การประยุกต์ใช้เตาชีวมวลชนิด Top–Lit Up–Draft (TLUD) ในการย้อมสีเตยหนามด้วยขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.)

สุปราณี วุ่นศรี[1] พลชัย ขาวนวล[1*] นพดล โพชกำเหนิด[1] โกสินทร์ ทีปรักษพันธ์[1] ณิชา ประสงค์จันทร์[1] ภัทราภา จ้อยพจน์[2] และระริน เครือวรพันธุ์[3]

[1]สาขาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์, [2]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90000; [3]สาขาวิชาการบัญชี วิทยาลัยการโรงแรมและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตรัง 92150

[*]E-mail: palachai.k@rmutsv.ac.th

รับบทความ: 11 มิถุนายน 2566 แก้ไขบทความ: 4 พฤศจิกายน 2566 ยอมรับตีพิมพ์: 6 พฤศจิกายน 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเตาชีวมวลชนิด TLUD และนำมาประยุกต์ใช้ในการย้อมสีเตยหนามด้วยขมิ้นชัน โดยประกอบเตาชีวมวลชนิด TLUD ซึ่งใช้ถังขนาด 200 ลิตร เป็นโครงสร้างภายนอก จากนั้นทดสอบสมรรถนะด้วยวิธีการต้มน้ำเดือด (WBT) จากนั้นนำเตาไปย้อมสีเส้นเตยหนามด้วยสารธรรมชาติ และนำเส้นเตยหนามที่ผ่านการย้อมมาขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยการวิจัยพบว่า เตาชีวมวลชนิด TLUD จากถัง 200 ลิตร มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η) เท่ากับ 17.55±0.14% จากการนำเตาไปย้อมเส้นเตยหนามด้วยขมิ้นพบว่าค่าสีก่อนและหลังการย้อมมีค่าแตกต่างกัน ($p < 0.01$) โดยที่การย้อมใบหนามเตยด้วยขมิ้นไม่เป็นการลดสมบัติเชิงกล (ความต้านทานแรงดึง) เมื่อนำเส้นเตยหนามที่ผ่านการย้อมด้วยขมิ้นไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กระเป๋าพบว่าเส้นเตยหนามสามารถสานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างดี

คำสำคัญ: เตาชีวมวลชนิด TLUD เตยหนาม ย้อมสี

Application of Top–Lit Up–Draft (TLUD) Biomass Stove for Dyeing of Toei Nam with Turmeric (*Curcuma longa* L.)

Supranee Wunsri[1], Palachai Khaonuan[1*], Noppadon Podkumnerd[1], Kosin Teeparuksapun[1], Nicha Prasongchan[1], Phattharapha Joypod[2], and Rarin Khuawaraphan[3]

[1]Department of General Education, Faculty of Liberal Arts, [2]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000, Thailand; [3]Branch of Accounting, College of Hospitality and Tourism, Rajamangala University of Technology Sivijaya, Trang Campus, Trang 92150, Thailand

[*]E-mail: palachai.k@rmutsv.ac.th

Received: 11 June 2023 Revised: 4 November 2023 Accepted: 6 November 2023

Abstract

The purpose of this research was to develop a TLUD biomass stove and applied for the dyeing of Toei Nam (*Pentaspadon velutinus* Hook.f.) with turmeric. A TLUD biomass stove was assembled using a 200–liter tank as an external structure. After that, the performance was investigated by using the water boiling test (WBT) method, then the stove was used for the dyeing of Toei Nam using turmeric. The results showed that TLUD biomass stove from a 200–liter tank has a thermal efficiency (η) of 17.55±0.14%. The TLUD biomass stove dyeing *P. velutinus* Hook.f. with turmeric found that the pre–dyeing and post–dyeing color values were statistically different ($p < 0.01$). Dyeing of *P. velutinus* Hook.f. leaves with curcumin did not reduce the mechanical properties (tensile strength) and thus *P. velutinus* Hook.f. can be weaved into the product well.

Keywords: TLUD biomass stove, *Pentaspadon velutinus* Hook.f., Dyeing

บทนำ

เตาชีวมวล (biomass stove) เป็นเตาที่เปลี่ยนรูปชีวมวลเป็นพลังงานความร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ โดยเตาชีวมวลสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท ได้แก่ เตาอั้งโล่ เตาจรวด เตาสามเส้า เตาแกลบ เตาแก๊สซิไฟเออร์ และเตาชีวมวลชนิด Top–Lit Up–Draft (TLUD) ซึ่งเตาชีวมวลชนิด TLUD เป็นเตาชีวมวลที่มีโครงสร้างเป็นเตาผนัง 2 ชั้น ซึ่งชั้นที่ 1 เป็นห้องเผาไหม้ ชั้นที่ 2 เป็นช่องอุ่นอากาศทำหน้าที่เป็นช่อง

ให้อากาศไหลผ่านและมีช่องสำหรับให้อากาศไหลออกอยู่ด้านบนของห้องเผาไหม้ของเตา โดยแก๊สชีวมวลที่ผลิตได้จากการเผาไหม้ชีวมวลภายในห้องเผาไหม้จะลอยขึ้นสู่ด้านบนและเกิดการลุกไหม้บริเวณด้านบนของเตา ซึ่งอากาศร้อนที่ไหลเวียนอยู่ภายในช่องอุ่นอากาศจะถูกบังคับให้ไหลจากด้านล่างของเตาสู่ด้านบนห้องเผาไหม้เตาเพื่อเสริมการเผาไหม้บริเวณปากเตาเพื่อใช้ในการเผาไหม้แบบทุติยภูมิ (Khaonuan *et al*., 2020)

ปัจจุบันมีการใช้เตาชีวมวลกันอย่างแพร่หลาย เช่น การใช้เตาชีวมวลเพื่อการแปรรูปขนมซั้งน้ำดังในชุมชนตำบลบางเหรียง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา เพื่อทดแทนเตารูปแบบเก่า (Wunsri *et al*., 2021) การใช้เตาชีวมวลเพื่อการแปรรูปสมุนไพรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรคุณธรรมวัดคูเต่า จังหวัดสงขลา (Prasongchan *et al.,* 2021) การใช้เตาชีวมวลเพื่อแปรรูปหอยตลับของชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง (Wunsri *et al*., 2021)

เตยหนาม (*Pentaspadon velutinus* Hook.f.) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวสามารถโตได้ดีในที่ชื้นแฉะหรือที่มีน้ำท่วมขัง ลักษณะของใบและการแตกกอคล้ายต้นสับปะรด ใบใหญ่หนาและยาวประมาณ 1.5–2.0 เมตร ส่วนเตยหนามมีคุณสมบัติที่เหนียวและทนเหมาะต่อการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ (Kiadtinaruemol, 2021) ปัจจุบันมีการนำเตยหนามมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จักสานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตะกร้า กระเป๋า แผ่นรองจาน โดยในการสร้างลวดลายของเตยหนามก่อนการจักสาน ส่วนใหญ่จะใช้การย้อมด้วยสีสังเคราะห์ทางเคมีซึ่งมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว ปรอท สารหนู สังกะสี โครเมียม ปะปนอยู่ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกายตลอดจนอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการใช้สีธรรมชาติเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เนื่องจากสีธรรมชาติเป็นสีที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติ เช่น คราม (ให้สีน้ำเงิน) เปลือกประดู่ (ให้สีน้ำตาลอมแดง) (Singprakhon, 2018) ใบมะม่วง (ให้สีเขียวอมเหลือง) ขมิ้น (ให้สีเหลือง) ใบหูกวาง (ให้สีขี้ม้า) (Yingsamoe, 2018)

ปัจจุบันมีการใช้สีย้อมธรรมชาติกับในการย้อมสีผ้าฝ้ายอย่างแพร่หลายและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเตยหนามได้ เช่น จากการศึกษาการย้อมเส้นใยฝ้ายด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน โดยพบว่ามีความคงทนต่อการซักล้าง (Ratchawet *et al*., 2017) แสดงถึงความสามารถในการนำไปประยุกต์กับการย้อมสีเตยหนาม ทั้งนี้ในกระบวนการย้อมสีด้วยสีย้อมธรรมชาตินั้น จะต้องมีกระบวนการให้ความร้อน ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวลชนิด TLUD ขนาด 200 ลิตร ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการย้อมเตยหนามโดยใช้สารธรรมชาติจากขมิ้นชัน ผู้วิจัยมีความสนใจขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เนื่องจากขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและเป็นพืชที่ปลูกง่ายสามารถปลูกได้ทุกภาค สามารถสกัดสีและนำมาใช้เป็นสีย้อมได้ง่าย

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบโครงสร้างและการประกอบโครงสร้างเตาชีวมวลชนิด TLUD

โครงสร้างเตาชีวมวลชนิด TLUD (ภาพที่ 1) เป็นเตาชีวมวลที่ใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร เป็นโครงสร้าง โดยมีโครงสร้างหลักดังนี้

1. ห้องเผาไหม้ ทำหน้าที่ควบคุมการ

เผาไหม้รองรับเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับใช้ในการเผาไหม้และแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ และทำให้การส่งผ่านความร้อนจากด้านล่างห้องเผาไหม้ไปยังบริเวณปากเตา โดยห้องเผาไหม้ถูกวางในตำแหน่งกึ่งกลางของเตาชีวมวลชนิด TLUD ห้องเผาไหม้ทำด้วยแผ่นเหล็ก ม้วนเป็นท่อกลมยาว 12½ นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว ด้านบนของห้องเผาไหม้เจาะช่องกลมสำหรับปล่อยแก๊สเพื่อการเผาไหม้ครั้งที่สองหรือเผาไหม้ทุติยภูมิ เป็นจำนวนสามแถวในแนวนอน แต่ละช่องในแถวแนวนอนที่ต่างกันจะมีตำแหน่งในแนวดิ่งที่ตรงกันเพื่อช่วยเสริมการเผาไหม้ครั้งที่สองด้านล่างของห้องเผาไหม้ถูกเชื่อมด้วยเหล็กเส้น โดยแต่ละเส้นขนานกันเพื่อรองรับเชื้อเพลิง และทำให้ระบายขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ได้ดี และใช้เหล็กเส้นมาเชื่อมติดกับตะแกรงในแนวตั้งฉากจำนวนหนึ่งเส้นเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับตะแกรง เจาะช่องกลมจำนวนหนึ่งแถวแนวนอน สูงจากด้านล่างของห้องเผาไหม้เป็นระยะ 1 นิ้ว เพื่อช่วยระบายแก๊สจากการเผาไหม้บางส่วนจากห้องเผาไหม้ไปยังช่องอุ่นอากาศ ด้านล่างของห้องเผาไหม้เชื่อมด้วยเหล็กเส้นจำนวนสามเส้นเพื่อพยุงให้ห้องเผาไหม้อยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่าช่องควบคุมอากาศของเตาชีวมวลชนิด TLUD

2. แผ่นกั้นฉนวน ทำหน้าที่สร้างช่องอุ่นอากาศ และกั้นฉนวนเอาไว้ โดยแผ่นกั้นฉนวนถูกวางระหว่างผนังด้านนอกของห้องเผาไหม้กับเสื้อเตา ซึ่งแผ่นกั้นฉนวนอยู่ห่างจากผนังด้านนอกของห้องเผาไหม้เป็นระยะ 2 นิ้ว แผ่นกั้นฉนวนทำจากแผ่นเหล็กม้วนเป็นท่อกลมยาว 16½ นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว

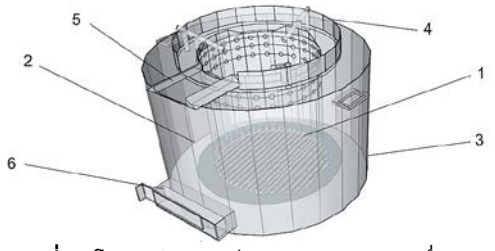
3. เสื้อเตา ทำหน้าที่พยุงโครงสร้างเตาและห่อหุ้มฉนวนเอาไว้ ถูกวางอยู่ตำแหน่งนอกสุดของเตาชีวมวลชนิด TLUD เสื้อเตาทำจากถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ผ่าครึ่ง โดยด้านบนเปิดโล่ง ในส่วนด้านล่างถูกปิดไว้ด้วยฝาถังโลหะ โดยเมื่อติดตั้งห้องเผาไหม้ แผ่นกั้นฉนวน และฉนวนแล้ว ให้ปิดด้วยแผ่นเหล็กกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 นิ้ว

4. ชุดอุปกรณ์บังลม ทำหน้าที่บังลมเพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อนเนื่องจากลมและลดการเกิดควันขณะใช้งาน โดยชุดอุปกรณ์บังลมถูกวางไว้ตำแหน่งบนสุดของเตาชีวมวลชนิด TLUD ชุดอุปกรณ์บังลมทำจากแผ่นเหล็ก ดัดโค้งให้เป็นลักษณะวงกลมโดยส่วนหน้าเว้นไว้เป็นช่องว่างสำหรับการติดตั้งช่องป้อนเชื้อเพลิง ด้านล่างของชุดอุปกรณ์บังลมถูกยกให้สูงขึ้นจากฝาปิดเตาเพื่อเสริมออกซิเจนในบริเวณปากเตา มีขาตั้งภาชนะสามแห่ง โดยออกแบบให้เกิดช่องว่างระหว่างกันภาชนะกับด้านบนของห้องเผาไหม้เพื่อช่วยเสริมปริมาณออกซิเจนบริเวณปากเตา ทำให้ควันจากการเผาไหม้ลดลง

5. ช่องป้อนเชื้อเพลิง ทำหน้าที่เป็นช่องทางสำหรับป้อนเชื้อเพลิงและลดเปลวไฟที่พุ่งออกมาทางช่องป้อนเชื้อเพลิงขณะใช้งาน โดยช่องป้อนเชื้อเพลิงถูกวางในตำแหน่งด้านบนของปากห้องเผาไหม้ และเสื้อเตา และวางอยู่ระหว่างช่องว่างของชุดอุปกรณ์บังลม ช่องป้อนเชื้อเพลิง ทำจากแผ่นเหล็ก ดัดให้เป็นรูปทรงตัวยู กว้าง 6 นิ้ว ยาว 7 นิ้ว สูง 2 นิ้ว โดยด้านบนของช่องป้อนเชื้อเพลิง จะถูกเปิดเอาไว้เมื่อติดตั้งช่องป้อนเชื้อเพลิงแล้ว ปลายของช่องป้อนเชื้อเพลิงจะยื่นเข้าไปในห้องเผาไหม้เพื่อเป็นการลดเปลวไฟที่พุ่งออกมาทางช่องป้อนเชื้อเพลิง

6. ช่องควบคุมอากาศ ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณอากาศส่วนด้านล่างที่ถูกเตาชีวมวลชนิด

TLUD นำไปใช้งาน โดยช่องควบคุมอากาศถูกวางในตำแหน่งด้านล่างของเตา ซึ่งปลายด้านในของช่องควบคุมอากาศ มีลักษณะเป็นช่องเปิดที่ทะลุแผ่นกั้นฉนวน ไปสู่ช่องอุ่นอากาศ และปลายด้านนอกมีประตูควบคุมอากาศ สามารถใช้งานได้โดยการเลื่อนเพื่อควบคุมอากาศที่เข้าสู่เตาชีวมวลชนิด TLUD



ภาพที่ 1 โครงสร้างเตาชีวมวลชนิด TLUD ซึ่งประกอบด้วย 1) ห้องเผาไหม้ 2) แผ่นกั้นฉนวน 3) เสื้อเตา 4) ชุดอุปกรณ์บังลม 5) ช่องป้อนเชื้อเพลิง และ 6) ช่องควบคุมอากาศ

วิธีการทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD

ทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD โดยใช้วิธีทดสอบการเดือดของน้ำ (water boiling test: WBT) โดยใช้น้ำปริมาตร 15 ลิตร ใช้ไม้ยางพาราความยาว 30 เซนติเมตร อบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105ºC เวลา 24 ชั่วโมง (ตู้อบลมร้อน BINDER) เพื่อลดความแปรปรวนของค่าสมรรถนะเตาอันเนื่องจากความชื้นของเชื้อเพลิง (Huangfu *et al*., 2014) ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความร้อน เทอร์โมมิเตอร์ Fluke 54–2B และโพรบชนิด k Fluke 80pk–22 โดยค่าที่นำมาทดสอบ ได้แก่

1. ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency: η) (Berrueta *et al*., 2008) คือ ร้อยละของพลังงานความร้อนที่เตาสามารถใช้งานได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยคำนวณจากสมการที่ (1)

$$\eta = \left[\frac{4.186 m_W (T_f - T_i) + 2260 m_V}{f_d \times LHV}\right] \times 100 \quad \text{- - - (1)}$$

โดยที่ η คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน มีหน่วยเป็นร้อยละ (%), m_W คือ มวลของน้ำ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg), T_i คือ อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (ºC), T_f คือ อุณหภูมิสูงสุดของน้ำ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (ºC), m_V คือ มวลของไอน้ำที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg), f_d คือ มวลของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) และ LHV คือ พลังงานทางต่ำของเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นกิโลจูล/กิโลกรัม (kJ/kg)

2. อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (specific energy consumption: SEC) (Kaewluan *et al*., 2013) คือ ค่าของพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำ 1 กิโลกรัม โดยคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$SEC = \frac{E_v}{m_v} \quad \text{- - - (2)}$$

โดยที่ SEC คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ มีหน่วยเป็นเมกะจูล/กิโลกรัม (MJ/kg) และ E_v คือ พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ มีหน่วยเป็นเมกะจูล (MJ)

3. ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ (specific cost consumption: SCC) (Kaewluan *et al.,* 2013) คือ ค่าใช้จ่ายพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำ 1 กิโลกรัม โดยคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$SCC = \frac{C}{m_v} \quad \text{- - - (3)}$$

โดยที่ SCC คือ ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ มีหน่วยเป็น Baht/kg และ C คือ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน มีหน่วยเป็น Baht

4. อัตราการเผาไหม้ (burning rate: BR) (Oyelaran *et al*., 2015) คือ อัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อหนึ่งหน่วยเวลา คำนวณโดยสมการที่ (4)

$$R_b = \frac{f_d}{\Delta t_m} \quad \text{- - - (4)}$$

โดยที่ R_b คือ อัตราการเผาไหม้ มีหน่วยเป็นกรัม/นาที (g/min) และ Δt_m คือ ช่วงเวลาของการเผาไหม้ในหน่วยนาที มีหน่วยเป็น นาที (min)

5. กำลังไฟ (firepower: P) (Huangfu *et al*., 2014) คือ อัตราการแปรรูปพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อหนึ่งหน่วยเวลา คำนวณโดยสมการที่ (5)

$$P = \frac{E}{\Delta t_s} \quad \text{- - - (5)}$$

โดยที่ P คือ กำลังไฟของเตาชีวมวล มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW), E คือ พลังงานที่ใช้ มีหน่วยเป็น กิโลจูล (kJ) และ Δt_s คือ ช่วงเวลาของการเผาไหม้ในหน่วยวินาที มีหน่วยเป็นวินาที (s)

6. เวลาในการเดือดของน้ำ (boiling time: BT) คือ เวลาที่ใช้ในการทำให้น้ำปริมาณ 15 ลิตร เข้าสู่จุดเดือด มีหน่วยเป็นนาที (min)

การทดสอบการย้อมสีเตยหนามด้วยพืชขมิ้นชันโดยใช้เตาชีวมวลชนิด TLUD

กระบวนการย้อมสีเตยหนามโดยใช้สารธรรมชาติในขมิ้นชัน สามารถดำเนินการได้ดังนี้

การเตรียมเตยหนาม: เก็บตัวอย่างเตยหนามจากพื้นที่ ตำบลคูเต่า อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา ดังแสดงในภาพที่ 2(ก) นำเตยหนามมาล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นจึงนำไปให้ความร้อนโดยการต้มเป็นเวลา 30 นาที เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและสารเคลือบที่ติดมากับเตยหนามซึ่งเป็นปัจจัยที่ขัดขวางการติดของสี เมื่อครบเวลา 30 นาที นำเตยหนามออกมาสะเด็ดน้ำตั้งไว้

การเตรียมสีย้อมจากขมิ้นชัน: ขมิ้นชัน (ภาพที่ 2(ข)) ที่ใช้ได้จากพื้นที่ ตำบลคูเต่า อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา กระบวนการเตรียมสีย้อมขมิ้นชันเริ่มจากนำขมิ้นชันมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด เพื่อกำจัดเศษดินและเศษหินที่ติดมา แล้วนำไปหั่นและสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำไปปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่น การเตรียมสีย้อมจะใช้อัตราส่วนระหว่างขมิ้นชันต่อน้ำ (1:10) น้ำหนักต่อปริมาตร ชั่งขมิ้นชันน้ำหนัก 2 กิโลกรัม น้ำปริมาตร 20 ลิตร และเกลือน้ำหนัก 400 กรัม ทำการผสมให้เข้ากัน วิเคราะห์ความเป็นกรด–เบส (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (Lab 855, Germany)

(ก) (ข)

ภาพที่ 2 วัตถุดิบในพื้นที่ตำบลคูเต่า อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา (ก) เตยหนาม และ (ข) ขมิ้นชัน

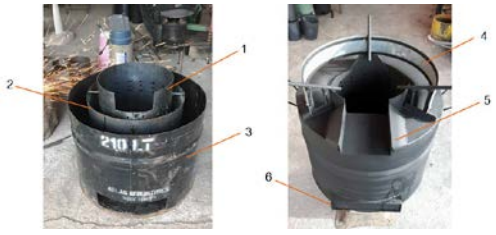
กระบวนการย้อมสีเตยหนาม: นำเตยหนามจากตอนที่ 1 มาผสมกับสีย้อมขมิ้นชัน จากตอนที่ 2 ลงในกระทะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 นิ้ว จากนั้นนำไปต้มให้ความร้อนโดยใช้เตาชีวมวลชนิด TLUD เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อเวลาครบแล้ว นำเตยหนามออกมาสะเด็ดน้ำ จากนั้นนำเตยหนามไปแช่ในสารละลายผนึกสีจากสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ปริมาตร 5 ลิตร เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำเตยหนามขึ้นมาสะเด็ดน้ำและผึ่งลมให้แห้ง จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของเตยหนามที่ผ่านการย้อมสีด้วยขมิ้นชัน และเตยหนามที่ไม่ผ่านการย้อมสีซึ่งเป็นการทดลองควบคุม (control) โดยทำการวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab (Konica, Japan) และทดสอบความต้านทานแรงดึงด้วยเครื่องวัดความเค้นความเครียดของวัสดุ (Pasco, Germany)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เตาชีวมวลชนิด TLUD

จากการออกแบบโครงสร้างและการประกอบเตาชีวมวลชนิด TLUD ผลแสดงดังในภาพที่ 3 โครงสร้างของเตามีรูปร่างทรงกระบอกสูง 16½ นิ้ว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 นิ้วและมี

น้ำหนัก 40 กิโลกรัม ถือได้ว่าเป็นเตาชีวมวลที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และยังสามารถเคลื่อนย้ายได้ในขณะใช้งาน เนื่องจากห้องอุ่นอากาศจะแยกกับตัวเตาชั้นนอกสุด ซึ่งมีอากาศกั้นกลาง ทำให้ตัวเตาชั้นนอกสุดมีอุณหภูมิไม่สูงมาก ทำให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย



(ก) (ข)

ภาพที่ 3 โครงสร้างภายในเตาชีวมวลชนิด TLUD (ก) และเตาที่ประกอบสำเร็จ (ข) ซึ่งประกอบด้วย 1) ห้องเผาไหม้ 2) แผ่นกั้นฉนวน 3) เสื้อเตา 4) ชุดอุปกรณ์บังลม 5) ช่องป้อนเชื้อเพลิง และ 6) ช่องควบคุมอากาศ

ผลการทดสอบสมรรถนะของเตาชีวมวลชนิด TLUD

ในการทดสอบสมรรถนะของเตาชีวมวลชนิด TLUD โดยใช้วิธีการต้มน้ำเดือด (WBT) ผลการดำเนินงาน (ตาราง 1 และภาพที่ 4) พบว่า สมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD โดยภาพรวม คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η) เท่ากับ 17.55±0.14% อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) เท่ากับ 16.61±0.3 MJ/kg ค่าใช้จ่ายพลังงานจำเพาะ (SCC) เท่ากับ 0.86±0.01 Baht/kg อัตราการเผาไหม้ (BR) เท่ากับ 102.2±2.81 g/min กำลังไฟ (P) เท่ากับ 26.35±0.72 kW และเวลาในการต้มน้ำเดือด (BT) เท่ากับ 25.34±1.65 min

การเปรียบเทียบสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD กับเตาชีวมวลชนิดอื่น ๆ ได้แก่ เตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปขนมซั้งน้ำ-

ตาราง 1 สมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD

สมรรถนะเตา	ค่าสมรรถนะ	หน่วย
η	17.55±0.14	%
SEC	16.61±0.30	MJ/kg
SCC	0.86±0.01	Baht/kg
BR	102.2±2.81	g/min
P	26.35±0.72	kW
BT	25.34±1.65	min

ภาพที่ 4 การทดสอบสมรรถนะของเตาชีวมวลชนิด TLUD โดยใช้วิธี water boiling test

น้ำดัง และเตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปหอยตลับ (ตาราง 2) พบว่า 1) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน เตาชีวมวลชนิด TLUD มีค่าที่ต่ำกว่าเตาทั้ง 2 เนื่องจากเตาชีวมวลชนิด TLUD ทำมาจากโลหะ แต่ในขณะที่เตาอีก 2 รูปแบบทำมาจากอิฐก่อ ซึ่งมีความสามารถในการเก็บพลังงานความร้อนที่สูงกว่า 2) การเคลื่อนย้าย พบว่า เตาชีวมวลชนิด TLUD สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ในขณะที่เตาอีก 2 รูปแบบเป็นลักษณะเตาก่อจากอิฐทำให้ไม่สามารถเคลื่อนย้ายเพื่อเปลี่ยนสถานที่ในการใช้งานได้ 3) ต้นทุนของเตาชีวมวลชนิด TLUD มีค่าต่ำกว่าการผลิตเตาทั้ง 2 รูปแบบ 4) ความพร้อมในการใช้งาน เตาชีวมวลชนิด TLUD สามามารถใช้งานได้ทันทีหลังประกอบเสร็จ เนื่องจากเตาดังกล่าวทำมาจากโลหะ

ในขณะที่เตาอีก 2 รูปแบบ ต้องใช้ระยะเวลา 1 เดือน ในการเซ็ตตัวเนื่องจากทำด้วยอิฐและฉาบด้วยปูน และ 5) ความหลากหลายของการใช้งาน เตาชีวมวลชนิด TLUD สามารถใช้กับภาชนะได้หลายรูปแบบ เช่น หม้อ กระทะ ซึ้ง แต่ในขณะที่เตาทั้ง 2 รูปแบบใช้ได้กับกระทะเท่านั้น

ตาราง 2 เปรียบเทียบสมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD กับเตาชีวมวลชนิดอื่น ๆ

สมรรถนะ	สมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD	เตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปขนมซั้งน้ำดัง (Wunsri *et al*., 2021)	เตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปหอยตลับ (Wunsri *et al*., 2020)
1) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	17.55±0.14	28.02±0.94	31.98±0.94
2) การเคลื่อนย้าย	สามารถเคลื่อนย้ายได้	ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้	ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้
3) ต้นทุน (บาท)	5,000	10,050	15,000
4) ความพร้อมการใช้งาน	สามารถใช้งานได้ทันที	1 เดือน หลังติดตั้ง	1 เดือน หลังติดตั้ง
5) ความหลากหลายของการใช้งาน	ใช้กับภาชนะได้หลายรูปแบบ	ใช้กับกระทะเท่านั้น	ใช้กับกระทะเท่านั้น

ผลการทดสอบการประยุกต์ใช้งานเตาชีวมวลชนิด TLUD โดยการย้อมสีธรรมชาติ

ผลการทดสอบการนำเตาชีวมวลชนิด TLUD ไปใช้งานจริงโดยการย้อมสีเตยหนามโดยใช้สารธรรมชาติจากขมิ้นชันเป็นวัตถุดิบสำหรับใช้ในการย้อม ผลการศึกษา (ตาราง 3 และภาพที่ 5) พบว่า ลักษณะทางกายภาพของน้ำขมิ้นชันให้สีเหลือง–ส้ม ค่าความเป็นกรด–เบส (pH) เท่ากับ 4.27± 0.04 และค่าสี CIE L*a*b* เท่ากับ 36.37±0.60 5.20±0.72 และ 19.43±0.67 ตามลำดับ เนื่องจากสีเหลืองที่เกิดขึ้นของขมิ้นชันจากสารเคอร์คูมิน (curcumin) เป็นสารกลุ่มเคอร์คิวมินอยด์ (curcumanoid) (Kanhathathaisong *et al*., 2011)

ตาราง 3 สมบัติทางกายภาพของน้ำขมิ้นชันที่ได้จากการต้มโดยใช้เตาชีวมวลชนิด TLUD

ตัวอย่าง	สี	pH	ค่าสี		
			L*	a*	b*
น้ำขมิ้นชัน	เหลือง–ส้ม	4.27±0.04	36.37±0.60	5.20±0.72	19.43±0.67

หมายเหตุ: L* = ค่าความสว่าง, a* = ค่าสีจากเขียวถึงแดง และ b* = ค่าสีจากน้ำเงินถึงเหลือง

ภาพที่ 5 การนำเตาชีวมวลชนิด TLUD ไปประยุกต์ใช้งานย้อมสีเตยหนามโดยใช้ขมิ้น

ค่าสีและสมบัติเชิงกลของเตยหนามที่ผ่านการย้อมสีด้วยขมิ้นชันโดยใช้เตาชีวมวลชนิด TLUD

ผลการวิเคราะห์ค่าสีเตยหนามที่เกิดจากการใช้งานเตาชีวมวลชนิด TLUD และนำมาเปรียบกับสีเตยก่อนย้อม (control) วิเคราะห์ความแตกต่างค่าสีโดยใช้ independent samples *t*–test (ตาราง 4) พบว่า ค่าความสว่าง L*a*b* ของเตยที่ผ่านการย้อมโดยใช้เตาชีวมวลชนิด TLUD มีความแตกต่างกับค่าสีก่อนย้อม ($p < 0.01$) ผลการศึกษาการนำไปงานเตาชีวมวลชนิด TLUD โดยการย้อมสีเตยหนามด้วยสีธรรมชาติจากขมิ้นชัน พบว่า ค่าการติดสีของเตยหนามที่ผ่านการย้อมสีจะได้ค่า L* (ค่าความสว่าง) a*(– สีเขียว +สีแดง) และ b*(–สีน้ำเงิน+สีเหลือง) เท่ากับ 56.04±1.15 14.58±0.19 และ 56.58±0.79 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกับค่าสี L*a*b* ของเตยหนามที่ไม่ผ่านการย้อม เท่ากับ 72.36 ±3.42 2.42±0.35 และ 33.20±1.91 ตามลำดับ ซึ่งจากการย้อมสีเตยหนามด้วยขมิ้นชัน พบว่า เตยหนามที่ผ่านการย้อมจะได้สีเหลือง เนื่องจากในขมิ้นชันมีสารที่เรียกว่า เคอร์คูมิน ที่ให้สารเป็นสีเหลืองหรือสีเหลืองส้มและยังมีน้ำมันหอมระเหย ทำให้เตยหนามที่ผ่านการย้อมสีมีกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชัน (Kanhathathaisong, *et al*., 2011) ซึ่งสอดคล้องกับค่า b* ที่ได้มีค่าเท่ากับ 56.58±0.79 ส่วนการติดสีของขมิ้นชัน เนื่องจากขมิ้นชันมีลักษณะเป็นยาง มีรสฝาดและสารแทนนิน (tannin) ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติช่วยให้สีติดสีได้ดี กลไกในการย้อมสีธรรมชาติเกิดจากปฏิกิริยาด้วยพันธะเคมีของแทนนินในขมิ้นชันเป็นสารประกอบเชิงซ้อนทำหน้าที่เชื่อมต่อสีในขมิ้นชันกับเตยหนาม โครงสร้างของแทนนินเกิดพันธะกับโครงสร้างเซลลูโลสของเตยหนาม ทำให้เกิดการยึดติดสี จากนั้นสารผนึกสี (mordant) เป็นตัวช่วยทำให้สารให้สีติดกับเตยหนามได้ดียิ่งขึ้น (Punrattanasin *et al*., 2013) เนื่องจากสารผนึกสีเป็นตัวช่วยทำให้เส้นใยดูดซับสีให้สีเกาะเส้นใยได้แน่นขึ้น ทำให้มีความทนทานต่อแสง การซักล้างและการขัดถูเพิ่มขึ้น (Sukonthamanee, 2017)

ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกลของเตยหนามก่อน–หลังย้อม โดยการทดสอบความต้านทานแรงดึง พบว่า เตยหนามที่ไม่ผ่านการย้อมสี (control) มีค่าความต้านทานแรงดึงเท่ากับ 28.77± 3.09 N/mm^2 ส่วนเตยหนามหลังการย้อมสีด้วยขมิ้นชันมีค่าความต้านทานแรงดึง เท่ากับ 25.33± 3.26 N/mm^2 เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างค่าการทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยใช้ independent samples *t*–test จากตาราง 4 ค่าความต้านทานแรงดึงของเตยหนามก่อนย้อมและหลังย้อมมีค่าไม่ต่างกัน ($p \geq 0.01$)

ผลิตภัณฑ์จากเตยหนามที่ผ่านการย้อมสีด้วยขมิ้นชัน

เมื่อนำเตยหนามที่ผ่านการย้อมสีธรรมชาติด้วยขมิ้นชันโดยใช้เตาชีวมวลชนิด TLUD มาจักสานขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทกระเป๋าและเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์จักสานเตยหนามซึ่งผลจากการขึ้นรูปสามารถ (ภาพที่ 7) จะเห็นได้ว่า สามารถนำเตยหนามที่ผ่านกระบวนการย้อมด้วยสีธรรมชาติจากขมิ้นชัน มาทำการจักสานเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ โดยสามารถขึ้นรูปการจักสานได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการโดยไม่มีการแตกหักของเส้นใย ซึ่งนับเป็นการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาของชุมชน ร่วมกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของการย้อมสีด้วยขมิ้นชัน และ

ตาราง 4 ค่าสี (L*a*b*) และความต้านทานแรงดึง (tensile strength) ของตัวอย่างเตยหนามที่ผ่านการย้อมสีด้วยขมิ้นชันโดยใช้เตาชีวมวลชนิด TLUD และตัวอย่างเตยหนามที่ไม่ผ่านการย้อมสี (control)

ตัวอย่าง	ค่าทดสอบ	Mean	SD	*t*	*p*
เตยหนามที่ผ่านการย้อมสีด้วยขมิ้นชัน	L*	56.04	1.15	–10.115**	< 0.0001
control		72.36	3.42		
เตยหนามที่ผ่านการย้อมสีด้วยขมิ้นชัน	a*	14.58	0.19	68.190**	< 0.0001
control		2.42	0.35		
เตยหนามที่ผ่านการย้อมสีด้วยขมิ้นชัน	b*	56.58	0.79	25.279**	< 0.0001
control		33.20	1.91		
เตยหนามที่ผ่านการย้อมสีด้วยขมิ้นชัน	tensile	25.33	3.26	–1.33	0.255
control	(N/mm^2)	28.77	3.09		

** หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

L* = ค่าความสว่าง, a* = ค่าสีจากเขียวถึงแดง และ b* = ค่าสีจากน้ำเงินถึงเหลือง

(ก)

(ข)

ภาพที่ 7 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จักสานจากเตยหนาม (ก) เตยหนามผ่านกระบวนการย้อมสีด้วยขมิ้นชันโดยใช้เตาชีวมวลชนิด TLUD และ (ข) เตยหนามที่ไม่ผ่านกระบวนการย้อมสี

การใช้เตาชีวมวลชนิด TLUD สามารถช่วยลดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงให้กับชุมชน และเป็นการใช้วัสดุชีวมวลเหลือทิ้งในชุมชน

สรุปผล

สมรรถนะเตาชีวมวลชนิด TLUD เมื่อเทียบกับเตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปขนมซั้งน้ำดัง (Wunsri, *et al*., 2021) และเตาชีวมวลประหยัดพลังงานสำหรับแปรรูปหอยตลับ (Wunsri, *et al*., 2020) พบว่ามีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ด้อยกว่า แต่มีลักษณะการใช้งานที่ยืดหยุ่นกว่าโดยสามารถใช้กับภาชนะได้หลายรูปแบบ เช่น กระทะ หม้อ กะละมังโลหะ ถังเหล็ก ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า เคลื่อนย้ายได้ ระยะเวลาการประกอบสั้นทำให้สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ง่าย และใช้งานได้ทันทีหลังจากประกอบเสร็จ และเมื่อนำไปทดสอบย้อมสีเตยหนามด้วยวิธีธรรมชาติโดยใช้ขมิ้นชันปรากฏว่าสีจากขมิ้นชันสามารถย้อมติดกับเตยหนามได้ โดยที่การย้อมใบหนามเตยด้วยขมิ้นชันไม่เป็นการลดสมบัติเชิงกล (ความต้านทานแรงดึง) และเมื่อนำเตยหนามที่ผ่านการย้อมสีด้วยขมิ้นมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์กระเป๋าพบว่าสามารถสานขึ้นรูปเป็นกระเป๋าได้เป็นอย่างดี โดยเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ของชุมชนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยและงบประมาณทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund: FF) ประจำปีงบประมาณ 2565 เป็นโครงการวิจัยชุดการพัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชนหัตถกรรมจากเตยหนามของชุมชนลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ด้วยนวัตกรรม

เอกสารอ้างอิง

Berrueta, V. M., Edwards, R. D., and Masera, O. R. (2008). Energy performance of wood–burning cookstoves in Michoacan, Mexico. **Renewable Energy** 33: 859–870.

Huangfu, Y., Li, H., Chen, X., Xue, C., Chen, C., and Liu, G. (2014). Effect of moisture content in fuel on thermal performance and emission of biomass semi–gasified cookstove. **Energy for Sustainable Development** 21: 60–65.

Kaewluan, S., Chanthosi, D., Chansri, S., and Piyarat, W. (2013). Performance testing of the 20 kW biomass gas stove. **SWU Engineering Journal** 8(1): 24–33. (in Thai)

Kanhathathaisong, S., Rattanapaphanee, S., Rattanaphanee, V., and Manyum, T. (2011). A spectroscopic investigation of the complex of turmeric dye with copper (II) in aqueous solution. **Suranaree Journal of Science and Technology** 18(2): 159–165. (in Thai)

Khaonuan, P. Prasongchan, S., and Bordeepong, S. (2020). Performance development of household biomass TLUD cookstove. **UTK Research Journal** 14(1): 52–62. (in Thai)

Oyelaran, O. A., Bolaji, B. O., Waheed, M. A., and Adekunle, M. F. (2015). Performance evaluation of the effect of binder on ground-

nut shell briquette. **KMUTNB International Journal of Applied Science and Technology** 8(1): 11–19.

Prasongchan, S. Khaonuan, P., and Prasongchan, N. (2021). Energy–saving biomass stove for herb processing of the Wat Khu Tao moral herbal community enterprise, Songkhla province. **Area Based Development Research Journal** 13(3): 180-192. (in Thai)

Punrattanasin, N., Nakpathom, M., Somboon, B., Narumol, N., Rungruangkitkrai, N., and Mongkholrattanasit, R. (2013). Silk fabric dyeing with natural dye from mangrove bark (*Rhizophora apiculata* Blume) extract. **Industrial Crops and Products** 49: 122–129.

Ratchawet, A., Kwangkham, J. Chainan, S., and Chartarayawadee, W. (2017). The turmeric in cotton yarns dyeing by using pisang awak banana rubber as the mordant. **Science and Technology RMUTT Journal** 7(2): 42–58. (in Thai)

Singprakhon, P. (2018). **Dyeing Pandanus Fibers with Natural Colors from Padauk Bark, Sisat Bark and Teak Leaves.** Buriram: Textile Science Branch, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University. (in Thai)

Sukonthamanee, P. (2017). Color of flora. **Journal of Silpakorn University** 37(3): 183–202. (in Thai)

Wunsri, S. Podkumnerd, N., and Sampim, P. (2021). Development of energy–efficient biomass stove for Kanom Cung Num Dung sticky rice processing in Bang Riang community, Khuan Niang district, Songkhla province. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 12(1): 66–76. (in Thai)

Wunsri, S., Podkumnerd, N., Chompunooch, S., and Teeparuksapun, K. (2020). Development of energy–efficient biomass stove for *Meretrix casta* processing by community participation of Palian river basin community, Trang province. **Area Based Development Research Journal** 12(3): 223–236. (in Thai)

Yingsamoe, S. (2018). **Dyeing Pandanus Fibers with Natural Dyes from Neem Bark, Kaen Khanun and Krang.** Buriram: Textile Science Branch, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University. (in Thai)