

ปริมาณฝุ่น PM2.5 ของรูปจากซีลี้อยไม้สักและผงใบมะกรูด ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

ธิตี วานิชดิกรัตน์^{1*} จุตตะวัน ผนวรน¹
สุภาภรณ์ ธารสุขกุล² และไตรรัตน์ เนียมสุวรรณ³

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ และ ²สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
แพร่ 54140; ³ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

*E-mail: Thiti_jk@hotmail.com

รับบทความ: 5 มิถุนายน 2567 แก้ไขบทความ: 29 สิงหาคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 2 กันยายน 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่น PM2.5 ของรูปจากซีลี้อยไม้สักและผงใบมะกรูดในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยได้ทำการหาค่าความชื้นและความหนาแน่นของซีลี้อยไม้สักและผงใบมะกรูด รวมถึงทำการผลิตรูปในอัตราส่วนซีลี้อยไม้สักต่อผงใบมะกรูด จำนวน 6 สูตร ได้แก่ สูตร A (100: 0) สูตร B (80: 20) สูตร C (60: 40) สูตร D (40: 60) สูตร E (20: 80) และสูตร F (0: 100) จำนวนสูตรละ 10 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 60 แท่ง ผลการทดลองพบว่าค่าความชื้นต่ำที่สุดคือซีลี้อยไม้สักซึ่งมีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 10.93 ± 0.72 ส่วนค่าความหนาแน่นที่สูงที่สุดคือผงใบมะกรูดซึ่งมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 239.06 ± 6.87 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และรูปสูตร A มีปริมาณฝุ่น PM2.5 น้อยที่สุดเฉลี่ย $266.96 \pm 9.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยปริมาณของผงใบมะกรูดที่เพิ่มขึ้นในรูปจะส่งผลต่อปริมาณความหนาแน่นของรูปทำให้ปริมาณฝุ่น PM2.5 เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ซีลี้อยไม้สัก ความหนาแน่น รูป ผงใบมะกรูด

PM2.5 Dust Content of Incense Sticks from Teak Sawdust and Kaffir Lime Leaves Powder in Different Ratios

Thiti Wanishdilokratn^{1*}, Juddawan Nawan¹,
Supaporn Tharasukkun² and Trairat Neimsuwan³

¹Department of Forest Industry Technology, and ²Department of Agroforestry,
Maejo University Phrae Campus, Rongkwang, Phrae 54140, Thailand;

³Department of Forest Products, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*E-mail: Thiti_jk@hotmail.com

Received: 5 June 2024 Revised: 29 August 2024 Accepted: 2 September 2024

Abstract

This research aimed to study the PM2.5 dust content of incense sticks from teak sawdust and kaffir lime leaves powder in different ratios. The moisture content and density of teak sawdust and kaffir lime leaves powder were determined, and incense was produced in 6 different ratios of teak sawdust to kaffir lime leaves powder: Formula A (100:0), Formula B (80:20), Formula C (60:40), Formula D (40:60), Formula E (20:80), and Formula F (0:100), with 10 repetitions per formula, totaling 60 sticks. The experimental results showed that the lowest moisture content was found in teak sawdust, with an average moisture content of $10.93 \pm 0.72\%$. The highest density was found in kaffir lime leaves powder, with an average density of $239.06 \pm 6.87 \text{ kg/m}^3$. Incense made with Formula A had the lowest PM2.5 dust concentration, averaging $266.96 \pm 9.21 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. The increase of kaffir lime leaves powder in the incense affected the PM2.5 dust concentration.

Keywords: Teak sawdust, Density, Incense sticks, Kaffir lime leaves powder

บทนำ

จังหวัดแพร่เป็นพื้นที่แห่งวัฒนธรรมด้านอุตสาหกรรมไม้ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้สัก (*Tectona grandis*) เป็นไม้ที่มีลวดลายสวยงาม จึงเป็นที่นิยมในการนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (Kamyo *et al.*,

2021; Kaskasem and Ratchusanti, 2013) ในรูปแบบต่าง ๆ มากมายเกิดเป็นอุตสาหกรรมในระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับโรงงานขนาดใหญ่ ตั้งแต่กระบวนการแปรรูป เช่น การเลื่อยไม้ การไสไม้ การขัดไม้ การกลึงไม้ (Howpinjai *et al.*, 2019; Pankhaw and Suksard, 2014) จนถึงการ

ผลิตผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ตู้ เตียง ชั้นวางของ (Kijmongkolvanich *et al.*, 2024; Khetpiyarat, 2017; Yotapakdee *et al.*, 2022) ทำให้เกิดเศษเหลือทิ้งจากชี-เลื่อยไม้สักรเป็นจำนวนมาก ในบางพื้นที่มีการแก้ปัญหาโดยนำเศษเหลือทิ้งไปเผา ส่งผลให้ปริมาณฝุ่น PM2.5 จากชีเลื่อยไม้สักเพิ่มขึ้น (Yan *et al.*, 2016) มีผลเสียต่อสุขภาพและเป็นอันตรายต่อมนุษย์หลากหลายประการที่ตามมา เช่น โรคในระบบทางเดินหายใจ โรคมะเร็งปอด อาการผื่นคัน (Kongdamrongkiat *et al.*, 2023; Ngoc *et al.*, 2017; Vinikoor-Imlé *et al.*, 2011) จึงมีความจำเป็นต้องนำเศษเหลือทิ้งจากชีเลื่อยไม้สักมาใช้ประโยชน์

การผลิตรูปจากชีเลื่อยไม้สัก จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์เศษเหลือทิ้ง ซึ่งรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มนุษย์ใช้อยู่ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เพื่อนำมาใช้เป็นสื่อกลางในการสักการะบูชาสิ่งศักดิ์สิทธิ์ บรรพบุรุษที่ล่วงลับไปแล้ว หรือใช้ในพิธีกรรมต่าง ๆ (Habkirk and Chang, 2017; Long and Van 2020) โดยรูปจะมีลักษณะหรือรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น ทรงกรวย ทรงแท่ง ทรงขด ปัจจุบันรูปที่เป็นก้านได้รับความนิยม เนื่องจากมีความง่ายในการผลิตและการขึ้นรูป อีกทั้งมีความสะดวกต่อการนำมาใช้ในการจัดรูปของ ผู้บริโภค (Jilla and Kura, 2017; Silva *et al.*, 2021) ส่งผลให้ตามท้องตลาดของผลิตภัณฑ์รูปมีการแข่งขันและการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปหลากหลายประเภทให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Angsananon and Sutamaung, 2013; Wutthikun *et al.*, 2021) ในการผลิตรูปจากชีเลื่อยไม้สักจะมีการผสมกับผงใบมะกรูด (*Citrus hystrix*) ที่ผ่านการบดให้มีลักษณะเป็นผง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติ

ทำให้ผลิตภัณฑ์รูปที่ได้มีกลิ่นที่หอมมากขึ้น (Budiarto *et al.*, 2021) การผลิตรูปจากชีเลื่อยไม้สักและผงใบมะกรูดจำเป็นต้องหาปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณควันที่ทำให้เกิดฝุ่น PM2.5 จากการจัดรูป

ผู้วิจัยจึงสนใจผลิตรูปจากชีเลื่อยไม้สักและผงใบมะกรูดในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณขยะและปริมาณมลภาวะในอากาศจากฝุ่น PM2.5 อีกทั้งเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากการเพิ่มมูลค่าจากเศษชีเลื่อยไม้สักเหลือทิ้ง และสามารถนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้อย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

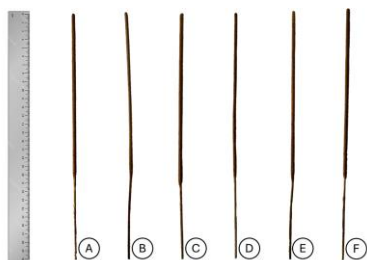
การเตรียมรูป: นำไม้ไผ่มาตัดและเหลาไม้ไผ่ให้มีขนาด 2×2×300 มิลลิเมตร นำมาผึ่งให้แห้งจนมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 12 แล้วนำใบมะกรูดแก่ที่มีสีเขียวเข้มจากบริเวณปลายยอดของต้นมะกรูดมาผึ่งแดดให้แห้งโดยใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียด และนำชีเลื่อยไม้สักและใบมะกรูดที่ผ่านการบดมาคัดขนาดด้วยเครื่องเขย่าตะแกรงร่อน (sieve shaker) ให้มีลักษณะเป็นผงขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) นำชีเลื่อยไม้สักและผงใบมะกรูดมาผสมกันตามสูตรทั้ง 6 สูตร สูตรละ 10 ข้ว รวมทั้งสิ้น 60 แท่ง ดังในตาราง 1 แล้วนำแต่ละสูตรมาผสมผงจันทน์เหินยวร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้ง ผสมให้เข้ากัน นำก้านรูปที่ได้เตรียมไว้มาจุ่มน้ำเปล่าให้มีความลึกประมาณ 200 มิลลิเมตร แล้วนำไปผสมกับชีเลื่อยไม้สักตามสูตรอัตราส่วนที่กำหนด ทิ้งไว้ให้แห้ง ผสมซ้ำจำนวน 4 รอบ เมื่อผสมครบตามจำนวนแต่ละสูตรเรียบร้อยแล้ว (ภาพที่ 2) นำไปวางปรับสภาวะที่อุณหภูมิห้องใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 1 (ก) ขี้เลื่อยไม้สัก และ (ข) ผงใบมะกรูด ที่ผ่านการคัดขนาด

ตาราง 1 อัตราส่วนผสมรูปขี้เลื่อยไม้สักและผงใบมะกรูด (อัตราส่วนรวมทุกสูตรร้อยละ 100)

สูตร	ขี้เลื่อยไม้สัก (ร้อยละ)	ผงใบมะกรูด (ร้อยละ)
A	100	0
B	80	20
C	60	40
D	40	60
E	20	80
F	0	100



ภาพที่ 2 ลักษณะรูปในสูตร A B C D E และ F

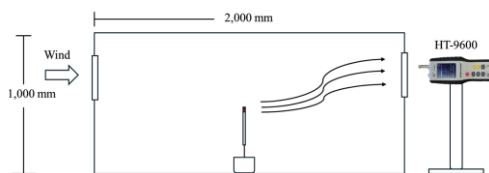
การหาค่าความชื้นและความหนาแน่น: นำกระดาษฟอยล์มาพับให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 20×20×20 มิลลิเมตร แล้วนำขี้เลื่อยไม้สักกับผงใบมะกรูดที่ผ่านการคัดขนาดมาใส่ลงในกระดาษฟอยล์ให้เต็มจำนวนตัวอย่างละ 5 ข้าง นำไปชั่งน้ำหนักก่อนอบ (W_a , กรัม) อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อเย็นตัวลงนำมาชั่งน้ำหนักหลังอบ (W_b , กรัม) นำค่าที่ได้มาหาร้อยละความชื้น (moisture content: MC) ดังในสมการที่ (1) และค่าความหนาแน่น (ρ , กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) เมื่อ m = มวล

(กิโลกรัม) และ v = ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร) ดังในสมการที่ (2)

$$MC = ((W_b - W_a) / W_b) \times 100 \quad \text{--- (1)}$$

$$\rho = (m/v) \times 10^6 \quad \text{--- (2)}$$

การหาค่าปริมาณฝุ่น PM2.5: นำรูปที่ผสมตามสูตรมาปักลงในกระถางรูปที่บรรจุด้วยทรายจนเต็ม แล้วนำกระถางรูปใส่ในอุปกรณ์ทดสอบปริมาณฝุ่น PM2.5 มีขนาด 1,000×1,000×1,000 มิลลิเมตร โดยมีช่องลมผ่านทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านหลัง เปิดพัดลมผ่านบริเวณด้านหน้าด้วยความเร็วลมประมาณ 19.15 เมตร/วินาที ด้านหลังวางเครื่อง HT-9600 เพื่อวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 จดรูป และวัดปริมาณฝุ่น PM 2.5 ทุก ๆ 5 นาที จนครบ 40 นาที ดังในภาพที่ 3



การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: นำข้อมูลค่าปริมาณฝุ่น PM2.5 ของรูปขี้เลื่อยไม้สักและผงใบมะกรูดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่าขี้เลื่อยไม้สักมีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 10.93±0.72 ซึ่งต่ำกว่าผงใบมะกรูดที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 11.12±0.65 (ตาราง 2) ซึ่งสอดคล้องกับรูปสมุนไพรร้อยละที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 (Kongtut, 2014) ส่วน

ค่าความหนาแน่น ผงไบมะกรูดมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 239.06 ± 6.87 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าขี้เลื่อยไม้สักที่มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 218.17 ± 5.34 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (ตาราง 2) โดยความหนาแน่นของขี้เลื่อยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 200–246 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (Horabik *et al.*, 2021; Nunez–Retana *et al.*, 2019)

ตาราง 2 ค่าความชื้นและความหนาแน่นของขี้เลื่อยไม้สักและผงไบมะกรูด

ประเภท	ความชื้น (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
ขี้เลื่อยไม้สัก	10.93 ± 0.72	218.17 ± 5.34
ผงไบมะกรูด	11.12 ± 0.65	239.06 ± 6.87
เฉลี่ย	11.03 ± 0.69	228.61 ± 6.10

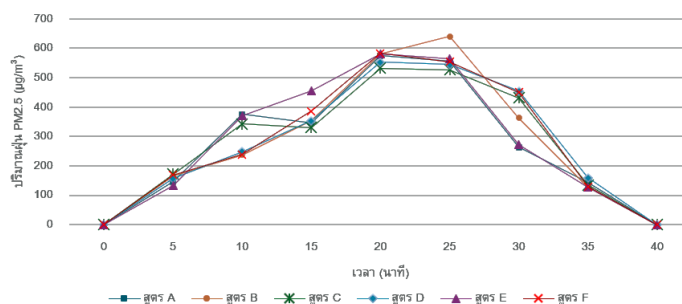
ค่าปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ของรูปสูตร A มีค่าปริมาณคือน้อยที่สุดเฉลี่ย 266.96 ± 9.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างจากรูปสูตร B C และ D ($p >$

0.05) โดยมีค่าปริมาณฝุ่น PM_{2.5} เฉลี่ย 273.93 ± 5.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 274.18 ± 5.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 274.54 ± 6.72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ แต่มีค่าแตกต่างจากรูปสูตร E และ F ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่าปริมาณฝุ่น PM_{2.5} เฉลี่ย 278.26 ± 12.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 279.06 ± 11.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ตาราง 3 และ 4) โดยช่วงที่ปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ของรูปสูตร B ในนาทีกี่ 25 มีปริมาณควันรูปสูงที่สุดเฉลี่ย 639.60 ± 32.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ภาพที่ 4) ค่าปริมาณ PM_{2.5} ในงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับการทดลองการดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็กจากควันรูปด้วยพีชในอาคาร พบว่า ปริมาณควันรูปสูงสุดอยู่ในช่วง 400–600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tubsuwan and Surit, 2021) และการทดสอบปริมาณ PM_{2.5} จากการจุดรูปเฉลี่ย 201.3 ± 132.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tran *et al.*, 2021) ชนิดของวัตถุดิบและปริมาณความหนาแน่นที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณควันรูปที่เกิดขึ้น (Lin *et al.*, 2008; Mannix *et al.*, 1996)

ตาราง 3 ค่าปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ของรูปขี้เลื่อยไม้สักและผงไบมะกรูด

สูตร	ปริมาณฝุ่น PM _{2.5} ในนาทีกี่ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									เฉลี่ย ^a
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
A	0	146.40 ± 27.77	374.80 ± 20.21	346.20 ± 24.12	573.90 ± 22.63	555.20 ± 32.92	262.60 ± 28.24	143.50 ± 30.01	0	266.96 ± 9.21^a
B	0	164.30 ± 33.33	237.60 ± 32.91	353.60 ± 32.76	580.20 ± 20.30	639.60 ± 32.67	362.40 ± 25.93	127.70 ± 22.40	0	273.93 ± 5.03^{ab}
C	0	171.40 ± 27.56	341.90 ± 22.57	330.80 ± 31.70	532.00 ± 24.50	526.10 ± 31.36	431.20 ± 29.25	134.20 ± 30.97	0	274.18 ± 5.47^{ab}
D	0	156.70 ± 26.10	248.80 ± 29.18	353.50 ± 29.62	553.00 ± 32.64	545.00 ± 35.23	454.40 ± 29.06	159.50 ± 20.05	0	274.54 ± 6.72^{ab}
E	0	132.40 ± 32.62	371.40 ± 24.49	454.80 ± 34.69	581.60 ± 26.16	564.90 ± 38.83	272.70 ± 35.72	126.50 ± 25.76	0	278.26 ± 12.08^b
F	0	168.80 ± 27.68	238.80 ± 34.06	385.70 ± 29.34	583.20 ± 33.53	554.50 ± 31.03	450.70 ± 19.91	129.80 ± 20.30	0	279.06 ± 11.05^b
เฉลี่ย	0	156.67 ± 29.18	302.22 ± 27.24	370.77 ± 30.37	567.32 ± 26.63	564.22 ± 33.68	372.33 ± 28.02	136.87 ± 24.91	0	274.49 ± 8.26

หมายเหตุ^a ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4 ค่าปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ของรูปขี้เลื่อยไม้สักและผงไบมะกรูด

ตาราง 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยสถิติ F ของรูปขี้เลื่อยไม้สักและผงใบมะกรูดสูตรแตกต่างกัน

Group	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between group	922.215	5	184.443	2.441	0.046
Within group	4079.757	54	75.551		
Total	5001.972	59			

สรุปผลการวิจัย

รูปสูตร A หรือรูปที่มีอัตราส่วนของขี้เลื่อยไม้สักร้อยละ 100 มีปริมาณฝุ่น PM2.5 น้อยที่สุดเฉลี่ย $266.96 \pm 9.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยช่วงที่ปริมาณฝุ่น PM2.5 ของรูปสูตร B ในนาที่ที่ 25 มีปริมาณค่าวันรูปสูงที่สุดเฉลี่ย $639.60 \pm 32.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ รูปที่มีปริมาณของผงใบมะกรูดเพิ่มขึ้นส่งผลต่อปริมาณความหนาแน่นของรูปทำให้ปริมาณควันเพิ่มขึ้น การใช้อัตราส่วนของขี้เลื่อยไม้สักและใบมะกรูดที่เหมาะสมในการผลิตรูปสามารถใช้เป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์เศษเหลือทิ้งในพื้นที่ได้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงงานสุขตี้83 เพอร์นิเจอร์ไม้สักแพร์ จังหวัดแพร่ ที่ได้อนุเคราะห์วัตถุดิบเพื่อใช้สำหรับทำงานวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่สำหรับใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Angsananon, K., and Sutamaung, K. (2013). Perception the brand of incense products of consumer in Bangkok and metropolitan areas. **Journal of Marketing and Communication** 1(2): 108–129. (in Thai)

Budiarto, R., Poerwanto, R., Santosa, E., Efendi, D., and Agusta, A. (2021). Sensory evaluation of the quality of kaffir lime (*Citrus hystrix* dc.) leaves exposed to different postharvest treatments. **Journal of Tropical Crop Science** 8(2): 71–79.

Habkirk, S., and Chang, H. (2017). Scents, community, and incense in traditional Chinese religion. **Material Religion: The Journal of Objects, Art and Belief** 13(3): 1–19.

Horabik, J., Banda, M., Jozefaciuk, G., Adamczuk, A., Polakowski, C., Stasiak, M., Parafiniuk, P., Wiacek, J., Kobylka, R., and Molenda, M. (2021). Breakage strength of wood sawdust pellets: measurements and modelling. **Materials** 14(12): 3273.

Howpinjai, I., Sukjaroen, S., and Wanishdikokratn, W. (2019). The comparison of wood utilization: Case study of Phrae province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 3(2): 17–25. (in Thai)

Jilla, A., and Kura, B. (2017). Particulate matter and carbon monoxide emission factors from incense burning. **Environment Pollution and Climate Change** 1(4): 1000140.

Kamyo, T., Pattanakiat, S., Asanok, L., Samanmit, K., Cherpaiboon, A., Thinkam-

- phaeng, S., and Marod, D. (2021). Predicting the natural suitability of Teak (*Tectona grandis* L.f.) at Mae Yom national park, Phrae province, Thailand using logistic regression model. **Journal of Environmental Science and Management** 24(2): 48–53.
- Kaskasem, R., and Ratchusanti, S. (2013). Marketing mix factors affecting purchasing decision teak furniture in Tambol Donmoon Amphoe Sungman Phrae. **Ganesha Journal** 9(2): 167–178. (in Thai)
- Khetpiyarat, P. (2017). The causal relationship among core value of production, market orientation and innovativeness of the furniture business in the Sung Men district area, Phrae province. **Nakhon Phanom University Journal** 7(1): 44–53. (in Thai)
- Kijmongkolvanich, S., Sirisawat, S., and Egwutvongsa, S. (2024). Creative thinking: the development of lifelong learning with the principle of andragogy for the elderly group in northern Thailand. **Educational Administration: Theory and Practice** 30(4): 2403–2413.
- Kongdamrongkiat, R., Pokabut, T., Suthasriroth, A., Pirompanich, T., Tabmanee, B., Chanchairujira, T., Vijarnwong, N., Chitsamankhun, T., Samor, P., Boriboonsri, W., Kaewsongsai, C., Preedisripipat, T., Promsom, N., and Promkutkao, C. (2023). Correlations of fine particulate matter (PM_{2.5}) changing and respiratory disease patients in Bangkok, Thailand. **Institute for Urban Disease Control and Prevention Journal** 7(2): 79–91. (in Thai)
- Kongtud, W. (2014). Herbal incense to repel mosquitoes. **Kasetsart News** 59(2): 49–60. (in Thai)
- Lin, T., Krishnaswamy, G., and Chi, D. S. (2008). Incense smoke: Clinical, structural and molecular effects on airway disease. **Clinical and Molecular Allergy** 6(3): 1–9.
- Long, N. T., and Van, V. H. (2020). Ancestor worshiping beliefs in the beliefs and religion life of Vietnamese people: Nature, values, and changes of it in the current period. **Palarch's Journal of Archaelogy of Egypt/Egyptology** 17(3): 370–388.
- Mannix, R. C., Nguyen, K. P., Tan, E. W., Ho, E. E., and Phalcn, R. F. (1996). Physical characterization of incense aerosols. **The Science of the Total Environment** 193: 149–158.
- Ngoc, L. T. N., Park, D., Lee, Y., and Lee, Y. (2017). Systematic review and meta-analysis of human skin diseases due to particulate matter. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 14(12): 1458.
- Nunez–Retana, V. D., Wehenkel, C., Vega–Nieva, D. J., García–Quezada, J., and Carrillo–Parra, A. (2019). The bioenergetic potential of four oak species from north-

- eastern Mexico. **Forests** 10(10): 869.
- Pankhaw, O., and Suksard, S. (2014). Production and marketing of teak products at Namcham sub-district, Sung Men district, Phrae province. **Thai Journal of Forestry** 33(1): 28–35. (in Thai)
- Silva, G. V., Martins, A. O., and Martins, S. D. S. (2021). Indoor air quality: assessment of dangerous substances in incense products. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 18(15): 8086.
- Tran, L. K., Morawska, L., Quang, T. N., Jayaratne, R. E., Hue, N. T., Dat, M. V., Phi, T. H., and Thai, P. K. (2021). The impact of incense burning on indoor PM_{2.5} concentrations in residential houses in Hanoi, Vietnam. **Building and Environment** 205(1): 108228.
- Tubsuwan, K., and Surit, S. (2021). The absorption of fine particulate matter by indoor plants. **Journal of Social Science and Buddhist Anthropology** 6(12): 80–94. (in Thai)
- Vinikoor-Imle, L. C., Davis, J. A., and Luben, T. J. (2011). An ecologic analysis of county-level PM_{2.5} concentrations and lung cancer incidence and mortality. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 8(6): 1865–1871.
- Wutthikun, V., Pachankoo, M., and Khonrang, J. (2021). Development of herbal incense products of Ban Rong Pai Na community, Bua Salee subdistrict, Mae Lao district. **Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal** 14(2): 75–86. (in Thai)
- Yan, F., Zhu, F., Wang, Q., and Xiong, Y. (2016). Preliminary study of PM_{2.5} formation during municipal solid waste incineration. **Procedia Environmental Sciences** 31: 475–481.
- Yotapakdee, T., Kiratikarnkul, S., Howpinjai, H., Sukjaroen, S., Wanichdilokrat, T., Wirojanarome, W., Kamton, R., and Asanok, L. (2022). Supply chain innovation effects on supply chain efficiency in Teak furniture industry at Phrae province. **Journal of Business, Economics and Communications** 17(3): 154–172.