัณฑ์ 3 ประเภท ที่มีความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์ อยู่ในระดับมาก ได้แก่ ชั้นวางของเล่น ผลิตภัณฑ์แกะสลัก และหิ้งพระ

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรศึกษาสมุนไพรชนิดอื่นที่มีฤทธิ์ในการป้องกันแมลง เช่น พริก สาบเสือ เป็นต้น รวมถึงส่วนอื่น ๆ ของสมุนไพรชนิดนั้น ๆ เช่น เมล็ดสะเดา เนื่องจากสมุนไพรบางชนิด มีส่วนของพืชในส่วนอื่นที่สามารถป้องกันแมลงได้มากกว่าส่วนใบ รวมถึงวัตถุดิบจากธรรมชาติชนิดอื่น เช่น เกลือ ซึ่งมีส่วนช่วยในการป้องกันแมลงได้มากขึ้น

6.2 ควรเพิ่มการจับคู่ด้วยรหัสเส้นตรง (Line Blend) ของสูตรสารสกัดสมุนไพรให้มากกว่า 2 สมุนไพร เพราะสมุนไพรแต่ละชนิดสามารถป้องกันแมลงได้แตกต่างกัน

6.3 ควรศึกษาสมุนไพรที่ออกฤทธิ์ในการป้องกันแมลงศัตรูของไม้สักชนิดอื่น เช่น เม็ด หนอนเจาะไม้สัก เป็นต้น

6.4 ไม้สักอายุน้อย 7 - 14 ปี มีส่วนของกระพี้เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ไม่ควรออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องรับแรงกด เช่น เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ ได้แก่ เหยิง โต๊ะรับประทานอาหาร ตู้เสื้อผ้า ตู้วางโทรทัศน์ เป็นต้น

7. เอกสารอ้างอิง

- HDRA- The Organic Organisation. (2001). **Termites Control Without Chemical**. Rytan Organic Garden. Coventry. United Kingdom.
- Matan, N., et al. (2009). Durability of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) treated with peppermint oil, eucalyptus oil, and their main components. **International Biodeterioration & Biodegradation**, 63, 621-625.
- Netrathip, W. (2017). The Study of the Ratio of Ban Huai Weir Soils with the Suitable Cultured Soils for Pottery Products. **Journal of Industry Technology Lampang Rajabhat University**, 10(2), 85-94. (in Thai)
- Poosoodsawang, A. (2010). **Teak Planting and Management Economic for farmers and the private sector**. Bangkok: AKSCRN SIAM LTD., (in Thai)
- Royal Forest Department. (2011). **Teak**. Bangkok: Forest Research and Development Office, Royal Forest Department. (in Thai)
- _____. (2013). **Knowledge about Thailand's Teak**. Bangkok: Forest Research and Development Office, Royal Forest Department. (in Thai)
- Taro Yamane. (1973). **Statics: An Introductory Analysis**. 3rd Ed. New York. Harper and Row Publications.

ที่ อว 8714.10/172



คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

16 มีนาคม 2564

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาบทความ เพื่อจัดพิมพ์เผยแพร่ในวารสารศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เรียน คุณอนุชิต สาธิบุตร

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัย เรื่อง “การใช้ประโยชน์ไม้สักอายุน้อยชีวภาพ ประยุกต์สู่การ
ออกแบบผลิตภัณฑ์” เพื่อขอรับการพิจารณาจัดพิมพ์เผยแพร่ ในวารสารศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ (Fine Arts Journal: Srinakharinwirot University) นั้น

ในกรณี กองบรรณาธิการวารสารศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอเรียน
ให้ทราบว่า ผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณาบทความของท่านแล้ว เห็นสมควรให้ตีพิมพ์เผยแพร่บทความดังกล่าว
ในวารสารศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 25 ฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2564)
ซึ่งเป็นวารสารที่ผ่านการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการกลุ่มที่ 2 ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 4 พ.ศ. 2563 – 2567

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ กองบรรณาธิการขอขอบพระคุณที่ท่านให้เกียรตินำบทความมาเผยแพร่
ข่าวสารวิชาการและงานวิจัยที่เป็นประโยชน์ในวารสารศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวีวรรณ วรรณวิไชย)
บรรณาธิการบริหารวารสารศิลปกรรมศาสตร์

ศูนย์การเรียนรู้ศิลปกรรม เพื่อความยั่งยืน
คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โทร. 02-260-0123 ต่อ 148

การใช้ประโยชน์ไม้สักอายุน้อยชีวภาพ ประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์
 UTILIZATION OF YOUNG TEAK WITH BIO-INNOVATION APPLIED TO
 PRODUCT DESIGN

อภุญม สาริบุตร¹, เกริญศักดิ์ เขียวมั่ง², และมิยอง ซอ³

สาขาวิชาทัศนศิลป์และการออกแบบ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Attama Saributr¹, Kraingsak Khiaomang² and Miyoung Seo³

Visual Arts and Design, Faculty of Applied Art, Burapha University

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ 2. เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ ผลการวิจัยพบว่า สารสกัดจากสะเดาและขี้เหล็ก มีประสิทธิภาพในการป้องกันแมลงศัตรูแก่วัสดุไม้สักอายุน้อยมากที่สุด มีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์น้อยที่สุด โดยมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ชนิด HaCat ที่ 53.561% และมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ชนิด Vero ที่ 33.318% จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์ความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้สักชีวภาพโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) ซึ่งเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 103 คน โดยใช้เครื่องมือคือ แบบสอบถามความคิดเห็นในรูปแบบออนไลน์ ผลการวิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์กลุ่มเบ็ดเตล็ด มีคะแนนความสำคัญลำดับที่ 1 คือ 0.5847 ลำดับที่ 2 คือ เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก มีคะแนนความสำคัญอยู่ที่ 0.2091 และลำดับที่ 3 คือ เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีค่าคะแนนความสำคัญอยู่ที่ 0.2062 ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์และประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ ผลการประเมินคือ ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x} = 4.52, SD = 0.17$) หิ้งพระ มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.48, SD = 0.21$) ผลิตภัณฑ์แกะสลัก มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.37, SD = 0.30$) และ ชั้นวางของเล่น มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.33, SD = 0.25$)

คำสำคัญ: ไม้สักอายุน้อย;การเพิ่มสมบัติ;นวัตกรรมชีวภาพ;การออกแบบผลิตภัณฑ์

Abstract

In this research, its objectives are: 1. To experiment with enhancing the properties of young teak with bio-innovation 2. To design products from biological young teak. The research results showed that Neem and Cassia extract mixed were the most effective in preventing insect pests on young teak material and have the lowest cytotoxicity. The Cytotoxicity of HaCat at 53.561% and Cytotoxicity of Vero at 33.318%. The researchers then analyzed the demand for biological teak products using the Analytic Hierarchy Process (AHP), collected data from the samples 100 people by using Google Form. The research results showed that Miscellaneous products was the first priority score was 0.5847. The second was small furniture, priority score was 0.2091 and the third was large furniture, priority score was 0.2062. The researcher designed four products and assessed the suitability of the model. The evaluation results are Educational toys for children It was the most suitable ($\bar{x} = 4.52, SD = 0.17$). The Buddha shelf had a very suitable level ($\bar{x} = 4.48, SD = 0.21$). There is a very appropriate level ($\bar{x} = 4.37, SD = 0.30$) and a toy shelf. Very suitable level ($\bar{x} = 4.33, SD = 0.25$)

Keyword: Young Teak Wood; Adding Properties; Bio-Innovation; Product Design

1. บทนำ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากไม้สัก ยังเป็นที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีความคงทน แข็งแรง แต่ในกระบวนการออกแบบและการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย จำเป็นที่จะต้องนำไปอบน้ำยา เพื่อให้เกิดการป้องกันแมลง ซึ่งเป็นสารเคมีสังเคราะห์ ประกอบกับไม้สักอายุน้อย มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ประโยชน์ เช่น การป้องกันแมลงศัตรู และความแข็งแรงของเนื้อไม้ในการรับน้ำหนัก ทำให้ก่อนการนำไม้สักมาใช้ประโยชน์ ต้องมีกระบวนการทำให้ไม้สักมีความคงทนเพิ่มขึ้น แต่ผู้บริโภคในปัจจุบันมีความต้องการที่จะลดการใช้สารเคมีลง เพื่อประโยชน์ในด้านสุขภาพ ผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย จะต้องผ่านกระบวนการโดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติมาใช้แทนสารเคมีป้องกันแมลง จะเป็นการเพิ่มช่องทางของผลิตภัณฑ์จากไม้สักที่ผู้บริโภคสามารถเลือกใช้ได้เพื่อให้ไม้สัก ซึ่งเป็นวัสดุที่มีมูลค่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด และสามารถนำสารสกัดสมุนไพร มาใช้แทนสารเคมี เพื่อเพิ่มสมบัติให้วัสดุไม้สักชีวภาพ ก่อนการนำไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ รวมทั้งกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักชีวภาพนี้ ชุมชนผู้ผลิตต้องสามารถทำเองได้

วัสดุไม้สักอายุน้อยชีวภาพ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไม้สักเป็นไม้ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ (อรุณี ภูสุคตแสง, 2553, น. 5-6) ซึ่งผู้บริโภคในปัจจุบันยังคงสนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ แต่มีความสนใจที่จะใช้ในรูปแบบที่ทันสมัยขึ้น ดังนั้น การออกแบบผลิตภัณฑ์ควรศึกษาจากความต้องการของผู้บริโภคเพื่อให้รูปแบบผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองความต้องการด้านความงามและประโยชน์ใช้สอยได้

จากเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นที่มาที่ผู้วิจัย สนใจที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ เพื่อนำวัสดุไม้สักอายุน้อยชีวภาพ ไปออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ไม้สักอายุน้อยชีวภาพ เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อทดลองการเพิ่มสมบัติของไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

2.2 เพื่อศึกษาความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ

3. สมมติฐานของการวิจัย

3.1 วัสดุไม้สักอายุน้อยชีวภาพที่มีสมบัติในการป้องกันแมลงศัตรู

3.2 ต้นแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ

4. ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของการศึกษาข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ โดยแบ่งเป็นด้าน ดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับสมุนไพรป้องกันแมลงศัตรู 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเดา และขี้เหล็ก มาหาวิธีทดลองสกัดสารสกัด และผสมสูตรด้วยทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend)

2. กำหนดวิธีทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักด้วยวิธีการแช่ไม้ลงในสารสกัด

3. การศึกษาความต้องการผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคที่สนใจผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยชีวภาพ

4. ศึกษาวิธีการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ เพื่อให้ไม้สักเกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจ และใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

5.1 กำหนดวิธีการทดลอง

1. การทดลองเชิงประจักษ์ ผู้วิจัยศึกษาวิธีการทดลองเพื่อทดลองหาสูตรสารสกัดสมุนไพรที่เหมาะสมในการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

2. การทดสอบความเป็นพิษของเซลล์ไลน์ (Primary Screen) ผู้วิจัยศึกษาวิธีทดสอบค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ 2 ชนิด คือ 1. African Green Monkey Kidney Fibroblast (Vero) และ 2. Human Keratinocyte Immortal Cells (HaCat) เพื่อหาสูตรสารสกัดที่มีความเป็นพิษน้อยที่สุด

5.2 การศึกษาความเหมาะสมเพื่อประยุกต์ผลการทดลองสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยศึกษาความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อหารูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการนำผลการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ไปออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม และศึกษาความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่อไป

5.3 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มที่ 1 ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี และเลือกกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

กลุ่มที่ 2 คือ ประชากร คือ ผู้บริโภคที่ต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้สักที่ปลอดภัยจากสารเคมีจำนวนประชากรที่แน่นอน ดังนั้นผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 103 คน จากตารางการกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำเร็จรูปของ Taro Yamane (1973) ซึ่งมีจำนวนประชากรไม่สิ้นสุด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 10

กลุ่มที่ 3 ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ และเลือกกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ท่าน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบบันทึกผลการทดลองกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพด้วยวิธีการเชิงประจักษ์

2. แบบบันทึกผลการทดลองการทดสอบค่าความเป็นพิษต่อเซลล์สัตว์ของสารสกัดสมุนไพร

3. แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคด้านความต้องการผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

4. แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่อความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองเชิงประจักษ์ จากการสังเกตนำไปวิเคราะห์เชิงพรรณนา

2. ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์จากผลการทดลองความเป็นพิษต่อเซลล์สัตว์จากห้องปฏิบัติการทดลอง ด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพรรณนา

3. ผู้วิจัยวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อความต้องการผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ด้วยการใช้การวิเคราะห์แบบกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process : AHP) ของ Saaty (1980) และการบรรยายในรูปแบบเชิงพรรณนา

4. ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้านความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{x}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation :SD) และการบรรยายในรูปแบบการวิเคราะห์เชิงพรรณนา

6. ประโยชน์ของการวิจัย

องค์ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ได้สูตรอัตราส่วนผสมสารสกัดสมุนไพร และกรรมวิธีป้องกันการเพิ่มสมบัติการป้องกันแมลงให้ไม้สักอายุน้อย

2. ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ ที่สามารถป้องกันแมลงศัตรู เกิดประโยชน์ในการใช้งาน และเกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจ

7. ผลการวิจัย

7.1 ผลการศึกษากระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยทำการออกแบบกระบวนการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการออกแบบกระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ มีดังนี้

1. สมุนไพรที่ใช้ศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดสมุนไพรที่ออกฤทธิ์กับแมลงศัตรูของไม้สัก โดยสมุนไพรที่ศึกษา ประกอบไปด้วยสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเดาและขี้เหล็ก
2. การสกัดสารสกัดสมุนไพร ผู้วิจัยตวงสมุนไพร 1 ชนิด โดยใช้ถ้วยตวง ขนาด 250 มิลลิกรัม ต่อน้ำ 250 มิลลิกรัม หรืออัตราส่วน 1:1 เพื่อให้ได้สารสกัดสมุนไพร 4 ชนิด บดด้วยเครื่องบด ใช้เวลาในการบด 1 นาที และกรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อให้ได้สารสกัดสมุนไพรชนิดน้ำ
3. ผสมจับคู่สารสกัดสมุนไพร โดยใช้กระบวนการทดลองเชิงทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารสกัดสมุนไพร
4. นำตัวอย่างทดลอง คือ ไม้สักอายุน้อย ที่แปรรูปเป็นลูกบาศก์ขนาด 1x1 นิ้ว ไปแช่ลงในสารสกัดที่เกิดจากกระบวนการทดลองเชิงทฤษฎีเส้นตรง จำนวน 24 สูตร โดยกำหนดเวลาในการศึกษาการซึมสารสกัดของสมุนไพรเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ 168 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งในอุณหภูมิห้อง
5. ทดสอบการเข้าทำลายตัวอย่างทดลองของแมลงศัตรู โดยนำตัวอย่างทดลองไปลงในรังปลวก กำหนดเวลาทดสอบ 1 เดือน
6. บันทึกผลการทดลอง และเลือกสารสกัด 3 ชนิดเพื่อทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์



ภาพที่ 1 กระบวนการทดลองเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ (อภุสรณ์ สาริบุตร, ประเทศไทย, 2562)

7.2 ผลการทดลองการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

ผู้วิจัยได้ทำการสกัดสารสกัดสมุนไพร 4 ชนิด คือ กระเทียม ตะไคร้ สะเดา และขี้เหล็ก โดยกำหนดการจับคู่ส่วนผสมตามทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) เพื่อหาส่วนผสมของสูตรสารสกัดที่เหมาะสมต่อการทดลอง

ผลการจับคู่สูตรสารสกัดสมุนไพร มีทั้งหมด 24 สูตร และแต่ละสูตรให้ผลการทดสอบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูที่แตกต่างกัน โดยผลการทดสอบการทำลายเนื้อไม้ของแมลงศัตรูจากตัวอย่างทดสอบ

พบว่าตัวอย่างที่ถูกทำลายน้อยที่สุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 22 และ 23 ซึ่งเกิดจากการผสมสารสกัดขี้เหล็กและสะเดา



ภาพที่ 3 ตัวอย่างทดลองที่ 22-23 ที่ถูกแมลงศัตรูทำลายน้อยที่สุด (อภุญม สาริบุตร, ประเทศไทย, 2562)

ดังนั้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า สารสกัดที่มีส่วนผสมของขี้เหล็กและสะเดา มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้มากที่สุด จากนั้น ผู้วิจัยจึงนำสารสกัดที่มีส่วนผสมของสมุนไพร ขี้เหล็กกับสมุนไพรชนิดอื่นอีก 3 ชนิด ได้แก่ กะเทียม ตะไคร้ และสะเดา เป็นตัวอย่างทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen) ต่อไป

7.3 ผลการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ African Green Monkey Kidney Fibroblast (Vero) และ Human Keratinocyte Immortal Cells (HaCat) โดยแทนค่าสารสกัดสมุนไพร คือ สารสกัดสมุนไพร A คือ สารสกัดขี้เหล็กและกระเทียม สารสกัดสมุนไพร B คือ สารสกัดขี้เหล็กและตะไคร้ และสารสกัดสมุนไพร C คือ สารสกัดขี้เหล็กและสะเดาซึ่งผลการทดสอบความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์ ปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการทดสอบความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์ชนิด HaCat และ Vero

สาร No.	รายละเอียดของสาร	%Cytotoxicity	
		HaCat	Vero
1.	สารสกัดสมุนไพร A	75.192	62.918
2.	สารสกัดสมุนไพร B	71.581	49.498
3.	สารสกัดสมุนไพร C	53.561	33.318

(อภุญม สาริบุตร, ประเทศไทย, 2563)

จากตารางที่ 1 พบว่า สารสกัดสมุนไพร C มีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด HaCat และชนิด Vero น้อยที่สุด คือ 53.561% และ 33.318 ตามลำดับ ดังนั้น ผู้วิจัย สามารถสรุปได้ว่า สารสกัดที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ สารสกัดขี้เหล็กและสะเดา

7.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ

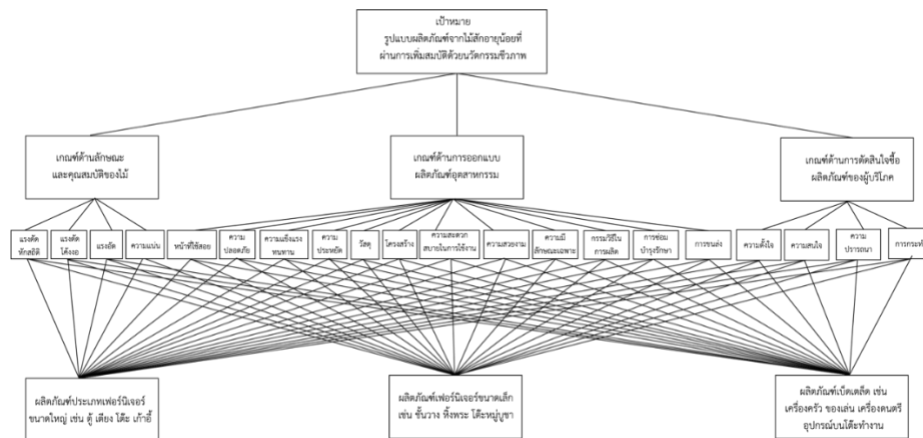
ผู้วิจัยทำการสรุปผลการทดลอง และนำผลการทดลองวัสดุไม้สักอายุน้อยชีวภาพ ไปสอบถามความต้องการของผู้บริโภคถึงรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคสนใจ โดยการสำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยของผู้บริโภคจำนวน 103 คน โดยใช้แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง (Structure Interview) ซึ่งผู้บริโภครสามารถตอบได้หลายคำตอบ ซึ่งมีผลการสำรวจดังตารางที่ 2 ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการสำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์ไม้สักอายุน้อยของผู้บริโภค (n=103)

ลักษณะผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้ตอบ	ร้อยละ
เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ เตียง ตู้เสื้อผ้า	96	93.20
เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก เช่น ชั้นวางรองเท้า หิ้งพระ โต๊ะพับญี่ปุ่น	57	55.33
ของตกแต่งบ้าน เช่น นกคุ้ม โคมไฟ ตุ๊กตาแกะสลัก กรอบรูป นาฬิกา	36	34.95
ผลิตภัณฑ์ประเภทความเชื่อ เช่น พระพุทธรูปแกะสลัก พระพิฆเนศวรแกะสลัก	19	18.45
ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด เช่น อุปกรณ์เครื่องครัว ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก ของที่ระลึก	67	65.05

(อภุรุท สาริบุตร, ประเทศไทย, 2563)

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีผู้บริโภครให้ความสนใจมากที่สุด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 93.20 อันดับที่ 2 คือ ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด คิดเป็นร้อยละ 65.05 และอันดับที่ 3 ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก คิดเป็นร้อยละ 55.33

จากนั้น ผู้วิจัยจึงทำการสรุปแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) ในการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ โดยการจัดลำดับชั้นการวิเคราะห์ (Structure the Hierarchy) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) ในการตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ (อภุญม สาริบุตร, ประเทศไทย, 2563)

จากภาพที่ 2 ผู้วิจัยสามารถสรุปปัจจัยในการพิจารณาและทางเลือกในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาและทางเลือก

ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา	ทางเลือก
1. ลักษณะและคุณสมบัติของไม้	ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่
2. การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก
3. การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค	ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด

(อภุญม สาริบุตร, ประเทศไทย, 2563)

จากนั้น ผู้วิจัยนำผลสำรวจความต้องการของผู้บริโภคมาคำนวณค่าเวกเตอร์เฉพาะ (Eigenvector) เพื่อหาค่าเวกเตอร์เฉพาะของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา เพื่อนำไปคำนวณผลในการตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยผลการคำนวณ ผู้วิจัยสามารถสรุปค่าเฉลี่ยปัจจัยได้ ดังนี้

1. ปัจจัยด้านลักษณะและคุณสมบัติของเนื้อไม้ ค่าเฉลี่ยคือ 0.73
2. ปัจจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ค่าเฉลี่ยคือ 0.19
3. ปัจจัยด้านการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ค่าเฉลี่ยคือ 0.08

เมื่อได้ค่าเวกเตอร์เฉพาะของแต่ละปัจจัยแล้ว ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมจากไม้สักอายุน้อย

ด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ซึ่งระดับคะแนนตามปัจจัย ผู้วิจัยได้คำนวณและแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางแสดงระดับคะแนนตามปัจจัยในการตัดสินใจ

ทางเลือก	ระดับคะแนนของแต่ละปัจจัย		
	ลักษณะและคุณสมบัติของไม้	การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค
เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่	0.09	0.63	0.26
เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก	0.21	0.26	0.08
เบ็ดเตล็ด	0.70	0.11	0.66

(อภุฐม สาริบุตร, ประเทศไทย, 2563)

จากนั้น ผู้วิจัยนำผลคะแนน มารวมกับค่าเฉลี่ยปัจจัย เพื่อตัดสินใจเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่จะนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ ซึ่งผลการคำนวณ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางแสดงการคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม

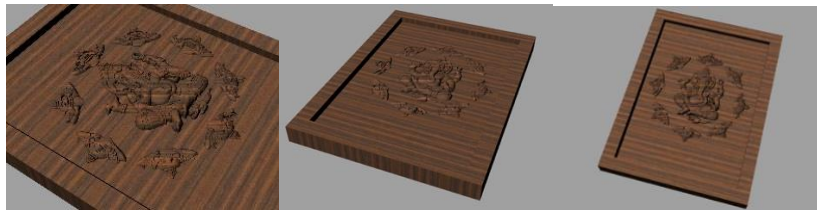
ทางเลือก	ระดับคะแนนของแต่ละปัจจัย		
	ลักษณะและคุณสมบัติของไม้ (0.73)	การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (0.19)	การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค (0.08)
เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่	$(0.09)(0.73)+(0.63)(0.19)+(0.26)(0.08) = 0.2062$		
เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก	$(0.21)(0.73)+(0.26)(0.19)+(0.08)(0.08) = 0.2091$		
เบ็ดเตล็ด	$(0.70)(0.73)+(0.11)(0.19)+(0.66)(0.08) = 0.5847$		

(อภุฐม สาริบุตร, ประเทศไทย, 2563)

จากตารางที่ 13 ผู้วิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.5847 รองลงมา คือ เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.2091 และลำดับสุดท้าย คือ เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.2062

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ประเภทเบ็ดเตล็ด เช่น อุปกรณ์เครื่องครัว ของเล่นไม้ ของที่ระลึก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภค มีความสนใจที่จะซื้อมากที่สุด ผู้วิจัยจึงนำการสำรวจ ไป

2. ผลิตภัณฑ์ประดับตกแต่งโดยใช้เทคนิคการแกะสลัก ผลิตภัณฑ์จากฝีมือการแกะสลักของช่างฝีมือ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่า สามารถใช้เป็นของที่ระลึกให้กับผู้ใหญ่ที่เคารพ โดยสามารถแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์ความเชื่อต่าง ๆ เช่น พระพุทธรูป พระพิมพ์เนศวร นกคุ้ม หรืออื่น ๆ ตามความต้องการของผู้บริโภค



ภาพที่ 5 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ผลิตภัณฑ์ประดับตกแต่งโดยใช้เทคนิคการแกะสลัก (อภุญม สารีบุตร, ประเทศไทย, 2563)

3. ผลิตภัณฑ์หิ้งพระ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับวางพระพุทธรูปบูชา เป็นหิ้งพระสำหรับติดผนัง ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย เหมาะสำหรับผู้บริโภคในปัจจุบันที่อาศัยอยู่ในคอนโดมิเนียม ห้องพัก หรือต้องการหิ้งพระที่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย หรือมีพื้นที่จำกัด



ภาพที่ 6 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ผลิตภัณฑ์หิ้งพระ (อภุญม สารีบุตร, ประเทศไทย, 2563)

4. ผลิตภัณฑ์ชั้นวางของเล่น ชั้นวางของเล่นติดผนัง มีรูปแบบที่ทันสมัยมากขึ้น เปลี่ยนแปลงภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์จากไม้สักให้น่าสนใจ ใช้สำหรับตั้งโชว์ของเล่นสะสม หรือเก็บของเล็กน้อย เหมาะสำหรับพื้นที่จำกัด ที่ผู้บริโภคในปัจจุบันอาศัยอยู่ในคอนโดมิเนียม



ภาพที่ 7 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ผลิตภัณฑ์ชั้นวางของ (อภุญม สาริบุตร, ประเทศไทย, 2563)

จากนั้น ผู้วิจัยทำการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบจำนวน 3 ท่าน โดยผลการประเมิน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตารางแสดงความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่อการนำมาใช้สำหรับวัยผู้ใหญ่

รายการประเมิน	ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก		ผลิตภัณฑ์แกะสลัก		หิ้งพระ		ชั้นวางของ	
	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.
1.ด้านโครงสร้างผลิตภัณฑ์	4.50	0.19	4.00	0.27	4.50	0.33	4.17	0.33
2. ด้านความสวยงาม	4.66	0.00	4.50	0.19	4.58	0.17	4.41	0.17
3. ด้านการใช้สอย	4.58	0.17	4.58	0.17	4.50	0.19	4.25	0.16
4. ด้านการผลิต	4.33	0.00	4.44	0.19	4.33	0.00	4.55	0.19
รวม	4.52	0.17	4.37	0.30	4.48	0.21	4.33	0.25
ระดับความเหมาะสม	มากที่สุด		มาก		มาก		มาก	

(อภุญม สาริบุตร, ประเทศไทย, 2563)

จากตารางที่ 6 ผู้วิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดต่อการนำมาใช้สำหรับวัยผู้ใหญ่ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ มาใช้ประโยชน์ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการประเมิน คือ อันดับที่ 1 คือ ของเล่นไม้ มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x} = 4.52, SD = 0.17$) อันดับที่ 2 คือ หิ้งพระ มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.48, SD = 0.21$) อันดับที่ 3 คือ ชั้นวางรองเท้า มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.42, SD = 0.26$) อันดับที่ 4 คือ ผลิตภัณฑ์แกะสลัก มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.37, SD = 0.30$) และอันดับที่ 5 ชั้นวางของเล่น มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.33, SD = 0.25$)

8. การสรุปผลและการอภิปรายผล

8.1 สรุปผลการทดลองเชิงประจักษ์

ผู้วิจัย สามารถสรุปได้ว่า ผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการทดลองการสกัดสารสกัดสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ตะไคร้ สะเดา และขี้เหล็ก ให้เกิดเป็นสารสกัดชนิดของเหลว และนำไปทดลองจับคู่โดยใช้ทฤษฎีเส้นตรง (Line Blend) (Kosiyapan.S.1991 อ้างถึงใน วีระ เนตราทิพย์,

2560, น. 87) ได้ทั้งหมด 24 สูตร และแช่ตัวอย่างทดลองไม้สัก ขนาด 1x1 พบว่า สูตรสารสกัดสมุนไพรที่เหมาะสมที่สุดที่นำมาใช้ในการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุด คือ สูตรสารสกัดขี้เหล็กและสะเดา

8.2 สรุปผลการทดสอบค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ (Primary Screen)

ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า สูตรสารสกัดขี้เหล็กและสะเดาเป็นสูตรที่มีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด HaCat และชนิด Vero น้อยที่สุด โดยมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด HaCat อยู่ที่ 53.561% และค่าความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์ชนิด Vero อยู่ที่ 33.318%

8.3 สรุปผลการสอบถามความต้องการผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ

ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ความต้องการผลิตภัณฑ์ของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จำนวน 103 คน พบว่า ผู้บริโภคมีความสนใจในผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 93.20 เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก คิดเป็นร้อยละ 55.33 ของตกแต่งบ้าน คิดเป็นร้อยละ 34.95 ผลิตภัณฑ์ประเภทความเชื่อ 18.45 และผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด คิดเป็นร้อยละ 65.05 โดยประเภทผลิตภัณฑ์เบ็ดเตล็ด เช่น ของเล่นไม้ อุปกรณ์เครื่องครัว ของที่ระลึก ผู้บริโภคมีความสนใจมากที่สุดจากการวิเคราะห์ลำดับชั้น Analytic Hierarchy Process : AHP มีค่าคะแนนความสำคัญอยู่ที่ 0.5847

8.4 สรุปผลความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่อการนำไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์มาใช้ประโยชน์

ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ ของเล่นเสริมทักษะสำหรับเด็ก มีความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.52, SD = 0.17$) อันดับที่ 2 คือ หิ้งพระ มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.48, SD = 0.21$) อันดับที่ 3 คือ ชั้นวางรองเท้า มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.42, SD = 0.26$) อันดับที่ 4 คือ ผลิตภัณฑ์แกะสลัก มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.37, SD = 0.30$) และอันดับที่ 5 ชั้นวางของเล่น มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{x} = 4.33, SD = 0.25$)

9. การอภิปรายผล

องค์ความรู้ที่ได้จากการทำวิจัยในครั้งนี้ คือ การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อย ีชีวภาพ ไม้สักสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบให้มีความทันสมัย ตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคในปัจจุบัน สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจได้ ชุมชนผู้ผลิตสามารถผลิตได้ง่าย สอดคล้องกับการออกแบบชุมชนอย่างยั่งยืน ของ สิริพรณ์ ปีเตอร์ (Siriporn Peters, 2011) ที่กล่าวไว้ว่า การออกแบบอย่างยั่งยืน (Sustainable Design) คือ การบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด การลดปริมาณการใช้ทรัพยากร การนำกลับมาใช้ใหม่ การคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ดังนั้น การออกแบบผลิตภัณฑ์จากไม้สักอายุน้อยชีวภาพ เป็นแนวทางในการนำสารสกัดสมุนไพร มาใช้เพิ่มสมบัติให้วัสดุไม้สัก เพื่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ สามารถมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ เพื่อให้ไม้สักอายุน้อยเกิดความคุ้มค่าในการใช้งานมากที่สุด

10. ข้อเสนอแนะ

10.1 ควรศึกษาสมบัติของสมุนไพรหลากหลายชนิดเพิ่มเติม เพราะแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน และสามารถป้องกันแมลงได้แตกต่างชนิดกัน รวมถึงควรศึกษาชิ้นส่วนของสมุนไพรที่ออกฤทธิ์ในการป้องกันแมลงมากที่สุดมาใช้ จะทำให้การออกฤทธิ์ของสารสกัดสมุนไพร ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

10.2 การทดลองเพื่อให้เกิดสูตรสารสกัดสมุนไพร ด้วยวิธีเส้นตรง (Line Blend) ควรศึกษาการทดลองการผสมสารสกัดสมุนไพรให้มากกว่า 2 ชนิด เพราะสมุนไพรแต่ละชนิดสามารถออกฤทธิ์ในการป้องกันแมลงที่แตกต่างกัน

10.3 ควรศึกษาสมุนไพรที่ออกฤทธิ์ในการป้องกันแมลงศัตรูของไม้สักชนิดอื่น นอกเหนือจากปลวก เช่น มอด หนอนเจาะไม้สัก เป็นต้น

10.4 ไม้สักอายุน้อย 7-14 ปี มีส่วนของกระพี้เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ไม่ควรออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องรับแรงกด เช่น เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่ ได้แค่ เพียงโต๊ะรับประทานอาหาร ตู้เสื้อผ้า ตู้วางโทรทัศน์ เป็นต้น

11. รายการอ้างอิง

- วีระ เนตราทิพย์. (2560). การศึกษาอัตราส่วนของดินบ้านห้วยฝายกับดินเชื้อที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง, 10(2), 85-94
- อรุณี ภู่อุศุคแสง. (2553). การปลูกและจัดการสักเชิงเศรษฐกิจสำหรับเกษตรกรและภาคเอกชน. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์
- Saaty, L.T. (1980). Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill
- Siriporn Peters (2011). Design for Enabling Sustainable Livelihoods in Communities, Iridescent, 1:1, 160-177
- Taro Yamane. (1973). Statics: An Introductory Analysis. 3rd Ed. New York. Harper and Row Publication

ภาคผนวก จ

เอกสารรับรองการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เอกสารรับรองการทดสอบความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์

ผลการตรวจความซ้ำซ้อนของข้อมูล



ที่ ๐๐๒/๒๕๖๓

**เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา**

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย : G-Hu 017/2563

โครงการวิจัยเรื่อง : ศึกษาการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อย ด้วยนวัตกรรมชีวภาพ เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายอรุณ สาริบุตร

หน่วยงานที่สังกัด : นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา คณะศิลปกรรมศาสตร์

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าว เป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

- | | |
|---|--|
| ๑. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ | ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๑ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓ |
| ๒. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย | ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๑ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓ |
| ๓. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๑ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓ |
| ๔. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๑ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓ |
| ๕. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว หรือชุดที่ใช้เก็บข้อมูลจริงจากผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๑ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓ |
| ๖. เอกสารอื่น ๆ (ถ้ามี) | ฉบับที่ - วันที่ - เดือน - พ.ศ. - |

วันที่รับรอง : วันที่ ๒๑ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓

วันที่หมดอายุ : วันที่ ๒๐ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๔

ลงนาม

(นายเจณวิทย์ นวลแสง)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ชุดที่ ๒ (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

Plagiarism Checking Report

Created on Apr 5, 2021 at 16:22 PM

Submission Information

ID	SUBMISSION DATE	SUBMITTED BY	ORGANIZATION	FILENAME	STATUS	SIMILARITY INDEX
2019335	Apr 5, 2021 at 16:22 PM	attama.sa@kmitl.ac.th	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กระบวนการเพิ่มสมบัติไม้สักอายุน้อยด้วยนวัตกรรมชีวภาพ.docx	Completed	0.84 %

Match Overview

NO.	TITLE	AUTHOR(S)	SOURCE	SIMILARITY INDEX
1	ความต้องการไม้สักของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมไม้ ที่ได้จากการขึ้นทะเบียนที่ดินเป็นสวนป่าในจังหวัดแพร่ ,Demand of teak wood from registered teak plantation for wood industry in province	มรกต อินทรภู	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	0.53 %
2	การจัดการความเสี่ยงการสูญเสียเนื้อไม้ในการแปรรูปไม้เนื้อแข็งชนิดต่างๆของโรงเลื่อยไม้,The Risk management of timber wastes for wood processing in lumber from sawmills	ฐานุพงศ์ เหง้าพรหมินทร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	0.31 %

Match Details

TEXT FROM SUBMITTED DOCUMENT	TEXT FROM SOURCE DOCUMENT(S)
<p>ไทยนั้นไม้สักจะขึ้นอยู่เป็นส่วนใหญ่ในป่าเบญจพรรณทางภาคเหนือและบางส่วนของภาคกลางไม้สักชอบขึ้นตามพื้นที่ที่เป็นภูเขาหรือตามพื้นที่ราบแต่ดินระบายน้ำได้ดีน้ำไม่ท่วมซึ่งซึ่งอาจจะเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินที่มีความลึกมาก โดยเฉพาะดินที่เกิดจากหินปูนซึ่งแตกแยกผุพังจนกลายเป็นดินร่วนลึกไม้สักจะเจริญเติบโตดีมากมักขึ้นอยู่เป็นกลุ่มไม้สักล้วนๆเป็นหย่อมๆหรืออาจขึ้นปะปนอยู่กับไม้</p>	<p>ตลอดจนเชื่อว่าได้ตั้งมีความทนทานตามธรรมชาติสูงและมีผลหลายสวยงาม\ก1.2การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติและถิ่นกำเนิด\ ก ไม้สักมีถิ่นกำเนิดอยู่ในตอนใต้ของประเทศอินเดียพม่าไทยลาว(ส่วนที่ดี\ ก ภาคเหนือของไทย)และอินโดนีเซียสำหรับประเทศไทยนั้นไม้สักจะขึ้นอยู่เป็นส่วนใหญ่ในป่า\ ก เบญจพรรณทางภาคเหนือและบางส่วนของภาคกลางและเขียงรายลำปางพะเยาแพร่่านตาก\ ก สุโขทัยกำแพงเพชรนครสวรรค์ธานีและกาญจนบุรีชอบขึ้นตามพื้นที่ที่เป็นภูเขาหรือตาม\ ก พื้นที่ราบแต่ดินระบายน้ำได้ดีน้ำไม่ท่วมซึ่งซึ่งอาจจะเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินที่มีความลึก\ ก มากๆ โดยเฉพาะดินที่เกิดจากหินปูนซึ่งแตกแยกผุพังจนกลายเป็นดินร่วนลึกไม้สักจะเจริญเติบโต\ ก ดีมากขึ้นอยู่เป็นกลุ่มไม้สักล้วนๆเป็นหย่อมๆหรืออาจขึ้นปะปนอยู่กับไม้เบญจพรรณอื่นๆเช่น\ ก ไม้แดงประดู่ค่าโมงซึ่งขึ้นตะแบกกาลา โดยมีไม้ชนิดต่างๆเป็นชั้นล่าง\ก1.3ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม\ ก ปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไม้สักซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการพิจารณา\ ก คัดเลือก</p>
<p>เบญจพรรณอื่นๆเช่นไม้แดงประดู่ค่าโมงซึ่งขึ้นตะแบกกาลา โดยมีไม้ชนิดต่างๆเป็นไม้ชั้นล่างปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไม้สักซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ในการปลูกไม้สักพอสรุปได้ดังนี้ 1 ไม้สักจะเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มชื้นมากกว่าที่แห้งแล้งปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตและมีเนื้อไม้คงทนของไม้สักอยู่ระหว่าง 1 000 – 2 000 มิลลิเมตรต่อปีและฝนไม่ทิ้งช่วงนานเกิน 1 ในระหว่างฤดูการเจริญ</p>	<p>)และอินโดนีเซียสำหรับประเทศไทยนั้นไม้สักจะขึ้นอยู่เป็นส่วนใหญ่ในป่า\ ก เบญจพรรณทางภาคเหนือและบางส่วนของภาคกลางและเขียงรายลำปางพะเยาแพร่่านตาก\ ก สุโขทัยกำแพงเพชรนครสวรรค์ธานีและกาญจนบุรีชอบขึ้นตามพื้นที่ที่เป็นภูเขาหรือตาม\ ก พื้นที่ราบแต่ดินระบายน้ำได้ดีน้ำไม่ท่วมซึ่งซึ่งอาจจะเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินที่มีความลึก\ ก มากๆ โดยเฉพาะดินที่เกิดจากหินปูนซึ่งแตกแยกผุพังจนกลายเป็นดินร่วนลึกไม้สักจะเจริญเติบโต\ ก ดีมากขึ้นอยู่เป็นกลุ่มไม้สักล้วนๆเป็นหย่อมๆหรืออาจขึ้นปะปนอยู่กับไม้เบญจพรรณอื่นๆเช่น\ ก ไม้แดงประดู่ค่าโมงซึ่งขึ้นตะแบกกาลา โดยมีไม้ชนิดต่างๆเป็นชั้นล่าง\ก1.3ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม\ ก ปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไม้สักซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการพิจารณา\ ก คัดเลือกพื้นที่ในการปลูกไม้สักพอสรุปได้ดังนี้\ ก 82 \ ก1)ไม้สักจะเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มชื้นมากกว่าที่แห้งแล้งปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสม\ ก แก่การเจริญเติบโตและมีเนื้อไม้คงทนของไม้สักอยู่ระหว่าง 1 \ , 000 -- 2 \ , 000 มม.ต่อปีและฝนไม่ทิ้ง\ ก ช่วงนานเกินไปในระหว่างฤดูกาลเจริญเติบโตนอกจากนี้จะต้องมีช่วงฤดูแล้ง</p>
<p>งขณะเลื่อยและการแตกร้าวค่อนข้างมากดังนั้นเพื่อช่วยลดปัญหาการโค้งงอควรเลื่อยไม้ขนาดสั้นความยาวประมาณ 1 50 – 2 50 มไม้ท่อนขนาดเล็ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 9 นิ้วเลื่อยเป็นไม้แปรรูปแล้วได้ผลผลิต 25 – 35 โดยรวมไม้ที่โค้งงอดีใส่และแตกร้าวด้วยเมื่อนำไปใช้งานคงเหลือประมาณ 20 – 25 ลักษณะการใช้งานที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไม้ชนิดเล็กซึ่งหากต้องการไม้ที่มีขนาดใหญ่และหน้ากว้างขึ้นก็ใช้วิธีการต่อความ</p>	<p>และไม่มีคุณภาพต่ำทำให้ประสิทธิภาพในการเลื่อยไม่ได้เพียง 40 \ ก เปอร์เซนต์เศษเหลือประมาณ 60 เปอร์เซนต์\ ก3 .การแปรรูปไม้\ ก การใช้ไม้ในลักษณะไม้แปรรูปนั้นขนาดต้องโตพอสมควรเพื่อที่จะได้เนื้อไม้ส่วนของ\ ก แก่นมากกว่าส่วนของกระพี้ โดยควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. ขึ้นไปมีลำตรงเปลากม\ ก ไม่คดงอเนื่องจากไม้แปรรูปที่ได้จากไม้ขนาดเล็กเมื่อยังสดอยู่จะมีการโค้งงอขณะเลื่อยและการ\ ก แตกร้าวค่อนข้างมากดังนั้นเพื่อช่วยลดปัญหาการโค้งงอควรเลื่อยเป็นไม้ขนาดสั้นความยาว\ ก ประมาณ 1.50--2.50ม.ไม้ท่อนขนาดเล็ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 -- 9 นิ้วเลื่อยเป็นไม้แปรรูป\ ก แล้วได้ผลผลิต 25 -- 30 % โดยรวมไม้ที่ โค้งงอดีใส่และแตกร้าวด้วยเมื่อนำไปใช้งานคงเหลือ\ ก ประมาณ 20 -- 25 %ลักษณะการใช้งานเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไม้ชนิดเล็กซึ่งหากต้องการไม้\ ก มีขนาดใหญ่และหน้ากว้างขึ้นก็ใช้วิธีการต่อความยาวหรืออัดประสานขนาดความหนาและความ\ ก กว้างเข้าด้วยกัน(กรมป่าไม้\ 2541)\ ก ขนาดไม้เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการแปรรูปไม้</p>
<p>มีอยู่ 2 วิธีคือ 1 การเลื่อยตะ Through Through โดยการนำไม้ขวงมาเลื่อยเปิดปีกออกด้านหนึ่งตามภาพที่ 1 จากนั้นกลับไม้ขวงโดยด้านที่เปิดปีกวางบนแท่นเลื่อยตามภาพที่ 2 แล้วทำการเลื่อยตามขนาดที่ต้องการการเลื่อยไม่วิธีนี้นิยมใช้แปรรูปไม้เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมไม้ทำเครื่องเรือนหรืองานฝีมือหรือบางกรณีที่ต้องการเลื่อยไม้ขนาดเล็กๆข้อดีการปรับเปลี่ยนด้านเพื่อเลื่อยไม้เนื้อซ้อเสี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิตได้ค่อนข้าง</p>	<p>เพื่อเป็นไม้แปรรูปมีวิธีการเลื่อยหลายวิธีด้วยกันแต่วิธีการเลื่อยที่เป็นที่นิยม\ ก และให้ผลผลิตมากที่สุดมีอยู่ 2 \ กวิธี\ ก1)การเลื่อยตะ(Through & Through)\ ก คือการนำเอาไม้ขวงมาเลื่อยเปิดปีกออกด้านหนึ่ง\ ก จากนั้นกลับไม้ขวงโดยนำด้านที่เปิดปีกวางบนแท่นเลื่อยแล้วเลื่อยตามขนาดที่ต้องการตามภาพที่\ก2.2\ ก การเลื่อยไม้ด้วยวิธีนี้นิยมใช้ทำเป็นไม้แปรรูปเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมมาทำเครื่องเรือนหรือ\ ก งานฝีมือ</p>

ข้อดีของการเลื่อย โดยวิธีนี้คือการปรับเปลี่ยนต้นเพื่อเลื่อยไม้เนื้อแต่
ข้อเสียอาจหาได้ ก เกิดการสูญเสียเนื้อไม้เนื่องมาจากการขอยข้างเนื้อไม้
มากกว่าปกติและได้ผลผลิตน้อย\ n2)การเลื่อยเปิดปีก 2 ข้าง(Cant
sawing)\ n คือการนำไม้ซุงมาเปิดปีกที่ละด้านจนได้ไม้\ n เหลี่ยมที่
สามารถออกตามขนาดและคุณภาพตามที่ต้องการได้ตามภาพที่ 2.3\ n
การเลื่อย โดยวิธีนี้นิยม\ n เลื่อยมากที่สุดข้อดีของการเลื่อยวิธีนี้คือไม้
แปรรูปที่ได้หรือปีกไม้มีการขอยข้างน้อยสามารถ\ n กำหนดความกว้าง
ตามความต้องการให้ไม้แปรรูปได้ค่อนข้างสูง\ n ไม้ซุงไม้ท่อน\ n ตัดพื้น
ขอยไม้แผ่นอัดน้ำยาอบ\ n ไม้แปรรูปอบน้ำยา\ n สารเคมี

น้อยการขอยข้างไม้แผ่นมากกว่าปกติทำให้สูญเสียเนื้อไม้ 2 การเลื่อยเปิด
ปีก 2 ข้าง Cant Sawing การเลื่อยวิธีนี้จะนำไม้ซุงมาเลื่อยเปิดปีกที่ละ
ด้านจนได้ไม้เหลี่ยมที่สามารถเลื่อยออกตามขนาดและคุณภาพที่
ต้องการการเลื่อยไม้วิธีนี้นิยมเลื่อยมากที่สุดเพราะมีข้อดีคือ 2 1 ไม้แปรรูป
ที่ได้หรือปีกไม้มีการขอยด้านข้างน้อย 2 2 สามารถกำหนดความกว้างตาม
ความต้องการ 2 3 เฟอร์ชิ้นได้ไม้แปรรูปที่ได้ค่อนข้างสูงการเลื่อย

เครื่องเรือนหรือ\ n งานฝีมือข้อดีของการเลื่อย โดยวิธีนี้คือการปรับเปลี่ยน
ต้นเพื่อเลื่อยไม้เนื้อแต่ข้อเสียอาจหาได้ ก เกิดการสูญเสียเนื้อไม้เนื่องมา
จากการขอยข้างเนื้อไม้มากกว่าปกติและได้ผลผลิตน้อย\ n2)การเลื่อย
เปิดปีก 2 ข้าง(Cant sawing)\ n คือการนำไม้ซุงมาเปิดปีกที่ละด้านจน
ได้ไม้\ n เหลี่ยมที่สามารถออกตามขนาดและคุณภาพตามที่ต้องการได้
ตามภาพที่ 2.3\ n การเลื่อย โดยวิธีนี้นิยม\ n เลื่อยมากที่สุดข้อดีของการ
เลื่อยวิธีนี้คือไม้แปรรูปที่ได้หรือปีกไม้มีการขอยข้างน้อยสามารถ\ n กำหนด
ความกว้างตามความต้องการให้ไม้แปรรูปได้ค่อนข้างสูง\ n ไม้ซุงไม้
ท่อน\ n ตัดพื้นขอยไม้แผ่นอัดน้ำยาอบ\ n ไม้แปรรูปอบน้ำยา\ n สารเคมี
หลังงาน\ n เศษไม้ซี่เลื่อยปีกไม้เศษ\ n ไม้ซี่เลื่อย\ n 9 \ n ที่มา:ชานี(2548)\ n ภาพ 2.2แสดงมาตรฐานและการเลื่อยเปิดปีกและขอยไม้แบบ
เลื่อยตะ\ n ที่มา:ชานี(2548)\ n ภาพ 2.3แสดงมาตรฐานและการเลื่อย
เปิดปีกและขอยไม้แบบเลื่อยเปิดปีก 2 ข้าง\ n3 .\ n ขอยไม้ตามขนาดเส้น
ผ่านศูนย์กลางไม้(\ n เริ่มจากด้าน B \ n ไปจน\ n หมดเส้นผ่าน
ศูนย์กลาง)\ n a \ n a \ n b \ n a \ n b \ n 1 .\ n



คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520 THAILAND
Tel. (662) 326 4344-53, Fax : (662) 326 4354

ใบงานเลขที่ IC63/026

การทดสอบความเป็นพิษของสารต่อเซลล์ไลน์ HaCat และ Vero
(Primary screening)

วิธีการหมักสารตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำหนักสารตัวอย่างเพื่อเตรียมเป็น Stock

สาร No.	รายละเอียดของสาร	ความเข้มข้น
1	สารสกัดสมุนไพร A	100%
2	สารสกัดสมุนไพร B	100%
3	สารสกัดสมุนไพร C	100%

2. เจือจางตัวอย่างให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 50% ด้วยอาหาร DMEM + 5%FBS
3. กรองสารละลายตัวอย่างด้วยแผ่นกรองสารขนาด 0.22 μm สำหรับใช้ในการทดสอบ

วิธีการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ไลน์

1. ปลูกเซลล์ไลน์ จำนวน 1×10^5 cells/ml ลงใน 96-well plate ปริมาตร 100 μl /well บ่มเซลล์ในตู้บ่ม อุณหภูมิ 37°C , 5% CO_2 นาน 24 ชั่วโมง
2. หลังจากครบ 24 ชั่วโมง ดูดอาหารออกจากแต่ละหลุม จากนั้นเติมสารตัวอย่างความเข้มข้น 50% ปริมาตร 100 μl /well แล้วนำไปบ่มในตู้บ่ม อุณหภูมิ 37°C , 5% CO_2 นาน 20 ชั่วโมง
3. เมื่อบ่มเซลล์ในสารหมักครบตามเวลาที่กำหนด เติม MTT ความเข้มข้น 5 mg/ml, 10 μl /well นำไปบ่มในตู้บ่ม อุณหภูมิ 37°C , 5% CO_2 นาน 4 ชั่วโมง
4. เมื่อบ่มเซลล์ใน MTT ครบ 4 ชั่วโมง ดูดสารละลาย MTT ที่ทิ้ง และเติมสารที่ละลายผลึก Formazan ในที่นี้ ใช้ 100% DMSO:10% SDS อัตราส่วน 9:1 ปริมาตร 100 μl /well
5. นำไปวัดค่า OD ที่ wavelength 570 nm ตั้งโปรแกรมเขย่า 5 นาทีก่อนวัดค่า OD
6. คำนวณค่า % cytotoxicity ของสารแต่ละชนิด โดยใช้สูตร

$$\% \text{ Cytotoxicity} = \left[\frac{A - B}{A} \right] \times 100$$

A = ค่าการดูดกลืนแสงของหลุมควบคุม (หลุมที่มีเซลล์ในอาหารเพาะเลี้ยง)

B = ค่าการดูดกลืนแสงของหลุมที่มีเซลล์ในสารแต่ละชนิด



คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนจลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520 THAILAND
Tel. (662) 326 4344-53, Fax : (662) 326 4354

โดยค่า A และ B จะต้องนำค่าการดูดกลืนแสงของ Blank (ในที่นี้ คือหลอดที่เติมสารละลาย 100%DMSO : 10% SDS) มาหักลบออกก่อน จากนั้นจึงนำไปคำนวณจากสูตรข้างต้น

ผลการทดสอบ

สาร No.	รายละเอียดของสาร	%cytotoxicity	
		HaCat	Vero
1	สารสกัดสมุนไพร A	75.192	62.918
2	สารสกัดสมุนไพร B	71.581	49.489
3	สารสกัดสมุนไพร C	53.561	33.318

ผู้พิมพ์
(นางสาวณัฐพร มานะประดิษฐ์)
รายงานผลการวิเคราะห์

ผู้ตรวจ
(รศ.ดร.สุพัชรา โพธิ์เอี่ยม)
ที่ปรึกษา