

นิพนธ์ต้นฉบับ

เพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของไม้สักสวนป่าโดย
กรรมวิธีการอัดร้อนEffect of Heat Treatment on Physical and Mechanical Properties of
Planted Teak Woodจุฑารัตน์ หมวดสีทา¹ทรงกลด จารุสมบัติ^{1*}ธีระ วิณิน²Jutharat Moadsitha¹Songklod Jarusombat^{1*}Teera Veenin²¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

²สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Forestry Alumni Association, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforsoj@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 13 มีนาคม 2562

รับแก้ไข 25 เมษายน 2562

รับลงพิมพ์ 30 พฤษภาคม 2562

ABSTRACT

This research aims to study the physical and mechanical properties of Teak wood plantation treated using a hot press. The factors during the production include press temperature (A), which can be either 100°C, 120°C or 150°C, press pressure (B) of either 1, 2 or 3 MPa, and press time (C) of either 5, 8 or 10 minutes in a hot press. The test results showed that the specific gravity and density values increased with an increase of the press pressure. The optimal specific gravity and density were A150B3C10, which numerically were 0.669 and 704 kg.m⁻³, respectively. In the mechanical properties, the most optimum modulus of rupture was observed for A150B2C10 at about 115.36 MPa. The most optimum modulus of elasticity was found for A100B1C10 at about 11,856 MPa. The highest value of compressive stress parallel to the grain was found at A150B3C10 or about 50.86 MPa. The highest values of compressive stress perpendicular to the grain, shearing stress parallel to the grain, and toughness were determined at A120B2C8 or about 26.78 MPa, 16.08 MPa and 41,365 N.mm, respectively. The comparison between untreated and thermally treated teak indicated that thermally treated teak had relatively better physical and mechanical properties and the cost of teak plantation was less than naturally occurring teak by about 55.27 percent. According to the test results, it can be concluded that teak plantation treated using a hot press have application in the production of various components.

Keywords: Properties of teak, plantation teak wood, Hot press

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของไม้สักสวนป่าโดยกรรมวิธีการอัดร้อน โดยมีปัจจัย 3 ปัจจัยคือ อุณหภูมิ (A) 100, 120 และ 150 องศาเซลเซียส อัดร้อนที่ความดัน (B) 1, 2 และ 3 เมกะปาสกาล และใช้เวลา (C) อัดร้อน 5, 8 และ 10 นาที จากผลทดสอบพบว่า คุณสมบัติทางกายภาพ คือ ค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น โดยสภาวะที่มีค่ามากที่สุด คือ A150B3C10 มีค่า 0.669 และ 704 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติเชิงกล คือ สภาวะที่มีค่าโมดูลัสแตกหักเฉลี่ยสูงสุด คือ A150B2C10 มีค่า 115.36 เมกะปาสกาล สภาวะที่มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด คือ A100B1C10 มีค่า 11,856 เมกะปาสกาล สภาวะที่มีค่าความเค้นอัดขนานเฉลี่ยสูงสุด คือ A150B3C10 มีค่า 50.86 เมกะปาสกาล สภาวะที่มีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเฉลี่ยสูงสุด คือ A120B2C8 มีค่า 26.78 เมกะปาสกาล สภาวะที่มีค่าความเค้นเฉือนขนานเฉลี่ยสูงสุด คือ A120B2C8 มีค่า 16.08 เมกะปาสกาล และสภาวะที่มีค่าความเหนียวเฉลี่ยสูงสุด คือ A120B2C8 มีค่า 41,365 นิวตัน.มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ที่สภาวะควบคุม พบว่า ไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดร้อนมีค่าคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลมากกว่า และพบว่าต้นทุนในการนำไม้สักสวนป่ามาใช้มีค่าต่ำกว่าไม้สักจากธรรมชาติประมาณร้อยละ 55.27 แสดงให้เห็นว่าไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดร้อน เหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบในด้านต่าง ๆ ได้

คำสำคัญ: คุณสมบัติของไม้สัก ไม้สักสวนป่า การอัดร้อน

คำนำ

ไม้สักถือว่าเป็นไม้ที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย และเป็นไม้ที่รู้จักในตลาดนานาชาติในเรื่องของความทนทาน มีความต้านทานทางเคมีสูงและมีเอกลักษณ์หรือคุณสมบัติเฉพาะตัวเพราะไม้สักมีความแข็งแรง ลำต้นตรง และมีความต้านทานแมลงและโรคต่าง ๆ (Ladrach, 2009) ซึ่งนิยมปลูกกัน จากการศึกษาพบว่า ไม้สักที่เจริญทดแทนด้วยการแตกหน่อมีความสูงมากกว่าไม้สักที่เจริญทดแทนด้วยเหง้า ในทุกชั้นอายุ มีรูปแบบการเติบโตทางความสูงภายใต้ปัจจัยแวดล้อมคือ ในระยะแรกมีความเติบโตมากและเริ่มคงที่เมื่ออายุ 10-12 ปี (Inwiset, 2014) ไม้สักเป็นไม้ที่มีความสำคัญในทางภาคเหนือของประเทศไทย เป็นไม้ที่มีคุณภาพสูง เป็นหนึ่งในไม้เนื้อแข็งที่มีค่ามากของโลก ไม้สักเป็นไม้ที่เติบโตโดยใช้เมล็ด ซึ่งสามารถปลูกได้โดยตรง ไม้สักขณะนี้ เป็นไม้ที่มีความสำคัญมาก สำหรับการทาสวนป่าในเขตร้อน ส่วนใหญ่จะมีรอบหมุนเวียนค่อนข้าง

สั้นโดยมีการตัดฟันที่อายุ 20-30 ปี ปัจจุบันมีการตัดไม้สักที่อายุแตกต่างกัน ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกไม้สักมีความเห็นที่แตกต่างกันเกี่ยวกับอายุที่เหมาะสมในการตัดฟัน เพื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์แต่ยังมีข้อมูลที่น้อยมาก (CFC/ITTO, 2009)

ปัจจุบันมีการปลูกไม้สักไม่ต่ำกว่า 1 ล้านไร่ มีการนำออกมาใช้ในรูปแบบไม้ขนาดเล็กลงอย่างแพร่หลาย การใช้ประโยชน์จากไม้สักอายุน้อย ในการผลิตสินค้าต่าง ๆ นั้น มีการใช้ประโยชน์ได้จริงเพียงร้อยละ 30 คือ ส่วนที่เป็นลำต้น นำมาใช้เป็นส่วนประกอบของบ้าน เช่น ผนัง เสา วงกลบ ประตู หน้าต่าง แต่ยังมีอีกร้อยละ 70 ที่เหลือสูญเสียไปกับขั้นตอนกระบวนการผลิตและแปรรูป (Josue and Imiyabir, 2011) นอกจากนี้ ยังมีการนำไม้สักตัดขายระยะ คือ ไม้สักอายุตั้งแต่ 6-7 ปี ขึ้นไป เพื่อให้ต้นสักมีการเติบโตเต็มที่ ส่วนไม้สักที่ถูกตัดจะถูกนำไปเผาเป็นฟืน แต่ได้มีการนำเทคนิคเพื่อจะได้ไม้สำเร็จรูปที่มีความสวยงามแล้วเป็นการเพิ่มมูลค่าของไม้ด้วย (Seviset *et al.*, 2017)

ในการใช้ประโยชน์จากไม้สักสวนป่าตัดขยายระยะจะมีปัญหาในด้านคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) และคุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาในด้านการเพิ่มคุณสมบัติด้านกายภาพและเชิงกล โดยกรรมวิธีการอัดร้อน ซึ่งทำการศึกษาในแต่ละปัจจัย แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ อุณหภูมิ ความดัน และเวลาในการอัดร้อน

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ในการทดลองชนิดไม้ที่นำมาใช้คือ ไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) จากสวนป่าอายุ 25 ปี

วิธีการ

การอัดร้อนซึ่งมีตัวแปร 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 100, 120 และ 150 องศาเซลเซียส ความดันแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 1, 2 และ 3 เมกะปาสกาล และเวลา แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 5, 8 และ 10 นาที

1. การเตรียมวัตถุดิบ (material preparation)

1.1 ปรับสภาพไม้ทดลองให้มีความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 10±2

1.2 ตัดไม้ให้มีขนาดความกว้าง 6.35 เซนติเมตร, หนา 3.81 เซนติเมตร และยาว 35 เซนติเมตร

2. กระบวนการอัดร้อน (hot pressing)

2.1 นำไม้สักสวนป่าวัดขนาดและชั่งน้ำหนักก่อนทำการอัดร้อน

2.2 ตั้งอุณหภูมิเครื่องอัดร้อนเพื่อการทดสอบที่สภาวะที่กำหนด

2.3 เมื่ออุณหภูมิถึงที่กำหนด นำไม้วางบนแท่นอัดร้อน

2.4 กดเริ่มให้เครื่องอัดร้อนทำงานเมื่อถึงแรงอัดที่กำหนด เริ่มจับเวลา

2.5 ครบเวลาที่กำหนด นำไม้ออกให้ความร้อนในไม้อุ่นตัวลงแล้วชั่งน้ำหนักและวัดขนาดอีกครั้ง

3. การทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ (physical properties)

ความชื้น (moisture content) ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ความหนาแน่น (density)

4. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties)

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลจะใช้มาตรฐานของ British Standard No. 373 (1957) โดยทดสอบความแข็งแรงและความแข็งดิ่งในการคดสถิตย์ (strength and stiffness in static bending) ความเค้นอัดตั้งฉากเส้นของไม้ (compressive stress perpendicular to grain) ความเค้นอัดขนานเส้นของไม้ (compressive stress parallel to grain) ความเค้นเฉือนขนานเส้น (shearing stress parallel to grain)

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาการทดลองค่าคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของไม้สักสวนป่าโดยการอัดร้อนซึ่งมีตัวแปร 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 100, 120 และ 150 องศาเซลเซียส ความดันแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 1, 2 และ 3 เมกะปาสกาล และเวลา แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 5, 8 และ 10 นาที โดยจากการทดสอบได้ผล (Table 1) ดังนี้

Table 1 Average values of physical and mechanical properties of the specimens

Type	MC (%)		SG	Density (kg/m ³)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	Compression		Shearing // to grain (MPa)	Toughness (N·mm)
	Before	After					// to grain (MPa)	⊥ to grain (MPa)		
P-value			0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*
Control	26.86	10.74	0.543 ^b	552.00 ^c	86.31 ⁱ	8,648 ^{ab}	35.18 ⁱ	14.62 ^k	11.78 ^k	28,224 ^g
SD	7.44	0.18	0.02	32.30	1.22	697.01	0.56	0.83	0.43	2,422.76
A100B1C5	27.42	11.87	0.573 ^b	594.60 ^{bc}	105.78 ^{abcdefg}	11,342 ^{ab}	42.11 ^{eigh}	20.19 ^{efg}	12.57 ^{ghijk}	32,230 ^{defg}
SD	7.9	0.53	0.05	33.49	2.91	857.54	1.07	0.57	0.44	1,782.16
A100B1C8	27.66	11.29	0.574 ^{ab}	607.80 ^{bc}	101.26 ^{abcdefgh}	11,318 ^{ab}	44.76 ^{bcdefg}	19.09 ^{ighi}	14.80 ^{abcde}	36,396 ^{abcdef}
SD	11.36	0.62	0.05	31.64	3.33	1,072.31	2.07	0.53	0.51	2,608.76
A100B1C10	29.48	10.79	0.537 ^b	556.00 ^{bc}	112.58 ^{ab}	11,856 ^a	38.78 ^{hi}	16.66 ^{jk}	12.24 ^{ijk}	31,151 ^{defg}
SD	13.16	0.74	0.01	29.03	3.33	10,62.21	2.83	0.36	0.63	2,048.82
A100B2C5	21.32	11.51	0.538 ^b	557.40 ^{bc}	108.08 ^{abcdef}	11,077 ^{ab}	44.98 ^{bcdefg}	18.70 ^{ghij}	12.55 ^{ghijk}	33,296 ^{cdefg}
SD	5.86	0.66	0.02	31.19	5.79	1,707.75	1.21	0.34	0.41	1,566.80
A100B2C8	28.78	11.23	0.570 ^b	600.20 ^{bc}	110.82 ^{abc}	10,820 ^{ab}	46.71 ^{abcdef}	19.24 ^{igh}	14.49 ^{abcdef}	34,349 ^{abcdefg}
SD	6.75	0.4	0.02	48.36	2.43	823.61	4.34	1.18	0.89	1,461.95
A100B2C10	23.54	11.14	0.565 ^b	592.40 ^{bc}	110.38 ^{abcd}	10,027 ^{ab}	44.11 ^{bcdefg}	19.02 ^{ighi}	16.01 ^{ab}	35,336 ^{abcdefg}
SD	14.5	0.65	0.03	33.34	7.60	1,978.38	1.04	0.69	1.07	3,692.54
A100B3C5	28.32	11.5	0.548 ^b	569.80 ^{bc}	95.81 ^{efghi}	9,655 ^{ab}	44.61 ^{bcdefg}	18.68 ^{ighij}	12.54 ^{ghijk}	30,432 ^{efg}
SD	9.33	0.77	0.02	31.67	4.69	1,243.20	0.85	0.67	0.46	1,814.10
A100B3C8	24.96	10.64	0.591 ^{ab}	606.40 ^{bc}	105.40 ^{abcdefg}	10,137 ^{ab}	44.57 ^{bcdefg}	23.17 ^{cde}	14.14 ^{bcdefgh}	35,716 ^{abcdefg}
SD	9.53	0.7	0.04	22.77	5.18	861.95	3.69	0.50	0.77	2,445.22

Table 1 (cont.)

Type	MC (%)		SG	Density (kg/m ³)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	Compression		Shearing // to grain (MPa)	Toughness (N·mm)
	Before	After					// to grain (MPa)	⊥ to grain (MPa)		
P-value			0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*
A100B3C10	25.88	11.05	0.588 ^{ab}	619.20 ^{bc}	97.90 ^{cdefghi}	10,614 ^{ab}	41.90 ^{fgh}	18.26 ^{ghij}	11.80 ^{ik}	35,689 ^{abcdefg}
SD	7.6	0.74	0.03	23.75	7.64	1,044.22	2.49	0.67	0.63	3,395.27
A120B1C5	24.06	11.26	0.514 ^b	533.40 ^{bc}	110.40 ^{abcd}	10,425 ^{ab}	43.65 ^{cdefgh}	26.46 ^{ab}	14.36 ^{abcdefg}	31,126 ^{defg}
SD	3.22	0.46	0.05	31.76	5.20	2,342.75	0.96	1.50	0.54	3,289.89
A120B1C8	25.88	10.69	0.571 ^b	591.40 ^{bc}	102.00 ^{abcdefgh}	11,830 ^a	48.98 ^{ab}	22.20 ^{cde}	12.03 ^{ik}	35,363 ^{abcdefg}
SD	7.57	0.52	0.04	29.20	1.85	840.21	2.95	0.56	0.49	2,877.69
A120B1C10	25.54	10.75	0.538 ^b	557.60 ^{bc}	93.82 ^{fghi}	9,687 ^{ab}	41.64 ^{fgh}	16.87 ⁱ	12.64 ^{fghijk}	31,864 ^{defg}
SD	5.92	0.35	0.02	17.21	3.35	851.91	0.88	0.50	0.72	2,303.69
A120B2C5	21.72	11.03	0.542 ^b	568.00 ^{bc}	90.57 ^{hi}	8,275 ^b	40.36 ^{ghi}	18.55 ^{fghij}	13.68 ^{cdefghij}	40,706 ^{abc}
SD	6.03	0.61	0.03	26.65	5.29	1,701.02	0.76	0.61	0.54	2,552.68
A120B2C8	21.92	10.87	0.560 ^b	589.40 ^{bc}	107.06 ^{abcdefg}	10,876 ^{ab}	47.15 ^{abcde}	26.78 ^a	16.08 ^a	41,365 ^a
SD	9.34	0.37	0.04	36.58	4.90	689.01	1.60	1.06	0.37	1,819.41
A120B2C10	24.18	12.00	0.530 ^b	555.60 ^{bc}	109.64 ^{abcde}	11,300 ^{ab}	44.56 ^{bcdefg}	17.83 ^{hij}	13.36 ^{defghijk}	33,950 ^{abcdefg}
SD	9.12	2.52	0.05	22.68	6.56	724.98	0.91	0.45	0.68	3,687.84
A120B3C5	20.2	11.2	0.587 ^{ab}	610.40 ^{bc}	108.14 ^{abcdef}	11,070 ^{ab}	43.25 ^{defgh}	16.94 ^{ij}	12.35 ^{hijk}	38,068 ^{abcd}
SD	2.1	0.53	0.04	35.60	3.58	454.26	1.39	0.61	0.78	3,051.69

Table 1 (cont.)

Type	MC (%)		SG	Density (kg/m ³)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	Compression		Shearing // to grain (MPa)	Toughness (N·mm)
	Before	After					// to grain (MPa)	⊥ to grain (MPa)		
P-value			0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*
A120B3C8	27.42	10.80	0.569 ^b	581.20 ^{bc}	93.20 ^{ghi}	8,619 ^{ab}	40.23 ^{ghi}	18.21 ^{ghij}	14.29 ^{abcdefg}	35,689 ^{abcdefg}
SD	9.84	0.81	0.04	22.29	4.24	863.96	0.92	0.76	0.54	3,432.92
A120B3C10	21.78	10.87	0.567 ^b	609.80 ^{bc}	93.04 ^{ghi}	9,172 ^{ab}	44.62 ^{bcdefg}	20.53 ^{efg}	13.14 ^{efghijk}	30,426 ^{efg}
SD	6.32	0.88	0.03	29.10	2.80	438.93	1.46	0.49	1.27	2,241.02
A150B1C5	23.32	13.33	0.534 ^b	580.00 ^{bc}	99.48 ^{bcdefghi}	11,014 ^{ab}	41.00 ^{ghi}	19.29 ^{fgh}	13.25 ^{defghijk}	41,039 ^{ab}
SD	5.09	6.68	0.03	35.74	3.44	804.69	1.35	0.59	0.79	2,086.32
A150B1C8	23.08	10.53	0.543 ^b	560.40 ^{bc}	96.42 ^{defghi}	10,064 ^{ab}	47.39 ^{abcd}	24.32 ^{bc}	12.48 ^{ghijk}	33,649 ^{bcdefg}
SD	5.87	0.66	0.02	30.56	5.42	1,157.67	1.43	0.55	1.11	1,465.86
A150B1C10	17.06	10.24	0.532 ^b	552.00 ^{bc}	105.68 ^{abcdefg}	10,619 ^{ab}	43.72 ^{cdefgh}	18.57 ^{fghij}	13.24 ^{defghijk}	38,034 ^{abcd}
SD	5.00	0.55	0.05	37.30	6.74	1,462.60	1.35	1.11	0.81	3,992.06
A150B2C5	22.90	10.90	0.557 ^b	577.00 ^{bc}	95.34 ^{efghi}	9,469 ^{ab}	50.23 ^a	18.41 ^{fghij}	14.03 ^{cdefghi}	35,995 ^{abcdef}
SD	7.13	0.5	0.02	31.88	8.91	1,496.08	2.10	1.09	0.56	4,391.43
A150B2C8	27.28	10.05	0.546 ^b	557.00 ^{bc}	97.20 ^{cdefghi}	10,842 ^{ab}	47.55 ^{abcd}	18.59 ^{fghij}	15.34 ^{abc}	29,682 ^{fg}
SD	10.43	0.52	0.04	42.64	7.48	790.80	2.91	0.47	0.42	3,084.97

Table 1 (cont.)

Type	MC (%)		SG	Density (kg/m ³)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	Compression		Shearing // to grain (MPa)	Toughness (N·mm)
	Before	After					// to grain (MPa)	⊥ to grain (MPa)		
P-value			0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*
A150B2C10	28.04	9.81	0.578 ^{ab}	595.60 ^{bc}	115.36 ^a	11,559 ^a	48.39 ^{abc}	21.64 ^{de}	14.90 ^{abcde}	29,322 ^{fg}
SD	8.97	0.57	0.05	27.66	5.44	759.94	0.97	0.97	0.97	2,772.90
A150B3C5	19.46	10.87	0.586 ^{ab}	608.80 ^{bc}	94.47 ^{fghi}	9,652 ^{ab}	44.55 ^{bcdefg}	21.46 ^{de}	15.06 ^{abcd}	32,577 ^{defg}
SD	8.22	0.71	0.02	16.66	4.70	1,766.12	0.55	0.54	0.31	2,306.22
A150B3C8	27.92	10.51	0.575 ^{ab}	612.00 ^b	101.48 ^{abcdefgh}	10,234 ^{ab}	48.23 ^{abcd}	18.66 ^{fghij}	12.34 ^{hijk}	37,409 ^{abcde}
SD	7.32	0.81	0.03	22.25	3.81	576.09	1.26	1.06	0.70	2,661.11
A150B3C10	22.5	9.43	0.669 ^a	704.0 ^{0a}	104.67 ^{abcdefgh}	11,383 ^{ab}	50.86 ^a	23.81 ^{cde}	14.77 ^{abcde}	35,363 ^{abcdefg}
SD	8.73	0.51	0.02	31.97	9.10	1,623.29	1.03	1.23	0.27	2,877.69

Remarks: Group determined via Turkey's Honesty Significant Difference.; * = significant at p<0.01; SD = Standard Deviation

คุณสมบัติทางกายภาพ

1. ความชื้น

จากการทดสอบจะได้ค่าความชื้นของไม้ ก่อนทำการทดลอง ค่าความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 17-29 เมื่อเปรียบเทียบกับความชื้นของไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดร้อน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 9-13 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hill (2006) ว่า เมื่อไม้ได้รับความร้อน จะทำให้น้ำหนักลดลงจากเริ่มต้น เนื่องจากการสูญเสียไอน้ำในผนังเซลล์และสารแทรกที่เป็นวอลาไทล์ (volatile extractives) สารแทรกจึงย้ายไปอยู่ที่ผิวไม้

2. ความถ่วงจำเพาะจากการแทนที่ของน้ำ

จากการทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะของไม้สักที่สภาวะต่าง ๆ เมื่อพิจารณาความถ่วงจำเพาะของไม้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทางสถิติ พบว่า ไม้ทดลองมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความถ่วงจำเพาะของไม้ที่สภาวะควบคุมมีค่า 0.543 และเปรียบเทียบกับไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดร้อน พบว่า มีค่า 0.669, 0.591 และ 0.588 โดยใช้ A150B3C10, A100B3C8 และที่สภาวะ A100B3C10 ตามลำดับ

3. ความหนาแน่น

จากการทดสอบค่าความหนาแน่นของไม้สักที่สภาวะต่าง ๆ เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของไม้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทางสถิติ พบว่า ไม้ทดลองมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความหนาแน่นของไม้ที่สภาวะควบคุมมีค่า 552 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณาความหนาแน่นหลังจากทดสอบแล้วค่าทดสอบสภาวะมีค่าความหนาแน่นมากที่สุดอยู่ที่ 704, 619 และ 612 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่สภาวะ A150B3C10, A100B3C10 และ A150B3C8 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Candan *et al.* (2013) ศึกษาการอัดร้อนของไม้ poplar พบว่า ไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดร้อนมีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความดันอัดเข้าไป

คุณสมบัติเชิงกล

1. ทดสอบความแข็งแรงและความแข็งดึงในการดัดสดัด

จากการทดสอบค่าโมดูลัสแตกหักของไม้สักที่สภาวะต่าง ๆ เมื่อพิจารณาค่าโมดูลัสแตกหักของไม้ พบว่า มีค่าโมดูลัสแตกหักเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าโมดูลัสแตกหักของไม้ที่สภาวะควบคุมมีค่า 86.31 เมกะปาสกาล โมดูลัสแตกหัก (MOR) พบว่า ไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดร้อนที่ A150B2C10, A100B1C10 และ A100B2C8 มีค่า 115.36, 112.58 และ 110.82 เมกะปาสกาล ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าโมดูลัสแตกหักกับไม้ที่สภาวะควบคุม พบว่า มีค่ามากกว่าไม้ที่สภาวะควบคุมร้อยละ 33.66

โมดูลัสยืดหยุ่น (MOE) เมื่อเปรียบเทียบจะพบว่า ไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดร้อนพบว่ามีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ A100B1C10 มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นมากที่สุด ต่อมาเป็นไม้ที่อัดร้อนที่ A120B1C8 และ A150B2C10 ซึ่งมีค่า 11,856, 11,830 และ 11,559 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ในขณะที่ไม้ที่สภาวะควบคุมมีค่า 8,648 เมกะปาสกาล เมื่อเปรียบเทียบกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ A100B1C10 กับไม้ที่สภาวะควบคุม พบว่า มีค่ามากกว่าไม้ที่สภาวะควบคุมร้อยละ 37.10 ซึ่งค่าที่ได้จากการทดสอบมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dinwoodie (2000) พบว่า มีความแตกต่างจาก MOE ซึ่ง MOR จะเพิ่มขึ้นในกรณีที่ไม่ต้องผ่านการใช้ความร้อนแม้ในช่วงเวลาสั้น ๆ เนื่องจาก MOR มีความเค้นที่เท่ากันในเส้นใย ณ จุดที่เกิดความล้มเหลวและมีความสัมพันธ์กับความแข็งดัดที่ดีที่สุดของไม้ และงานวิจัยของ Kim *et al.* (1998) พบว่า มีการลดลงของ MOR มากขึ้น เมื่อขึ้นงานไม้ขึ้นถูกให้ความร้อนในอากาศเมื่อเทียบกับการทำความร้อนของไม้อบแห้ง นอกจากนี้ ยังพบว่า มีการลดลงของ MOR เมื่อถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานาน

2. ความเค้นอัดขนานเสี้ยนของไม้

จากการทดสอบค่าคุณสมบัติในด้านแรงอัดขนานเสี้ยน พบว่า มีค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สภาวะที่ทำการอัดรีดที่ใช้ A150B3C10 มีค่าในการรับแรงอัดขนานเสี้ยนมากที่สุดมีค่า 50.86 เมกะปาสกาล เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะควบคุมและสภาวะต่าง ๆ โดยสภาวะที่มีค่าในการรับแรงอัดขนานเสี้ยนต่อมามีค่า 50.23 และ 48.98 เมกะปาสกาล คือ สภาวะที่ใช้ A150B2C5 และ สภาวะที่ใช้ A120B1C8 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะควบคุม จะพบว่า ไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดที่สภาวะต่าง ๆ มีค่ามากกว่าสภาวะของไม้ที่สภาวะควบคุม ซึ่งมีค่า 35.18 เมกะปาสกาล เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนของ A150B3C10 กับไม้ที่สภาวะควบคุม พบว่า มีค่ามากกว่าไม้ที่สภาวะควบคุมร้อยละ 44.58

3. ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนของไม้

การทดสอบการอัดตั้งฉากเสี้ยน พบว่า มีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 26.78, 26.46 และ 23.81 เมกะปาสกาล โดยเป็นไม้สภาวะ A120B2C8, A120B1C5 และ A150B3C10 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะต่าง ๆ ไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดมีค่ามากกว่าสภาวะควบคุม ซึ่งมีค่า 14.62

เมกะปาสกาลเมื่อเปรียบเทียบค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนของ A120B2C8 กับไม้ที่สภาวะควบคุม พบว่า มีค่ามากกว่าไม้ที่สภาวะควบคุมร้อยละ 83.14

4. ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน

จากการทดสอบพบว่า มีค่าความเค้นเฉือนขนานเสี้ยนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดที่ A120B2C8, A100B2C10 และ A150B2C8 มีค่าความเค้นเฉือนเท่ากับ 16.08, 16.01 และ 15.34 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ในขณะที่ไม้ที่สภาวะควบคุมมีค่า 11.78 เมกะปาสกาล เมื่อเปรียบเทียบค่าความเค้นเฉือนขนานเสี้ยนของ A120B2C8 กับไม้ที่สภาวะควบคุม พบว่า มีค่ามากกว่าไม้ที่สภาวะควบคุมร้อยละ 36.49

5. ความเหนียว

ค่าความเหนียวของไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดรีด พบว่า มีค่าความเหนียวเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สภาวะที่ใช้ A120B2C8, A150B1C5 และ A120B2C5 โดยมีค่าที่ได้จากการทดสอบ คือ 41,365, 41,039 และ 40,706 นิวตัน.มิลลิเมตร ในขณะที่ไม้ที่สภาวะควบคุมมีค่า 28,224 นิวตัน.มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบค่าความเหนียวของ A120B2C8 กับไม้ที่สภาวะควบคุม พบว่า มีค่ามากกว่าไม้ที่สภาวะควบคุมร้อยละ 46.56

Table 2 Price comparison of naturally occurring and planted teak.

Width*Depth (in) * Length (ft)	Natural teak (Baht)	Planted teak (Baht)	(%)
2*1*3	2,750	1,230	55.27
4*1*3	2,750	1,490	45.82
6*1*3	-	1,580	
10*1*3	-	1,720	

Source: https://www.onestockhome.com/th/categories/wood-timber-lumber/sub_categories/teak-wood/product_types/teak-wood.

<http://www.northfio.com/web/phocadownload/wood/pricelumber2560.pdf>

สรุป

จากการทดลองการอัดร้อนไม้สักสวนป่าด้วยกรรมวิธีการอัดร้อนอาจสรุปได้ว่า ไม้ที่ได้ทำการทดสอบที่ได้ผลดีที่สุดสำหรับคุณสมบัติทางกายภาพคือ ไม้สักสวนป่าที่ทำการอัดร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 3 เมกะปาสกาล และเวลา 10 นาที และด้านคุณสมบัติเชิงกล คือ ไม้สักสวนป่าที่ทำการอัดร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 2 เมกะปาสกาล และเวลา 8 นาที ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่า การทดลองที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าคุณสมบัติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อทำการเปรียบเทียบราคาไม้สักสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้และไม้สักธรรมชาติของบริษัทเอกชน เมื่อนำมาคำนวณเปรียบเทียบกัน พบว่าต้นทุนในการนำไม้สักสวนป่ามาใช้มีค่าต่ำกว่าไม้สักจากธรรมชาติประมาณร้อยละ 55.27 แสดงให้เห็นว่าไม้ที่ผ่านกระบวนการอัดร้อนเหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบในด้านต่าง ๆ ได้

REFERENCES

- British Standard 373:1957. 1957. **Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber**. British Standards Institution, UK.
- Candan, Z., S. Korkut and O. Unsal. 2013. Thermally compressed poplar wood (TCW): Physical and mechanical properties. *Drvna Industrija* 64(2): 107-111.
- CFC/ITTO. 2009. **Study on Utilization of Plantation Teak Pre-project: Handbook on Properties of Plantation Teak in Myanmar**. CFC/ITTO 73 FT PPD 68/03 Rev. 2 (I). Myanmar.
- Dinwoodie, J.M. 2000. **Timber: Its Nature and Behaviour**. 2nd ed. Routledge, London.
- Forest Industry Organization. 2017. **Pricing table of plantation teak lumber**. Available Source: <http://www.northfio.com/web/phocadownload/wood/pricelumber2560.pdf>, November 24, 2018. (in Thai)
- Hill, C.A.S. 2006. **Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes**. John Wiley & Sons Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex.
- Inwiset, S. 2014. Growth and yield of teak (*Tectona grandis* Linn.) under different regeneration methods in khun mae khummee plantation, Phrae province. *Thai Journal of Forestry* 33(2): 52-60.
- Josue, J. and Z. Imiyabir. 2011. **Anatomical Features, Quality and Mechanical Properties of 15-Years-Old Tectona grandis (TEAK) Planted in Sabah**. ITTO project on improving utilization and value adding of plantation timbers from sustainable sources in Malaysia project no. PD 306/04 (1). Forest Research Institute Malaysia, Selangor Darul Ehsan.
- Kim, G.H., K.E. Yun and J.J. Kim. 1998. Effect of heat treatment on the decay resistance and the bending properties of radiata pine sapwood. *Material und Organismen* 32(2): 101-108.
- Ladrach, W. 2009. **Management of Teak Plantations for Solid Wood Products**. ISTF News Special Report. 25 p.
- Seviset, S., T. Piromgran, U. Saributr, R. Porncharoen, K. Raerai and S. Charoensettasilp. 2017. Mechanical property of 9 years old thinning of teak plantation in Thailand. *MATEC Web of Conferences* 95: 03004.