



การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพารา  
และเถ้าไม้ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม

The development of lightweight flat sheet prototype  
from para rubber leaves and para rubber wood fly ash  
for field work application

วรินทร์ บุญยะโรจน์  
ศิริชัย สาระมนัส

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๑  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม
ผู้วิจัย	วรินทร์ บุญยะโรจน์ ศิริชัย สารমনัส
ปีที่ทำวิจัย	พ.ศ. 2561

#### บทคัดย่อ

การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนามนี้เป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียจากการเกษตรและช่วยรักษาสภาพแวดล้อมด้วยผลิตภัณฑ์สีเขียว เส้นใยธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งเศษวัสดุเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบาในการผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ในงานก่อสร้างได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เถ้าไม้ยางพาราและเศษใบยางพาราต้นแบบแผ่นมวลเบาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยผสมเถ้าไม้ยางพาราประมาณ 5 - 20% เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ  $25 \pm 2$  องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง คุณสมบัติของวัสดุผสมปูนซีเมนต์ที่ผสมด้วยเถ้าไม้ยางพาราจะนำมาเปรียบเทียบกับซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement, OPC) นอกจากนี้ศึกษาลักษณะสัณฐานของเถ้าไม้ยางพาราด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Scanning Electron Microscope) จากการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณใบยางพาราจาก 1%, 2%, 4% และ 6% โดยการเพิ่มความหนาแน่นด้วยเถ้าไม้ยางพาราที่มีขนาดอนุภาค 5-10 ไมครอน นอกจากนี้เถ้าไม้ยางพารายังสามารถช่วยให้มีการกระจายตัวกันอย่างสม่ำเสมอภายในชิ้นงานต้นแบบและช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับชิ้นงานต้นแบบและทำให้ชิ้นงานต้นแบบนี้มีความต้านทานกำลังอัดเพิ่มขึ้น โดยการใช้เถ้าไม้ยางพาราและเศษใบยางพาราเป็นวัสดุผสมในการผลิตแผ่นมวลเบาชนิดไม่รับน้ำหนักนั้นจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของแผ่นมวลเบาในระดับภาคสนามได้

คำสำคัญ : ต้นแบบ, แผ่นมวลเบา, ใบยางพารา, เถ้าไม้ยางพารา, ระดับภาคสนาม

Title	The development of lightweight flat sheet prototype from para rubber leaves and para rubber wood fly ash for field work application	
Researcher	Varinthorn Boonyaroj	Sirichai Saramanus
Year	2018	

### Abstract

The development of lightweight flat sheet prototype from para rubber leaves and para rubber wood fly ash for field work application can offer an alternative method of adding value to agricultural wastes and help to conserve the environment with green products. The natural fiber, especially agricultural waste fiber is an encouraging prospect. Natural fiber composites have been used for building applications. The aim of this research was to investigate the potential use of para wood ash to producing a cement composite as an environmentally material. The cement paste with 5 – 20 % weight of para wood ash. The specimens were cured at  $25 \pm 2$  °C for 24 hours. The properties of cement composites mixed with different proportions of para wood ash were compared with Ordinary Portland Cement (OPC). In addition, the morphology of para wood ash was examined by using scanning electron microscope. The density increased with the increase in the percentage of para rubber leaves from 1%, 2%, 4%, and 6%. The finding is attributable to the enhanced packing density by the fine para wood ash particles size was found 5 - 10  $\mu\text{m}$ . Moreover, Para wood ash particles could arrange to fill the inter-particle voids in cement pastes which resulting to increase the compressive strength of cement paste. Consequently, para wood ashes could incorporate in the construction materials to enhance the mechanical properties and durability performance of the cement composites.

**Keywords:** Prototype, lightweight flat sheet, Para rubber leaves, Para rubber wood fly ash, Field work

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณรายจ่าย ประจำปี พ.ศ. ๒๕๖๑ ขอขอบพระคุณคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณฝ่ายวิชาการและวิจัยของคณะวิทยาศาสตร์ฯ ที่ให้คำแนะนำตลอดการวิจัย ขอขอบคุณฝ่ายการเงินสำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินการรายงานความก้าวหน้าในการทำวิจัยและการเบิกจ่าย งบประมาณการวิจัย

ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณทุกท่านที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ตลอดจนทุกท่านที่ให้ คำปรึกษา สนับสนุนและช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดมา

วรินทร์ บุญยะโรจน์  
ศิริชัย สาระมนัส



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ช)
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	5
1.6 แผนการดำเนินการวิจัย	6
<b>2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>7</b>
2.1 ต้นยางพารา ( Para Rubber Tree )	7
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของใบยางพารา ( Para Rubber Leaf )	8
2.3 วัสดุผสม ( Composite Materials )	11
2.4 ของเสียที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลาน ( Pozzolan )	12
2.5 พืชที่นำมาผลิตเส้นใยธรรมชาติและคุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาติ	13
2.6 การประยุกต์ใช้เศษวัสดุทางการเกษตรในการผลิตแผ่นผนังน้ำหนักเบา	14
<b>3. วิธีดำเนินการวิจัย</b>	<b>18</b>
3.1 การเตรียมวัตถุดิบ	18
3.2 การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตฯ	22
3.3 การทดสอบคุณสมบัติ	22
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	25
3.5 ฝึกรอบรมถ่ายถอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนฯ	25

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	27
4.1 การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของถ้ำไม้ยางพารา	27
4.2 คุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและถ้ำไม้ยางพารา	30
4.3 โครงการฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนฯ	37
5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม	41
ภาคผนวก	44
ประวัติผู้วิจัย	58



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินการวิจัย	6
3.1	วัตถุประสงค์ที่ใช้สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	22
4.1	คุณสมบัติทางเคมีของเก้าอี้ยางพารา	28
4.2	เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของซีเมนต์และเก้าอี้ไม้	28



## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	5
2.1	พื้นที่สวนยางพารา	9
3.1	ใบยางพารา	18
3.2	การคัดขนาดใบยางพารา	19
3.3	ใบยางพาราที่บดย่อยและคัดขนาด	19
3.4	เถาไม้ยางพารา	20
3.5	การร่อนคัดขนาดเถาไม้ยางพารา	20
3.6	แม่พิมพ์สำหรับใช้ขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบ	21
3.7	ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานต้นแบบฯ	24
3.8	เครื่องทดสอบความต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)	24
3.9	ภาพรวมแสดงขั้นตอนดำเนินการวิจัย	26
4.1	แสดงโครงสร้างจุลภาคของเถาไม้ยางพาราที่ทดสอบด้วยเครื่อง SEM	27
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงอัดของต้นแบบฯ ที่ผสมเถาไม้ยางพารา	29
4.3	ลักษณะของตัวอย่างวัสดุผสมปูนซีเมนต์ เถาไม้ยางพารา เศษใบยางพารา และน้ำ	31
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของต้นแบบฯ	32
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดของต้นแบบฯ	33
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดัดของต้นแบบฯ	36
4.7	ผู้เข้าร่วมโครงการฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนฯ	37
4.8	การฝึกปฏิบัติในระดับภาคสนามและการขึ้นรูปชิ้นงาน	38



## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันงานก่อสร้างภายในประเทศได้มีอัตราการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก โดยในโครงการต่าง ๆ มีความจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมากซึ่งส่งผลให้ทรัพยากรต่าง ๆ ลดลงอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังส่งผลถึงราคาของวัสดุต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้น และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการใช้แร่ใยหินผสมกับซีเมนต์เพื่อทำเป็นวัสดุก่อสร้างและใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งผู้ใช้งานส่วนใหญ่ยังไม่ทราบถึงโทษที่เกิดขึ้นจากวัสดุชนิดนี้ เนื่องจากเส้นใยประเภทนี้มีความเป็นอันตรายมากหากเข้าสู่ทางระบบหายใจ จึงจำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับวัสดุผสมซีเมนต์เสริมเส้นใย (Fiber Reinforced Cement Composite) ที่มีเส้นใยเป็นตัวเสริมแรง การแบ่งประเภทของเส้นใยที่ใช้ในงานคอนกรีตหรือซีเมนต์มอร์ตาร์นั้นสามารถจำแนกได้เป็นสองกลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มของเส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic fibers) เช่น เส้นใยที่ผลิตหรือแปรรูปจากเหล็ก คาร์บอน โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol) เคพลาร์ (Kevlar) และโพลีพรอพิลีน (Polypropylene) และกลุ่มของเส้นใยธรรมชาติ (Natural Fibers) เช่น เส้นใยจากไม้ ไม้ไผ่ ใยมะพร้าว ฝ้าย หรือเส้นใยจากขนสัตว์ชนิดต่าง ๆ เส้นใยสังเคราะห์เป็นชนิดของเส้นใยที่ส่วนใหญ่ใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากเส้นใยมีกำลังดึงสูง และมีความเหนียวดีไม่เปราะ แต่อย่างไรก็ตามในการผลิตเส้นใยสังเคราะห์นั้นยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเป็นวัสดุเสริมแรงให้กับวัสดุก่อสร้างกันอย่างแพร่หลาย เช่น ฟางข้าว ทะลายปาล์ม ขุยมะพร้าว เส้นใยข้าวโพด เป็นต้น โดยเส้นใยพืชตามธรรมชาติประเภทต่าง ๆ นั้นเป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น อีกทั้งยังเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจจึงเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติช่วยเป็นวัสดุเสริมแรงในงานวัสดุก่อสร้างซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิต มีความแข็งแรง มีคุณสมบัติสมบัติเชิงกลที่ดี แต่มีความหนาแน่นต่ำ ทำให้วัสดุก่อสร้างนั้นมีน้ำหนักเบา นอกจากนี้ยังช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ตลอดจนช่วยลดปริมาณกากของเสียที่เกิดขึ้นจากภาคเกษตรกรรม

การใช้เส้นใยธรรมชาติช่วยเพิ่มความแข็งแรงในซีเมนต์มอร์ตาร์นั้นสามารถควบคุมการแตกร้าวจากการหดตัวของคอนกรีตหรือซีเมนต์มอร์ตาร์ได้ เนื่องจากเส้นใยมีขนาดเล็กจึงทำให้มีพื้นที่ผิวมากและลักษณะของพื้นที่ผิวนั้นค่อนข้างหยาบ โดยมีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางที่สูง ซึ่งทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยกับคอนกรีตหรือซีเมนต์มอร์ตาร์ดี ทำให้สามารถรับแรงดัดและมีความเหนียวที่ดีและเส้นใยไม่ขาดในขณะผสม ซึ่งโดยปกติเส้นใยธรรมชาตินั้นโครงสร้างโดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเซลลูโลสซึ่งมีความสามารถในการทนต่อต่างที่จะเกิดขึ้นในซีเมนต์เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรภายในประเทศ เพื่อใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุซีเมนต์เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศ ปัจจุบันประเทศกำลังพัฒนาหลาย ๆ ประเทศจะการเลือกใช้เส้นใยธรรมชาติในภูมิภาคของตนเอง และมุ่งพัฒนาคุณสมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ และนำเสนอเกี่ยวกับการผลิตภัณฑ์แผ่นมวลเบาประเภทอื่นมาทดแทน โดยใบบางพารานั้นว่าเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีจำนวนมากในประเทศไทย สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น และยังไม่มีมีการวิจัยอย่างแพร่หลายตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งถือว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่น่าสนใจ เนื่องจากจะมีใบบางพาราร่วงหล่นภายในสวนยางพาราเป็นจำนวนมากในช่วงฤดูกาลที่ยางพาราผลัดใบ โดยต้นยางพาราที่ปลูกในภาคใต้จะผลัดใบในช่วงต้นฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ส่วนในภาคภาคตะวันออกเฉียงเหนือต้นยางพาราจะผลัดใบในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งโดยมากเกษตรกรจะมีการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งเหล่านั้นด้วยวิธีการเผาทิ้งหรือทำเป็นเชื้อไฟ ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและยังส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและมลพิษอากาศได้นอกจากการใช้เส้นใยธรรมชาติเพื่อทดแทนแร่ใยหินในผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างแล้ว การใช้เถ้าของเสีย เช่น เถ้าลอย ( Fly ash ) เถ้าแกลบ ( Rice Husk Ash ) เถ้าชานอ้อย ( Bagasse Ash ) ซึ่งมีคุณสมบัติการเกิดปฏิกิริยาพอซโซลานิกมาทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน ถือเป็นหัวข้อการวิจัยที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง และมีการนำเถ้าดังกล่าวมาทดลองใช้ในภาคอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างอย่างแพร่หลายแล้ว เนื่องมาจากการใช้วัสดุพอซโซลาน เช่น เถ้าลอย สามารถลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์บางส่วนลงได้ และยังสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์คอนกรีตในด้านต่าง ๆ เช่น การพัฒนาความแข็งแรงด้านกำลังอัด ช่วยให้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม รวมถึงลดการแตกร้าวที่ผิวและเนื้อของผลิตภัณฑ์คอนกรีตด้วย ทั้งนี้ยังคงมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเถ้าจากวัสดุเหลือทิ้งอื่น ๆ เพื่อมาใช้

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบบางพาราและเถ้าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส

ทดแทนปูนซีเมนต์ โดยงานวิจัยของอาปีติน ดะแซสาเมาะ และคณะ ( 2554 ) พบว่า เถ้าเถ้าขี้เถ้าปารามี องค์ประกอบหลักเป็นซิลิกอนไดออกไซด์ (  $\text{SiO}_2$  ) อะลูมิเนียมออกไซด์ (  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ) เฟอร์ริกออกไซด์ (  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ) และแคลเซียมออกไซด์ (  $\text{CaO}$  ) ซึ่งเมื่อนำเถ้าเถ้าขี้เถ้าปารามาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำจะทำให้ เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานและมีคุณสมบัติเชื่อมประสานทำให้เพิ่มค่าความแข็งแรงให้กับผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การนำเถ้าเถ้าขี้เถ้าปารามาใช้ประโยชน์จะช่วยการใช้พลังงาน รวมถึงเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือทิ้ง ทางการเกษตรอีกด้วย

จากแนวคิดดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เศษเถ้าขี้เถ้าปาราและเถ้า เถ้าขี้เถ้าปาราเพื่อผลิตต้นแบบแผ่นมวลเบา ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื้นฐานในระดับ ห้องปฏิบัติการถึงความเป็นไปได้ของการใช้เศษเถ้าขี้เถ้าปาราและเถ้าเถ้าขี้เถ้าปาราเป็นวัตถุดิบและการใช้ เถ้าเถ้าขี้เถ้าปารามาเป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน จนได้เป็นต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษเถ้า เถ้าขี้เถ้าปาราที่ผลิตได้ในระดับห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้คณะผู้วิจัย พบว่า ต้นแบบดังกล่าวมีความเป็นไปได้ใน การพัฒนาไปสู่การใช้งานได้จริงในระดับภาคสนามจึงนำต้นแบบแผ่นมวลเบาที่ผลิตได้ในระดับ ห้องปฏิบัติการ ไปสู่การพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้และและปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของต้นแบบแผ่น มวลเบาให้มีความเหมาะสม โดยศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของเส้นใยเศษเถ้าขี้เถ้าปาราและเถ้าเถ้า ขี้เถ้าปาราที่ใช้ในการผลิตทั้งก่อนและหลังปรับปรุงคุณสมบัติ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ใน การผลิตแผ่นมวลเบาจากเศษเถ้าขี้เถ้าปาราในระดับภาคสนามที่มีคุณสมบัติที่สม่ำเสมอ และมีคุณสมบัติ ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดัด ค่าความต้านทานแรงอัด ค่าความหนาแน่น อยู่ในช่วงมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบ รวมถึงคุณสมบัติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าการ นำความร้อน เป็นต้น เพื่อประยุกต์ใช้ระดับภาคสนามในรูปแบบของฝักอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จาก การวิจัยให้กับชุมชนเกษตรกรชาวสวนยางพาราเพื่อสร้างองค์ความรู้ สร้างรายได้ สร้างอาชีพให้กับ ชุมชนให้สามารถพึ่งตนเอง ตลอดจนสามารถพัฒนาการผลิตในเชิงพาณิชย์และภาคอุตสาหกรรมต่อไป ในอนาคต สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรสวนยางพารา และช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและลด ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นทั้งจากภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมได้อีกด้วย

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษเถ้าขี้เถ้าปาราและเถ้าเถ้า  
ขี้เถ้าปาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเส้นใยไผ่อย่างพาราและเถาไม้่างพาราให้มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาผลิตในระดับภาคสนาม

1.2.2 เพื่อพัฒนาต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษไผ่อย่างพาราให้มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำไปใช้งานในระดับภาคสนาม

1.2.3 เพื่อฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนในการผลิตแผ่นมวลเบาจากเศษไผ่อย่างพาราในระดับภาคสนาม

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ทำการปรับปรุงคุณสมบัติเส้นใยไผ่อย่างพาราและเถาไม้่างพาราที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ โดยการให้ความร้อนเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของต้นแบบที่ได้

1.3.2 ทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษไผ่อย่างพาราที่ผลิตได้และประยุกต์ใช้ในระดับภาคสนาม

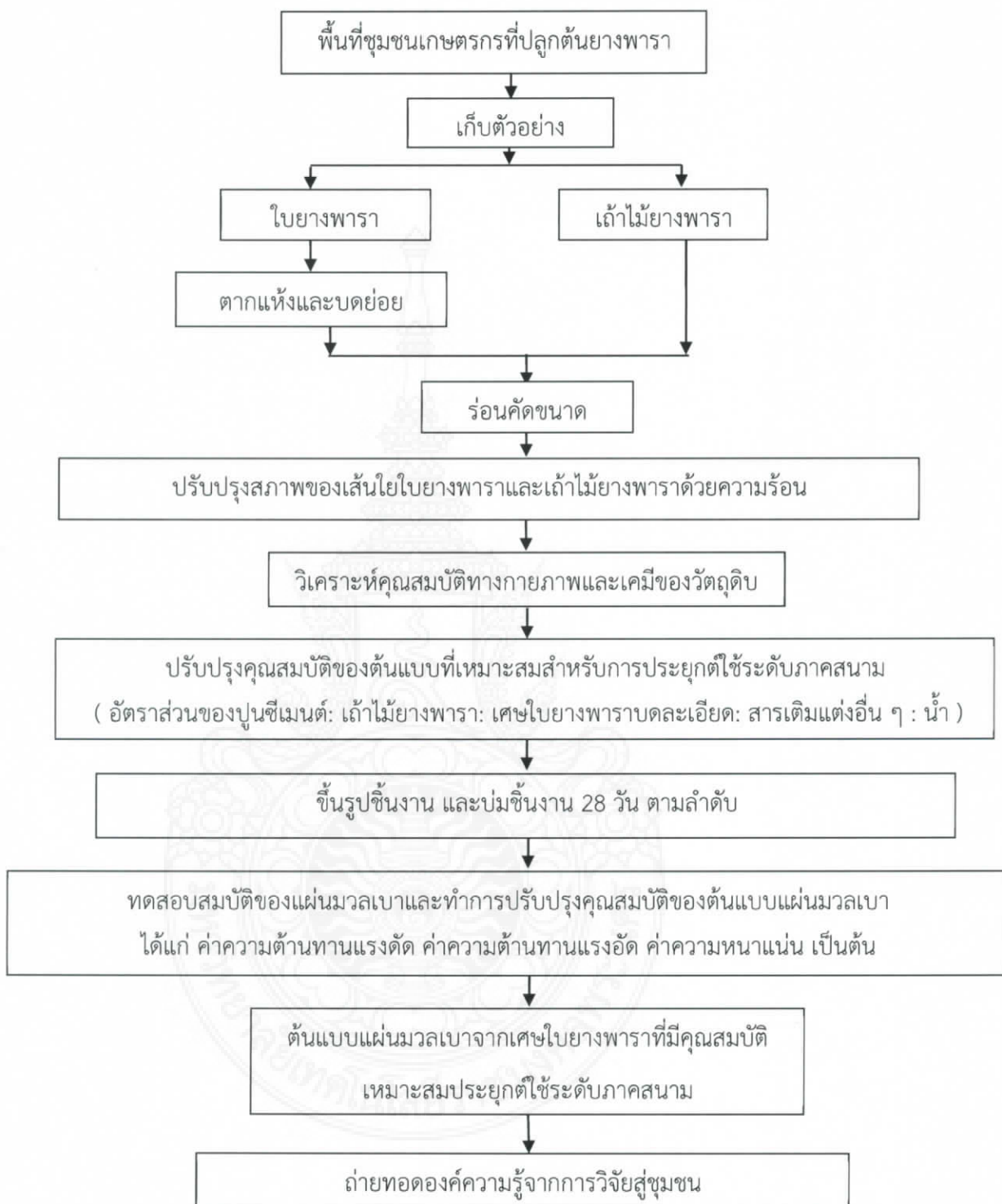
## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้องค์ความรู้และแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการนำเศษไผ่อย่างพาราและเถาไม้่างพารามาใช้ประโยชน์

1.4.2 ต้นแบบแผ่นมวลเบาที่ผลิตได้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมและสามารถประยุกต์ใช้ในระดับภาคสนาม

1.4.3 สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับเกษตรกรสวนยางพารา อำเภอกงหรา จังหวัดระยอง และประชาชนทั่วไปที่ความสนใจ

### 1.5 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

## 1.6 แผนการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินโครงการวิจัย ตั้งแต่ วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึง 30 กันยายน 2561

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินการวิจัย	พ.ศ. 2560			พ.ศ. 2561								
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ทำการศึกษาแนวคิดงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง			←					→				
2. เก็บตัวอย่าง เตรียมวัตถุดิบและศึกษาสัดส่วนและสภาวะที่เหมาะสมและปรับปรุงคุณสมบัติของเส้นใยไผ่อย่างพาราและถั่วไม่อย่างพารา				←				→				
3. พัฒนาและปรับปรุงคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษไผ่อย่างพาราที่มีความเหมาะสมนำไปใช้ในระดับภาคสนาม และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี							←			→		
4. ฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนในการผลิตแผ่นมวลเบาจากเศษไผ่อย่างพาราในระดับภาคสนาม								←				→
5. สรุป วิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผลการดำเนินงาน											←	→

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษไผ่อย่างพาราและถั่วไม่  
อย่างพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมนัส

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ต้นยางพารา ( Para Rubber Tree )

จากวิกฤติการณ์ปัญหาราคายางพาราตกต่ำในปัจจุบัน ส่งผลให้เกษตรกรชาวสวนยางพาราได้รับผลกระทบและนำไปสู่ความเดือดร้อนจากปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างมาก อีกทั้งใบยางพารามีช่วงเวลาผลัดใบทำให้เกษตรกรขาดรายได้ เนื่องจากไม่สามารถเก็บผลผลิตน้ำยางพาราในช่วงเวลาดังกล่าวได้ โดยการนำใบยางพารามาทำให้เกิดประโยชน์มากขึ้น นอกเหนือจากต้นยางที่ให้น้ำยางพาราและลำต้นที่นำมาใช้ประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรมแล้ว ส่วนใบสามารถนำมาผลิตเป็นดอกไม้ประดิษฐ์ได้อย่างสวยงาม ซึ่งใบยางพารามีคุณสมบัติเหนียวคงทนกว่าใบไม้ชนิดอื่น ๆ ที่นิยมทำดอกไม้ประดิษฐ์ เช่น ใบโพธิ์ ใบขนุน เป็นต้น และด้วยคุณสมบัติเด่นที่สำคัญของใบยางพาราที่มีความยืดหยุ่นและสามารถคืนรูปได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น ๆ ต้นยางพารานอกจากส่วนน้ำยางและลำต้นจะใช้แปรรูปได้แล้ว ส่วนใบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยคุณสมบัติของใบยางพาราที่สำคัญ คือ มีคุณสมบัติเด่นสามารถคืนรูปได้เมื่อเส้นใยใบยางพารามีความชุ่มน้ำ สำหรับข้อจำกัดช่วงการผลัดใบของยางพาราทำให้เกษตรกรชาวสวนยางพาราไม่สามารถกรีดยางได้ ส่งผลให้เกษตรกรขาดรายได้ โดยเกษตรกรสวนยางพารามีความจำเป็นต้องหยุดกรีดยางในช่วงผลัดใบ และช่วงแตกใบอ่อน สำหรับภาคใต้ต้นยางพาราจะผลัดใบในช่วงต้นฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ส่วนภาคตะวันออกนั้นต้นยางพาราจะผลัดใบในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน นอกจากนี้เกษตรกรสวนยางพารายังต้องเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้สวนยางพารา เนื่องจากเศษใบยางพาราและเศษไม้ยางพาราที่แห้งภายในสวนยางพารานั้นอาจเป็นเชื้อไฟอย่างดี โดยใบยางพาราและเศษไม้ยางพารานับว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีจำนวนมากที่ตกค้างอยู่ภายในสวนยางพาราและย่อยสลายตามธรรมชาติ ปัจจุบันหากมีใบยางพาราและเศษไม้ยางพาราเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากเกษตรกรอาจมีการจัดการโดยวิธีการเผาทิ้งหรือทำเป็นเชื้อไฟ ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและยังส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและมลพิษอากาศได้

### การจำแนกทางอนุกรมวิธาน ( Taxonomic classification )

Class : Angiospermae

Subclass : Dicotyledoneae

Order : Euphorbiales

Family : Euphorbiaceae

Genus : *Hevea*

Species : *brasiliensis*

Scientific name : *Hevea brasiliensis* Muell Arg.

Common name : Para Rubber

### 2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของใบยางพารา ( Para Rubber Leaf )

2.2.1 ใบยางพารา จัดเป็นใบประกอบ ( Compound Leaf ) แบบ palmate ในใบประกอบชุดหนึ่งของยางพารามี 3 ใบย่อย ซึ่งเรียกว่า trifoliage leaves ใบย่อยแต่ละใบจะมีก้านใบย่อย ( Petiolule ) ซึ่งมีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 0.5-2.5 ซม. แตกออกตรงส่วนปลายของ petiole ณ จุดเดียวกัน petiole ของใบยางพาราจะมีความยาวโดยเฉลี่ย 15 ซม. ( 2-70 ซม. ) การเรียงตัวของใบในฉัตรเป็นแบบเกลียว ( Spiral ) ใบที่แก่ที่สุดของกลุ่มใบย่อยคือ ใบที่ใหญ่ที่สุดและมี petiolule ยาวกว่า แผ่นใบหรือตัวใบมีขนาดแตกต่างกันออกไป โดยเฉลี่ยแล้วมีความกว้างเป็นครึ่งหนึ่งถึงหนึ่งในสามของความยาวใบ ส่วนรูปร่างของแผ่นใบนั้นพอจะแบ่งออกได้เป็น 4 แบบ คือ

2.2.1.1 elliptical type มีลักษณะปลายและโคนใบแหลม ความยาวประมาณ 3 เท่าของความกว้าง ความกว้างที่สุดจะอยู่ที่ส่วนกลาง

2.2.1.2 obovate type มีลักษณะปลายใบมนและโคนใบแหลม ส่วนกว้างที่สุดจะอยู่ที่กึ่งกลางถึงปลายใบ

2.2.1.3 ovate type มีลักษณะคล้ายรูปไข่ ส่วนที่กว้างที่สุดอยู่ระหว่างโคนใบกับกึ่งกลางใบ

2.2.1.4 diamond type ลักษณะคล้าย elliptical type แต่ขอบใบส่วนปลายและโคนใบค่อนข้างเป็นเส้นตรงลักษณะคล้ายผลึกเพชร นอกจากนี้ เส้นใบ (Vein) จะมีการแตกคล้ายแบบขนนก ( Pinnate ) โดยทั่วไปในหนึ่งใบจะมีจำนวนคู่ของเส้นใบประมาณ 20 คู่

2.2.2 ลำต้นยางพารา เป็นพวงไม้ยืนต้น ถ้าปลูกจากเมล็ดจะมีลักษณะเป็นรูปกรวย แต่ถ้าปลูกโดยใช้ต้นติดตาจะมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ความสูง 30-40 เมตร ต้นอ่อนเจริญเร็วมากทำให้เกิดช่วง

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมนัส



ปล้องยาว เมื่ออายุน้อยเปลือกสีเขียว แต่เมื่ออายุมากขึ้นสีของเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเทาอ่อน เทาดำ หรือน้ำตาล เปลือกของลำต้นยางพาราแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ

2.2.2.1 cork เป็นส่วนที่เป็นเปลือกแข็งชั้นนอกสุด

2.2.2.2 hard bark เป็นชั้นถัดเข้ามา ประกอบด้วย parenchyma cell และ disorganized sieve tube มีท่อน้ำยาง ( Latex Vessel ) ที่มีอายุมากกระจัดกระจายอย่างไม่ต่อเนื่อง

2.2.2.3 soft bark เป็นส่วนในสุดของเปลือกติดกับเนื้อเยื่อ cambium ประกอบด้วย parenchyma cell และ sieve tube มีท่อน้ำยางซึ่งเรียงขึ้นจากซ้ายไปขวาทำมุม 30-35 องศา กับแนวตั้ง ดังนั้นในการกรีดเพื่อเอาน้ำยาง จึงต้องกรีดลงจากซ้ายไปขวา เพื่อตัดท่อน้ำยางให้ได้จำนวนมากที่สุด

2.2.2.4 เปลือกของลำต้นที่ให้น้ำยางคือ hard bark และ soft bark มีความหนา รวมกัน 10-11 มิลลิเมตร น้ำยางที่ได้เป็น cytoplasm ที่อยู่ในท่อ หลังจากกรีดแล้วเปลือกจะเจริญได้เหมือนเดิมแต่จะใช้เวลาเจริญเติบโตมากกว่า 7 ปี



ภาพที่ 2.1 พื้นที่สวนยางพารา

### 2.2.3 โครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยจากสัตว์หรือเส้นใยโปรตีน เส้นใยแร่ โลหะ เส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตรเป็น  $(C_6H_{10}O_5)_x$  โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของเส้นใย ซึ่งภายในโมเลกุลของเซลลูโลสจะเกิดหน่วยโมเลกุลซ้ำ ( Repeat Units ) ยึดจับกันเป็นสายยาว หน่วยโมเลกุลซ้ำ คือ เซลลิวโลส ( Cellobiose ) เกิดจากปีต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล ( -OH ) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำหรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ ( Crystalline ) ค่อนข้างมากคือ 85-98% และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันเป็นพันธะไฮโดรเจน ( Hydrogen Bond ) เป็นระยะ ๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง จากข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ จะเห็นว่าสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตได้ ดังนั้นแนวความคิดในการนำเส้นใยธรรมชาติมาผสมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักจึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งและสมควรนำมาทำการศึกษาวิจัยอย่างจริงจัง เพื่อจะได้มีวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีและมีราคาถูกกว่าวัสดุฉนวนชนิดอื่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดต่อไป ( ผกามาศ ชูสิทธิ์ และ ภาณุเดช ชัดเงางาม, 2556 )

ในปัจจุบันผู้บริโภคที่มีความต้องการอาคารบ้านพักอาศัยที่ช่วยอนุรักษ์พลังงานได้ ทำให้วัสดุก่อสร้างประเภทฉนวนต่าง ๆ มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากมีสมบัติการป้องกันความร้อนให้กับอาคารและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานได้ด้วย โดยที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป ได้แก่ อิฐมวลเบา คอนกรีตมวลเบา ผนังมวลเบา เป็นต้น ซึ่งจะเห็นว่าวัสดุที่เป็นฉนวนเหล่านี้ มีลักษณะที่เป็นวัสดุมวลเบา เนื่องจากความพรุนตัวและฟองอากาศที่แทรกอยู่ในเนื้อวัสดุสามารถทำหน้าที่เป็นฉนวนได้ดี การทำวัสดุมวลเบาสำหรับการก่อสร้าง เช่น คอนกรีตมวลเบา ก็มักจะผลิตได้โดยนำวัตถุดิบหลัก คือ ทราย มาบดด้วยเครื่องผสมกับน้ำ และนำวัตถุดิบที่ใช้ในกรรมวิธีทำวัสดุมวลเบา ( ทราย, ปูนซีเมนต์, ยิปซั่ม ปูนขาว และผงอะลูมิเนียม ตามลำดับ ) ผสมเข้ากันตามอัตราส่วน โดยส่วนผสมหลักคือทราย และปูนซีเมนต์ ตามลำดับ ด้วยเครื่องผสม จากนั้นจึงนำทั้งหมดมาผสมกัน และจึงผสมกับบอรัลไมเนียมโดยผงอะลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยากับปูนขาวทำให้เกิดเป็นฟองอากาศของก๊าซไฮโดรเจน

## 2.3 วัสดุผสม ( Composite Materials )

วัสดุผสม ( Composite Materials ) คือวัสดุที่มีองค์ประกอบทางเคมีหรือโครงสร้าง แตกต่าง กันตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาผสมกัน ซึ่งวัสดุที่ได้จะมีสมบัติของวัสดุเริ่มต้นรวมกัน โดยทั่วไปแล้วคอมโพสิตจะประกอบด้วยวัสดุตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นเนื้อหลักหรือ เมทริกซ์ ( Matrix ) และวัสดุที่ทำหน้าที่เป็น เฟสที่กระจายตัวอยู่ ( Dispersed Phase) ในเมทริกซ์นั้น หรือเรียกว่าเป็นสารเสริมแรง ( Reinforcement Phase) การรวมตัวของสารเสริมแรงกับสารพื้น ซึ่งในบางกรณีจะถือว่าสารพื้นเป็น เสมือนกาวเชื่อมวัสดุเสริมแรงเข้าด้วยกัน และปกป้องวัสดุเสริมแรงจากผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ซึ่ง สามารถแบ่งวัสดุผสมออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.3.1 วัสดุผสมที่เป็นวัสดุเสริมแรงมีลักษณะเส้นใย ( Fibrous Composites ) ได้แก่ เส้นใยสั้น แบบสุ่ม ( Random/Short fiber ) เส้นใยยาว/เส้นใยต่อเนื่อง ( Continuous/Long Fiber ) วัสดุผสมที่เป็น วัสดุเสริมแรงมีลักษณะเป็นอนุภาค ( Particle composites) วัสดุผสมที่วัสดุเสริมแรงมีลักษณะเป็น แผ่นหรือชิ้นเล็ก ๆ ( Flake Composites ) วัสดุผสมที่เป็นวัสดุเสริมแรงเป็นสารตัวเติม ( Filler Composites )

2.3.2 องค์ประกอบของวัสดุผสม สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.3.2.1 สารพื้น คือ ส่วนประกอบของวัสดุผสม โดยทั่วไปจะมีความแข็งแรงน้อยกว่า สารเสริมแรง สารพื้นจะเป็นส่วนที่มีความต่อเนื่องและปกคลุมส่วนที่เป็นสารเสริมแรงจากสิ่งแวดล้อม ภายนอก เมื่อวัสดุผสมได้รับการกระทำภายนอกจะส่งผ่านจากสารพื้นไปสู่สารเสริมแรงซึ่งมีความ แข็งแรงสูงกว่า เป็นผลให้เกิดการรับภาระได้สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุที่เป็นสารพื้นที่ไม่มีการ เสริมแรง

2.3.2.2 ส่วนเสริมแรง คือ ส่วนประกอบที่ช่วยให้สมบัติความแข็งแรงของวัสดุผสมดีขึ้น โดยทั่วไปจะมีความแข็งแรงมากกว่าสารพื้น เป็นส่วนการรับแรงที่ส่งผ่านมาจากสารพื้น ขนาด และ รูปร่างของสารเสริมแรงเป็นตัวแปรที่สำคัญมากตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพในการเสริมแรง ซึ่ง จะทำให้วัสดุผสมมีความแข็งแรงมากขึ้น

ทั้งนี้ คุณสมบัติของวัสดุผสมขึ้นอยู่กับส่วนต่าง ๆ ได้แก่ การยึดติดระหว่างสารพื้นและสาร เสริมแรง สมบัติของสารพื้นและสารเสริมแรง ขนาดและรูปร่างของสารเสริมแรง ปริมาณสารเสริมแรง กระบวนการผลิต การจัดเรียงและการกระจายตัวของสารเสริมแรงภายในช่องว่างของวัสดุผสมเชื้อเพลิง ชีวมวล โดยวัสดุชีวมวลที่นำมาใช้ในปัจจุบันั้นก็มีหลายชนิด

## 2.4 ของเสียที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลาน ( Pozzolan )

2.4.1 วัสดุปอซโซลาน ( Pozzolan ) หมายถึง วัสดุที่ประกอบด้วยซิลิกาหรือซิลิกาผสมกับอลูมินา ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นซีเมนต์อยู่น้อยหรือไม่มีเลย แต่เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำหรือความชื้น ปอซโซลานจะทำปฏิกิริยากับปูนขาว และจะทำให้เกิดสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นซีเมนต์ ( Cementitious Material ) ซึ่งมีสมบัติในการยึดประสาน ( มาตรฐาน ASTM C618-84 ) และเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้าง ได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติในการเป็นวัสดุปอซโซลานและศักยภาพในการใช้ประโยชน์เป็นวัสดุทดแทนซีเมนต์ของของเสียเพิ่มเติมอีกหลายชนิด โดยเฉพาะเถ้าจากการเผาไหม้วัสดุชีวมวลต่าง ๆ เช่น เถ้าแกลบ ( Rice Husk Ash ) เถ้าเปลือกไม้ ( Bark Ash ) เถ้าปาล์มน้ำมัน ( Palm Oil Fuel Ash ) เถ้าขานอ้อย ( Bagasse Ash ) เถ้าขี้เลื่อยไม้จากยางพาราหรือไม้พืชมต่างประเภทต่าง ๆ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมที่ใช้ความร้อน เป็นต้น ซึ่ง ของเสียเหล่านี้มีศักยภาพในการนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์โดยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีซึ่งเป็นปอซโซลานของของเสียแต่ละชนิดเป็นหลัก และการนำของเสียที่มีคุณสมบัติปอซโซลานแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีต เช่น การพัฒนากำลังอัดและกำลังคัตของ คอนกรีต ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม และช่วยลดการแตกร้าวที่ผิวและเนื้อของคอนกรีตด้วย ของเสียที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานจะต้องมีซิลิกาหรือซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบทางเคมีในปริมาณสูงซึ่งเมื่ออบเป็นผงละเอียดจะมีความสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิปกติและเมื่อมีความชื้นแล้วเกิดเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน จึงสามารถใช้ ทดแทนซีเมนต์ได้ตาม ASTM C 618 ได้จำแนกปอซโซลานออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ได้แก่ ชั้นคุณภาพ N เป็นปอซโซลานจากธรรมชาติหรือปอซโซลานจากธรรมชาติที่ผ่าน กระบวนการเผาแล้วเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ ชั้นคุณภาพ F เป็นเถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินแอนทราไซต์ ( Anthracite ) หรือบิทูมินัส ( Bituminous ) เถ้าลอยในชั้นคุณภาพนี้มีคุณสมบัติเป็นปอซโซลาน ชั้นคุณภาพ C เป็นเถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินลิกไนต์ ( Lignite ) หรือซับบิทูมินัส ( Subbituminous ) เถ้าลอยในชั้นคุณภาพนี้นอกจากจะมีคุณสมบัติเป็นปอซโซลานแล้วยังมีคุณสมบัติ เหมือนกับปูนซีเมนต์อีกด้วย คือ สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วเกิดแรงยึดประสานได้เลย เถ้าลอยในชั้นคุณภาพนี้อาจมีปูนขาวปนอยู่มากกว่า 10%

## 2.5 พืชที่นำมาผลิตเส้นใยธรรมชาติและคุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาติ

2.5.1 พืชที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นเส้นใยธรรมชาติเพื่อนำไปใช้ประโยชน์นั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

2.5.1.1 กลุ่มที่ปลูกเพื่ออุตสาหกรรม ( Industrial Crops ) ได้แก่ ฝ้าย ปานครนารายณ์ ปอชนิดต่าง ๆ และไม้โตเร็ว

2.5.1.2 กลุ่มส่วนที่เหลือจากการทำการเกษตร ( Agricultural by-product ) ได้แก่ ฟางข้าว เปลือกข้าวโพด ชานอ้อย ใบสับปะรด ไยมะพร้าว กัลฉ่าย และธัญพืช

2.5.1.3 กลุ่มที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ( Natural Grow Crops ) ได้แก่ หญ้าแฝก หญ้าคา ต้นอ้อ และผักตบชวา

ทั้งนี้ คุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาติจะมีส่วนประกอบของเซลลูโลสซึ่งมีความทนทานต่อการย่อยสลาย มีความทนทานต่อแรงกด/บด มีความทนทานต่อสารเคมีที่เป็นด่างหรือกรดอ่อน ๆ และมีความทนต่อความร้อนต่ออุณหภูมิและความร้อน

### 2.5.2 ข้อดีของการพัฒนาเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุก่อสร้าง

2.5.2.1 เส้นใยธรรมชาติที่ไม่เป็นพิษ ( Non-Toxic Substances ) และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่เส้นใยหิน ( Asbestos ) ที่ใช้ผลิตกระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องแผ่นเรียบ และไม้ฝาเทียม เป็นวัสดุที่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ โดยเฉพาะระบบทางเดินหายใจเมื่อมีการใช้งานนาน ๆ

2.5.2.2 เป็นวัสดุที่ผลิตใช้ไม่มีวันหมดไปเหมือนแร่ธาตุตามธรรมชาติ เนื่องจากสามารถปลูกเพื่ออุตสาหกรรมและส่วนที่เหลือทิ้งจากการเกษตร รวมทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

2.5.2.3 เป็นวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ( Recycle ) ด้วยคุณสมบัติพิเศษของเส้นใย หากใช้กรรมวิธีที่เหมาะสมก็จะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ปัจจุบันมีการนำกระดาษที่ใช้แล้ว ( เยื่อกระดาษ ) นำกลับมาเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น วัสดุฉนวน แผ่นไฟเบอร์อัดแน่น เป็นต้น

2.5.2.4 ช่วยลดการเกิดปัญหาสภาวะโลกร้อน จากการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาส่วนที่เหลือใช้จากการทำเกษตรช่วงหลังเก็บเกี่ยว

2.5.2.5 มีน้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งเส้นใยธรรมชาติจะมีความแข็งแรงไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยสังเคราะห์ แต่เมื่อนำมาผลิตเป็นวัสดุผสมก็จะได้วัสดุที่มีความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง เนื่องจากมีคุณสมบัติด้านความหนาแน่นต่ำ

2.5.3 คุณสมบัติความเป็นฉนวนของเส้นใยธรรมชาติ วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติจะมีคุณสมบัติของวัสดุที่มีความเป็นฉนวน หรือมีค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุหรือการถ่ายเทความร้อน ( Heat Transfer ) ระหว่างวัตถุ สามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองด้านนั้นมีความแตกต่างกัน วัสดุที่เป็นฉนวนจะมีการแบ่งประเภทต่าง ๆ โดยการแยกตามลักษณะทางกายภาพของวัสดุ หรือแบ่งตามลักษณะคุณสมบัติของส่วนประกอบหลักที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับทำฉนวนกันความร้อน โดยสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้แก่ ประเภทที่เป็นเส้นใย ประกอบด้วยเส้นใยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก ๆ จำนวนมาก ประเภทที่เป็นช่องหรือเซลล์ โดยแต่ละช่องผลึกแยกออกจากกัน ประเภทที่วัสดุที่เป็นโพรงหรือช่องกลวงซึ่งอากาศสามารถถ่ายเทผ่านช่องเหล่านั้นได้ ประเภทที่วัสดุที่เป็นเกล็ดหรือแผ่นเล็ก ๆ และประเภทที่เป็นแผ่นบาง ๆ

ทั้งนี้ เส้นใยธรรมชาติจากส่วนที่เหลือใช้ทางการเกษตรเป็นวัสดุที่เป็นฉนวนหรือมีค่าความต้านทานความร้อนประเภทหนึ่ง ทำให้นำมาใช้เป็นส่วนผสมหนึ่งในการทำแผ่นซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติ มีประโยชน์ในการเป็นฉนวนกันความร้อนและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

## 2.6 การประยุกต์ใช้เศษวัสดุทางการเกษตรในการผลิตแผ่นผนังน้ำหนักเบา

การประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติ ( Natural Fibers ) มาใช้ประโยชน์เป็นเส้นใยเสริมแรงในวัสดุประเทศไทยมีเส้นใยธรรมชาติในท้องถิ่นจำนวนมาก ซึ่งบางชนิดเป็นเศษวัสดุทางการเกษตรและเศษวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรม เช่น เส้นใยอ่อนจากอุตสาหกรรมน้ำตาล เส้นใยมะพร้าวจากอุตสาหกรรมกะทิ ชี้อ่อนจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งเส้นใยธรรมชาตินี้สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น สามารถเกิดขึ้นเองได้ตามธรรมชาติ ซึ่งหากนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์จะช่วยลดต้นทุนการผลิต และสามารถช่วยเสริมค่าความแข็งแรงให้กับชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นต่ำและมีน้ำหนักเบา และช่วยลดปริมาณของเสียหรือขยะที่เกิดขึ้นภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมได้

ปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ผลิตแผ่นผนังน้ำหนักเบาและอิฐมวลเบาทั้งภายในประเทศและต่างประเทศจำนวนมากได้นำเสนอแนวทางการนำเส้นใยจากธรรมชาติเพื่อเป็นเป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นผนังมวลเบา เช่น ผักตบชวา ( Water Hyacinth Fiber ) ชานอ้อย ( Sugar Cane Bagasse ) เส้นใยปาล์ม ( Palm Fiber ) ไยมะพร้าว เปลือกมะพร้าวอ่อน และเปลือกทุเรียน แต่จะมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความชื้นของวัตถุดิบและชิ้นงาน ความทนทานและความแข็งแรงของชิ้นงานที่ผลิตได้

Khedari *et al.* (2001) ได้ศึกษาอัตราส่วนผสมมอร์ต้าที่เหมาะสมเพื่อทำเป็นวัสดุก่อสร้างที่กันความร้อนได้ดีขึ้น ซึ่งประกอบด้วยปูนซีเมนต์ ทราย เส้นใยกาบมะพร้าว เปลือกทุเรียน และน้ำ พบว่ามอร์ต้าที่ผสมสัดส่วนเส้นใยกาบมะพร้าวที่ความยาวเส้นใยน้อยกว่า 2 มิลลิเมตรที่ร้อยละ 20 ของปริมาณปูนซีเมนต์ และใช้ทรายขนาดเล็กกว่า 0.71 มิลลิเมตร ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมในด้านความจุความหนาแน่นที่เบากว่ามอร์ต้าทั่วไปร้อยละ 52 กำลังรับแรงอัดที่เหมาะสมจะเป็นวัสดุที่ไม่ได้รับน้ำหนักมาก ตรงตามมาตรฐาน ASTM C109 ระบุถึงการทดสอบปูนซีเมนต์มอร์ต้าด้วยการอัดก้อนคอนกรีตเหลี่ยมขนาด 2 นิ้ว (50 มม.) จนเกิดการแตกหัก ( 2 MPa ) การวิจัยเกี่ยวกับการผสมเส้นใยกาบมะพร้าวในแผ่นผนังแบบเบา และพิจารณาถึงคุณสมบัติทั้งทางกายภาพ เชิงกล และทางความร้อนของแผ่นผลิตภัณฑ์ พบว่า เส้นใยที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงความยาว 1-6 เซนติเมตร และมีการต้มและล้างเส้นใยก่อนที่จะนำไปผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำ ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์:เส้นใย:น้ำ เท่ากับ 2:1:2 ซึ่งให้คุณสมบัติทั้งสามด้านได้ดีเทียบเท่าแผ่นผนังไม้อัดตามท้องตลาด ( Flake Board ) ( Asasutjarit, 2009 ) คุณสมบัติเชิงกลที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ค่าการนำความร้อนนั้นยังคงสูงกว่าเส้นใยประเภทที่ไม่ได้ทำการล้างหรือต้ม

ค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อความแตกต่างของค่าการนำความร้อน และคุณสมบัติเชิงกล โดยที่ความหนาแน่นสูงกว่าจะมีความแข็งแรงมากกว่า ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่า อันเนื่องมาจากช่องว่างอากาศในตัวชิ้นงานมีมากกว่า ส่วนในต่างประเทศที่มีลักษณะภูมิอากาศร้อนชื้นคล้ายกับประเทศไทย เช่น ประเทศอินเดียนั้นมีการทำวิจัยในด้านนี้ โดยการผลิตซีเมนต์มอร์ต้าแผ่นเรียบที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวในสัดส่วนการผสมร้อยละ 2 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และใช้ความยาวเส้นใยเท่ากับ 2 เซนติเมตร มีความสามารถในการสามารถรับแรงอัดได้ดีที่สุด นอกจากนี้มีงานวิจัยอีกเป็นจำนวนมากที่ใช้ส่วนผสมจากกากเยื่อปาล์มนั้น

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถาไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส

เป็นอีกหนึ่งเส้นใยที่มีคุณสมบัติพื้นฐานของเส้นใยและความเป็นไปได้ด้านอื่น ๆ ใกล้เคียงกับเส้นใยกามะพร้าว แต่มีผู้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับเส้นใยประเภทนี้ภายในประเทศไทยน้อย ในประเทศอื่นที่มีศักยภาพในการปลูกปาล์มน้ำมันนั้นได้มีการคำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากกากของเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันในหลายรูปแบบ เช่น การเผาทำเชื้อเพลิง เป็นต้น โดยความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยปาล์มมาเป็นวัสดุผสมในงานคอนกรีตนั้น พบว่า เส้นใยจากฝักรอบทะเลายให้ผลที่เหมาะสมที่สุดในเชิงกลของวัสดุก่อสร้าง โดยผสมในสัดส่วนร้อยละ 2-3 โดยปริมาตร และความยาวเส้นใยในช่วง 1.5-6 เซนติเมตร ซึ่งสามารถพัฒนากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตในช่วงหลังจากเกิดการแตกร้าว ( Crack ) ได้ (Abdullah *et al.*, 2011)

จากการวิจัยได้นำเสนอถึงสภาพเส้นใยที่มีสภาพอิมมัตวด้วยน้ำนั้นจะให้ผลในด้านความแข็งแรงและความทนทานได้ดีกว่าเส้นใยที่มีสภาพแห้ง เนื่องจากเส้นใยจะไม่ดูดซึมน้ำในส่วนผสมซีเมนต์ การใช้เส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าว และเส้นใยปาล์ม เป็นส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติเชิงกลเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนาแน่นลดลง ซึ่งส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดต่ำลงด้วย จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อน และช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นกระเบื้องหลังคาในตลาดปัจจุบัน แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติทั้งสองชนิด มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญดังนั้นหากนำวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์นี้ไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ก่อสร้างสำหรับอาคารพักอาศัยที่ใช้ระบบปรับอากาศจะส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศได้ ( P. Lertwattanaruk and A. Suntijitto, 2012 ) เส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มก่อนการปรับสภาพ มีลักษณะผิวขรุขระและไม่สม่ำเสมอ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสิ่งเจือปนต่าง ๆ บนอนุภาคของเส้นใยและหลังผ่านการปรับสภาพด้วยการล้างและต้มสิ่งเจือปนต่าง ๆ บนเส้นใยจึงมีปริมาณลดลง เส้นใยทั้งสองจึงมีลักษณะผิวเรียบและสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดช่องว่างภายในอนุภาคเพิ่มมากขึ้น และมีความหนาแน่นลดลง ( Asasutjarit *et al.*, 2009 ) การล้างและการต้มเป็นการกำจัดสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำบางส่วนออกจากเส้นใย และนำไปสู่การเพิ่มปริมาณช่องว่างและพื้นที่ผิวของอนุภาคและเพิ่มความสามารถในการดูดซับความชื้น ซึ่งส่งผลให้สารประกอบทางเคมีและปูนซีเมนต์สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้นและเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะของซีเมนต์และเส้นใย ( Delvasto *et al.*, 2010 )

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถาไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมนัส



Alvira et al. ( 2010 ) ได้รวบรวมข้อมูลกระบวนการปรับสภาพวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลสที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

การปรับสภาพทางกายภาพ ( Physical Pretreatment ) เป็นการปรับสภาพเส้นใยโดยใช้เครื่องมือสับหรือบดเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและลดขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ โดยส่วนใหญ่วิธีนี้จะใช้ร่วมกับการปรับสภาพด้วยวิธีอื่น ๆ

การปรับสภาพทางกายภาพร่วมกับเคมี ( Physicochemical Pretreatment ) เป็นการปรับสภาพโดยการบดวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลงแล้วนำไปปรับสภาพด้วยวิธีอื่น ๆ ได้แก่ การระเบิดด้วยไอน้ำ เป็นต้น

สำหรับการบดและการโม่ปั่นจะช่วยลดขนาดของเซลลูโลสแต่จะมีข้อจำกัดเนื่องจากใช้พลังงานในการบดและโม่สูง ส่วนการระเบิดด้วยไอน้ำจะสามารถทำให้ลิกนินเปลี่ยนรูปและย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสได้ดีมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและให้ผลผลิตของน้ำตาลกลูโคสและเฮมิเซลลูโลสสูง แต่จะมีข้อจำกัดซึ่งอาจจะมีองค์ประกอบของสารอื่น ๆ ที่เป็นสารพิษเจือปนออกมาได้

### บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

##### 3.1.1 การเตรียมใบยางพาราและการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยใบยางพารา

เก็บตัวอย่างใบยางพารา และเถ่าไม้ยางพาราจากพื้นที่สวนยางพารา และอบเศษใบยางพาราให้แห้งและบดย่อย และต้มใบยางพาราด้วยอุณหภูมิ 100 °C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนที่ติดอยู่บนใบยางพารา



ภาพที่ 3.1 ใบยางพารา



ภาพที่ 3.2 การคัดขนาดไຍางพารา



ภาพที่ 3.3 ไຍางพาราที่บดย่อยและคัดขนาด

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษไຍางพาราและถั่วไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส

---

### 3.1.2 การเตรียมเถ้าไม้ยางพารา



ภาพที่ 3.4 เถ้าไม้ยางพารา



ภาพที่ 3.5 การร่อนคัดขนาดเถ้าไม้ยางพารา

นำเถ้าไม้ยางพารานำมาร่อนคัดขนาด และหากเถ้าไม้ยางพารามีความชื้นหรือมีการเกาะตัวเป็นก้อนจะต้องนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และบดเถ้าไม้ยางพาราให้มีขนาดของอนุภาคละเอียดประมาณ 5-10 ไมครอน

### 3.1.3 การขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบ

ซีเมนต์ที่ใช้เป็นซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement, OPC) ซึ่งตามมาตรฐานอุตสาหกรรม และใช้แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพารา 2 ขนาด คือ แม่พิมพ์ขนาดความกว้าง 5 ซม. x ความยาว 5 ซม. x ความสูง 5 ซม. และแม่พิมพ์ขนาดความกว้าง 6.5 ซม. x ความยาว 14.5 ซม. x ความสูง 4 ซม.



แม่พิมพ์ขนาดความกว้าง 5 ซม. x ความยาว 5 ซม. x ความสูง 5 ซม.



แม่พิมพ์ขนาดความกว้าง 6.5 ซม. x ความยาว 14.5 ซม. x ความสูง 4 ซม.

ภาพที่ 3.6 แม่พิมพ์สำหรับใช้ขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบ

### 3.2 การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตฯ

การศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราที่เหมาะสมนำไปประยุกต์ใช้ในระดับภาคสนามนั้นได้ เตรียมอัตราส่วนของปูนซีเมนต์: ไม้ยางพารา: เศษใบยางพาราบดละเอียด: น้ำ โดยแบ่งอัตราส่วน รายละเอียดดัง ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วัตถุดิบที่ใช้สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและไม้ยางพารา

ปูนซีเมนต์ (%)	ใบยางพารา(%)	น้ำ (%)	โพล (ซม.)
65	1	34	24
64	2	34	23
62	4	34	16
60	6	34	12

### 3.3 การทดสอบคุณสมบัติ

การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของเส้นใยจากเศษใบยางพาราและไม้ยางพารา และการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นมวลเบาและทำการปรับปรุงพัฒนาส่วนผสมและสภาวะการทดลอง เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง ต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและไม้ยางพารา ของชิ้นงานขึ้นรูปที่ใช้ในการทดสอบและบ่มชิ้นงาน 28 วัน โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน ขนาดและค่าความหนาแน่น ค่าความแข็งแรง ค่าความต้านทานแรงอัดและค่าความต้านทานแรงดัด

#### 3.3.1 การทดสอบความหนาแน่น

1. อบชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ชั่งน้ำหนักของชิ้นงานหลังอบ บันทึกค่าที่ได้
3. นำชิ้นงานแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกค่าที่ขณะชิ้นงานอยู่ในน้ำ
4. นำชิ้นงานที่แช่น้ำแล้วซับให้แห้ง และชั่งน้ำหนักแบบเปียก บันทึกค่าที่ได้

นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาคำนวณหาความหนาแน่นด้วยสูตร

$$D = \frac{m_1}{m_2 - m_3}$$

โดย D = ความหนาแน่น

$m_1$  = น้ำหนักหลังอบแห้ง 24 ชั่วโมง

$m_2$  = น้ำหนักหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

$m_3$  = น้ำหนักขณะขึ้นงานแช่น้ำ

### 3.3.2 การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ

1. อบชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ชั่งน้ำหนักของชิ้นงานหลังอบ จดบันทึกค่าที่ได้
3. หลังจากนั้นทำการแช่ตัวอย่างในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างขึ้นจากน้ำใช้ผ้าสะอาดซับน้ำที่ผิวของตัวอย่าง และทำการชั่งอีกครั้ง จดบันทึกค่าที่ได้

$$\% \text{ การดูดซึมน้ำ} = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100$$

โดย  $w_1$  = น้ำหนักของวัสดุที่อบแห้ง (กิโลกรัม)

$w_2$  = น้ำหนักของวัสดุเปียก (กิโลกรัม)



รูปภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานต้นแบบฯ

### 3.3.3 การทดสอบค่าความต้านแรงอัด

หลังจากปมตัวอย่างตามระยะเวลาที่กำหนดแล้ว นำตัวอย่างมาทดสอบค่าความต้านแรงอัดโดยการนำไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)



ภาพที่ 3.8 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)

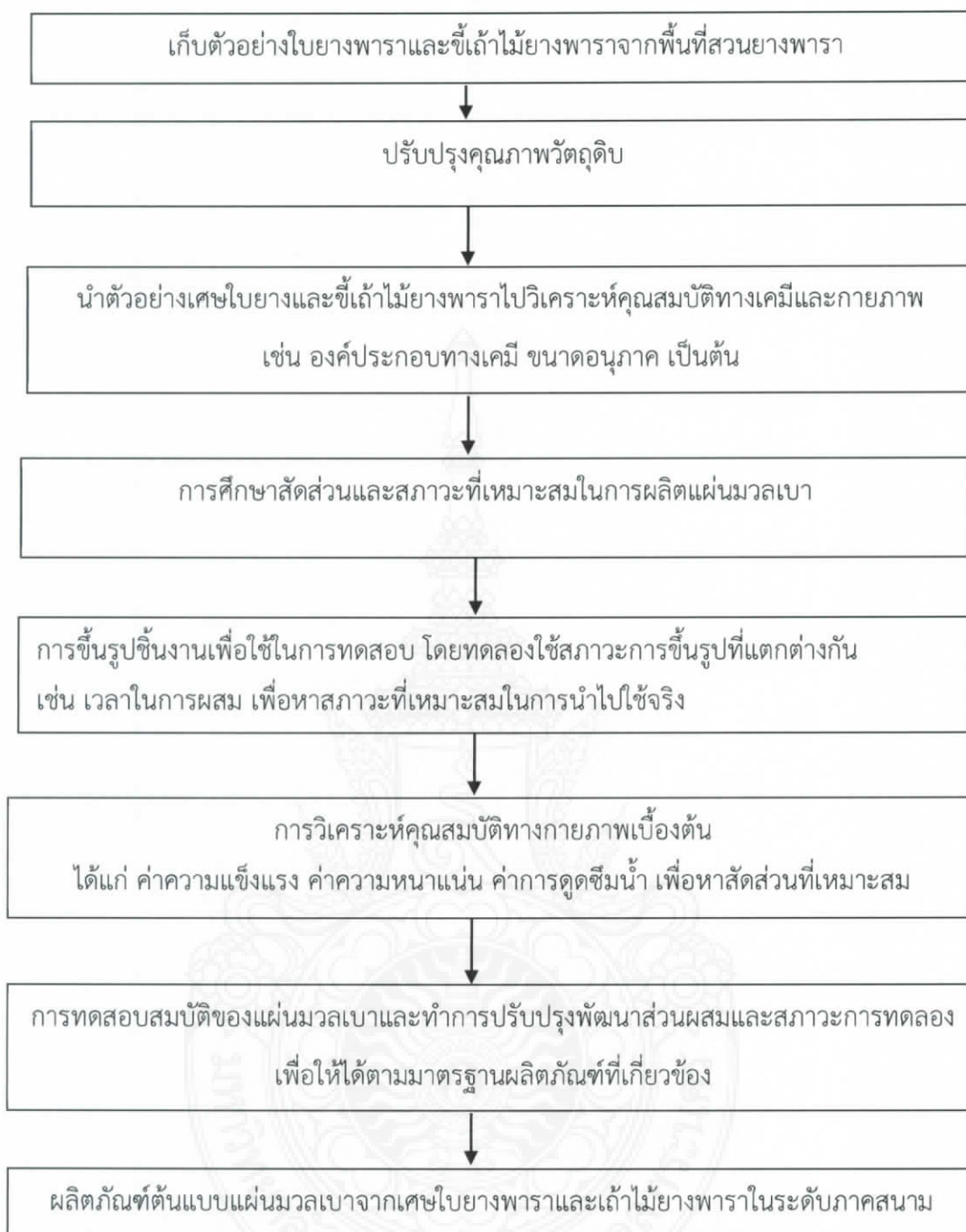


### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

บันทึกข้อมูลสัดส่วนและสภาวะที่เหมาะสมและสมบัติต่าง ๆ ของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถาไม้ยางพาราที่สัดส่วนการผสมต่าง ๆ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB (matrix laboratory) 2015B

### 3.5 ฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนในการผลิตแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราในระดับภาคสนาม

การจัดโครงการถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนนี้ขอความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน ณ ศูนย์การเรียนรู้ของชุมชนและผู้สูงอายุบ้านจำรุง กำหนดการจัดโครงการฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนในการผลิตแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราในระดับภาคสนาม ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2561 ณ ศูนย์การเรียนรู้ของชุมชนและผู้สูงอายุบ้านจำรุง ตำบลเนินฆ้อ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ทั้งนี้ ภาพรวมแสดงขั้นตอนดำเนินการวิจัยสามารถสรุปได้ดังแผนภาพที่ 3.10



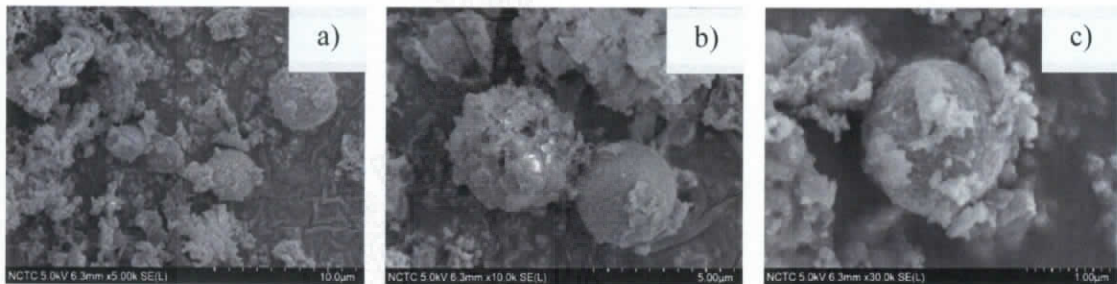
ภาพที่ 3.9 ภาพรวมแสดงขั้นตอนดำเนินการวิจัย

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของเถ้าไม้ยางพารา

การเตรียมเถ้าไม้ยางพาราเพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานของเถ้าไม้ยางพาราด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (SEM) ดังภาพที่ 4.1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) ที่มีกำลังขยายเท่ากับ  $\times 5,000$   $\times 10,000$  และ  $\times 30,000$  ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเถ้าไม้ยางพาราที่ใช้เพื่อการผลิตต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้ยางพารา



กำลังขยาย  $\times 5,000$

กำลังขยาย  $\times 10,000$

กำลังขยาย  $\times 30,000$

ภาพที่ 4.1 แสดงโครงสร้างจุลภาคของเถ้าไม้ยางพาราที่ทดสอบด้วยเครื่อง SEM

องค์ประกอบทางเคมีเถ้าไม้ยางพาราประกอบด้วย  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45.9%, 17.2%, 11.9%, 6.53%, 5.69%, 3.82% 1.03%, 0.18%, 4.09% ตามลำดับ และมี  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Cl}$ , และ  $\text{Na}_2\text{O}$  เป็นองค์ประกอบเล็กน้อย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.2%, 0.53% และ 0.15% ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1 ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของดนูพลและคณะ (2555) ซึ่งพบว่า เถ้าไม้ยางพาราจะมี  $\text{CaO}$  เป็นองค์ประกอบมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ แต่มีปริมาณ  $\text{CaO}$  น้อยกว่าซีเมนต์ที่มีขายตามท้องตลาด โดยสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของซีเมนต์และเถ้าไม้ยางพาราได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางเคมีของเถ้าไม้ยางพารา

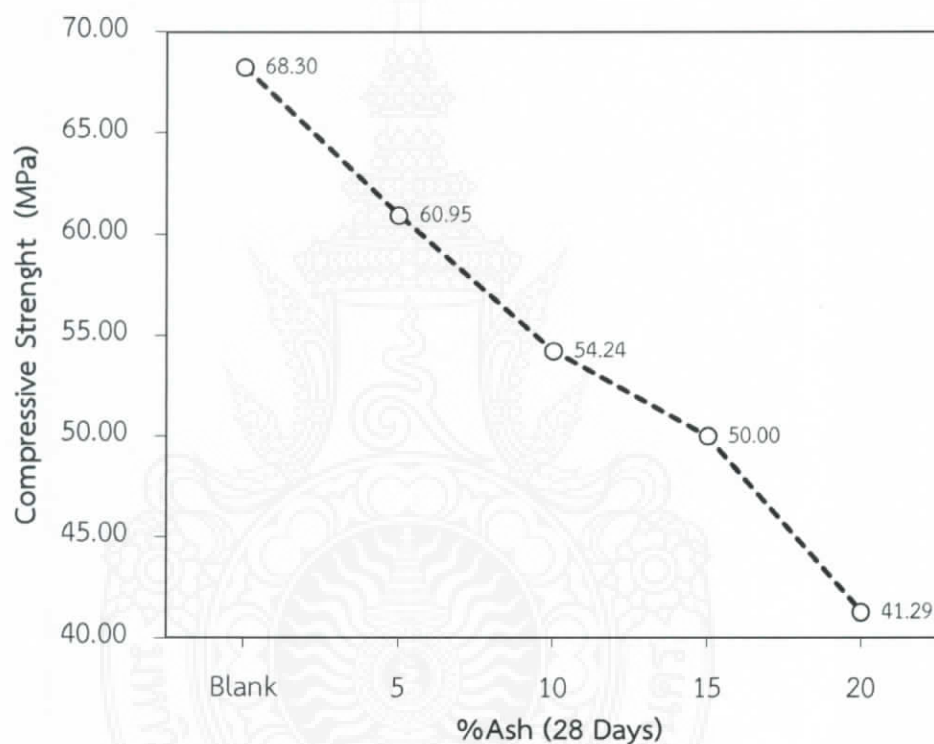
องค์ประกอบทางเคมี (%)	เถ้าไม้ยางพารา
CaO	45.9
SiO <sub>2</sub>	17.2
SO <sub>3</sub>	11.9
K <sub>2</sub> O	6.53
MgO	5.69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.82
Fe <sub>2</sub> O	1.03
MnO	0.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.09
TiO <sub>2</sub>	1.2
Cl	0.53
Na <sub>2</sub> O	0.15

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของซีเมนต์และเถ้าไม้ยางพารา

องค์ประกอบเคมี	สัญลักษณ์	ร้อยละโดยน้ำหนักของซีเมนต์	ร้อยละโดยน้ำหนักของเถ้าไม้ยางพารา
CaO	C	60 – 67	45.9
SiO <sub>2</sub>	S	17 – 25	17.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	3 – 8	4.09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	0.5 - 6.0	-
MgO	M	0.1 - 4.0	5.69
Na <sub>2</sub> O	N	0.1 - 1.8	0.15
K <sub>2</sub> O	K	0.1 - 1.8	6.53
SO <sub>3</sub>	S	0.5 - 3.0	11.9

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส

การศึกษาปริมาณของเถ้าไม้ยางพาราที่สามารถแทนที่ปูนซีเมนต์ในชิ้นงานต้นแบบสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.2 โดยแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงอัดของต้นแบบที่ผสมเถ้าไม้ยางพารา 5, 10, 15 และ 20 % ( ระยะเวลาบ่ม 28 วัน ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความต้านทานแรงอัดของซีเมนต์ที่ใช้เป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement, OPC) แสดงให้เห็นว่า ค่าความต้านทานแรงอัดของชิ้นงานต้นแบบฯ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าไม้ยางพาราเป็นส่วนผสม โดยเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าไม้ยางพารา 5 % จะทำให้ชิ้นงานต้นแบบฯ มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุดเท่ากับ 60.95 MPa แต่หากผสมปริมาณเถ้าไม้ยางพารามากถึง 25% จะทำให้ชิ้นงานต้นแบบฯ มีค่าความแข็งแรงลดลง โดยมีค่าความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 41.29 MPa



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงอัดของต้นแบบฯ ที่ผสมเถ้าไม้ยางพารา 5, 10, 15 และ 20 % ( ระยะเวลาบ่ม 28 วัน )

#### 4.2 คุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใยยางพาราและเถ้าไม้ยางพารา

จากการทดสอบตัวอย่างของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใยยางพาราและเถ้าไม้ยางพาราเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ การทดสอบค่าความต้านแรงอัด ( Compressive Strength ) การทดสอบค่าความต้านแรงดัด ( Bending Strength ) การทดสอบค่าความหนาแน่น ( Density ) การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ ( Water Absorption )

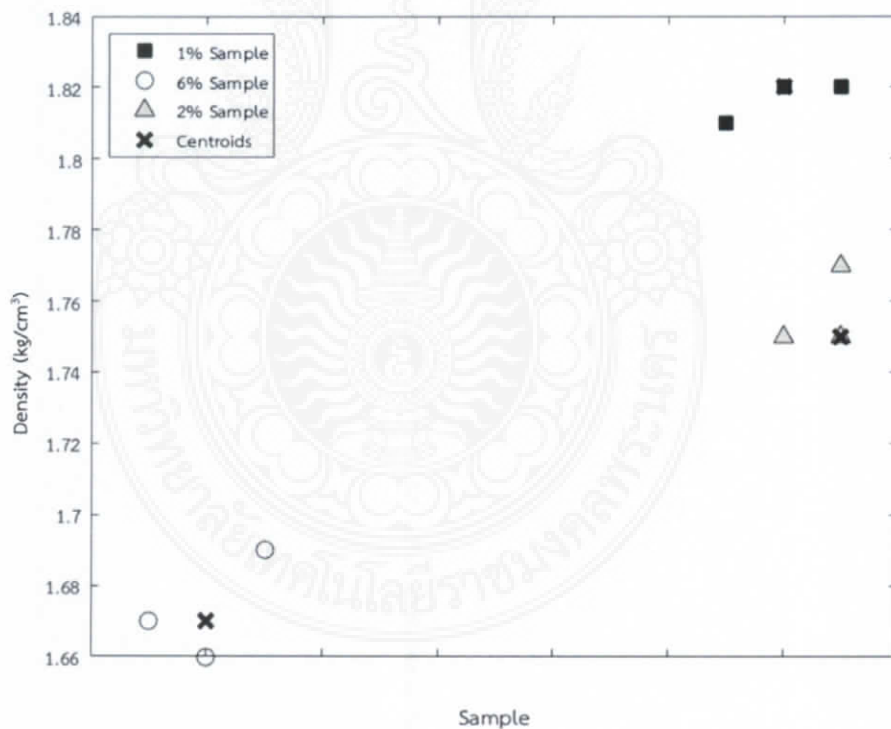
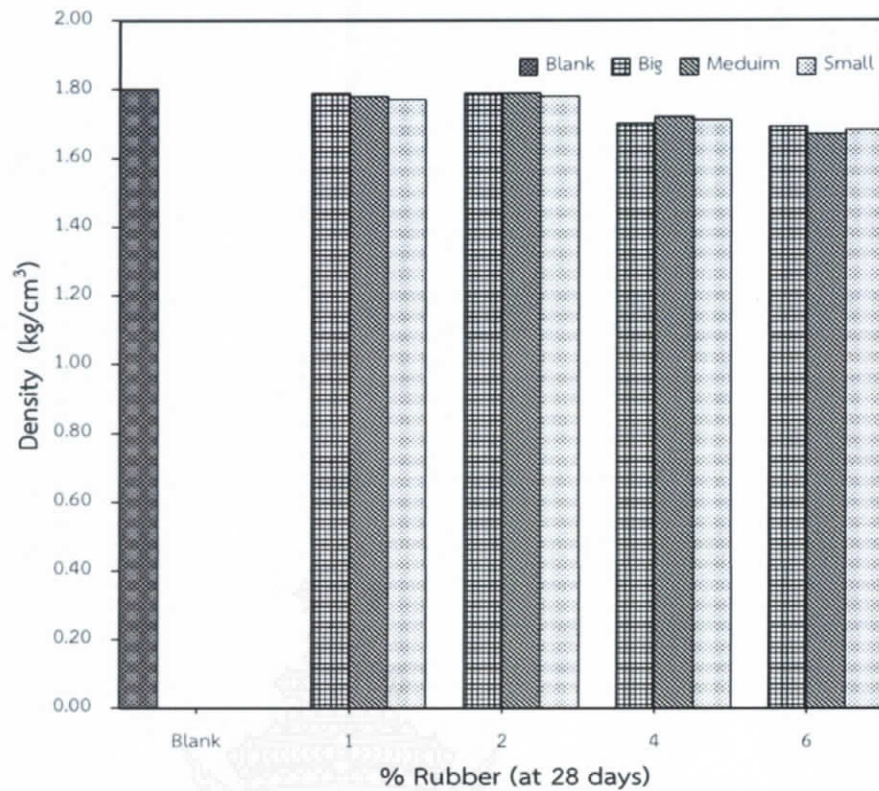
ค่าความต้านทานแรงอัดของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใยยางพาราและเถ้าไม้ยางพารา โดยเปรียบเทียบกับค่าความต้านทานแรงอัดที่ได้จาก OPC พบว่า เมื่อเพิ่มเส้นใยยางพารา 6% จะส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงอัดต่ำที่สุด ซึ่งต่ำกว่าแผ่นมวลเบาที่ไม่ผสมเส้นใยยางพารา เนื่องจากเส้นใยยางพาราซึ่งเป็นเซลลูโลสระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันเป็นสายพันธะไฮโดรเจนทำให้เส้นใยมีความเหนียวและแข็งแรง แต่การเพิ่มเส้นใยยางพาราปริมาณ 6% นั้นจะทำให้ได้ชิ้นงานต้นแบบฯ ที่มีน้ำหนักเบา ซึ่งถ้าเพิ่มปริมาณของเส้นใยยางพาราในปริมาณมากเกินไปจะทำให้ปูนซีเมนต์มีความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลลดลงจึงส่งผลให้แผ่นมวลเบาที่ 6% มีความสามารถในการต้านทานแรงอัดลดลง

การใช้เส้นใยยางพาราเป็นส่วนผสมในปริมาณมากจะทำให้แนวโน้มความหนาแน่นของต้นแบบแผ่นมวลเบาที่มีค่าความหนาแน่นลดลง เนื่องจากเส้นใยยางพารามีลักษณะผิวที่ขรุขระ มีลักษณะเป็นเส้นใยซึ่งมีรูพรุนส่งผลให้อากาศเข้าไปแทนที่ในบริเวณดังกล่าวจึงทำให้ค่าความหนาแน่นของชิ้นงานต้นแบบฯ ที่ได้มีค่าลดลง นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณเส้นใยจะส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้นใยยางพาราเป็นเซลลูโลส ซึ่งเซลลูโลสนั้นเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่เกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่ และในโมเลกุลของเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมาก ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิลเหล่านี้จะทำหน้าที่ดูดซึมน้ำ หรือทำปฏิกิริยากับธาตุชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้เส้นใยยางพาราจะทำให้เกิดรูพรุนในแผ่นมวลเบาเพิ่มขึ้นจึงทำให้แผ่นมวลเบาที่ผสมใยยางพาราในปริมาณมากมีค่าการดูดซึมน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย



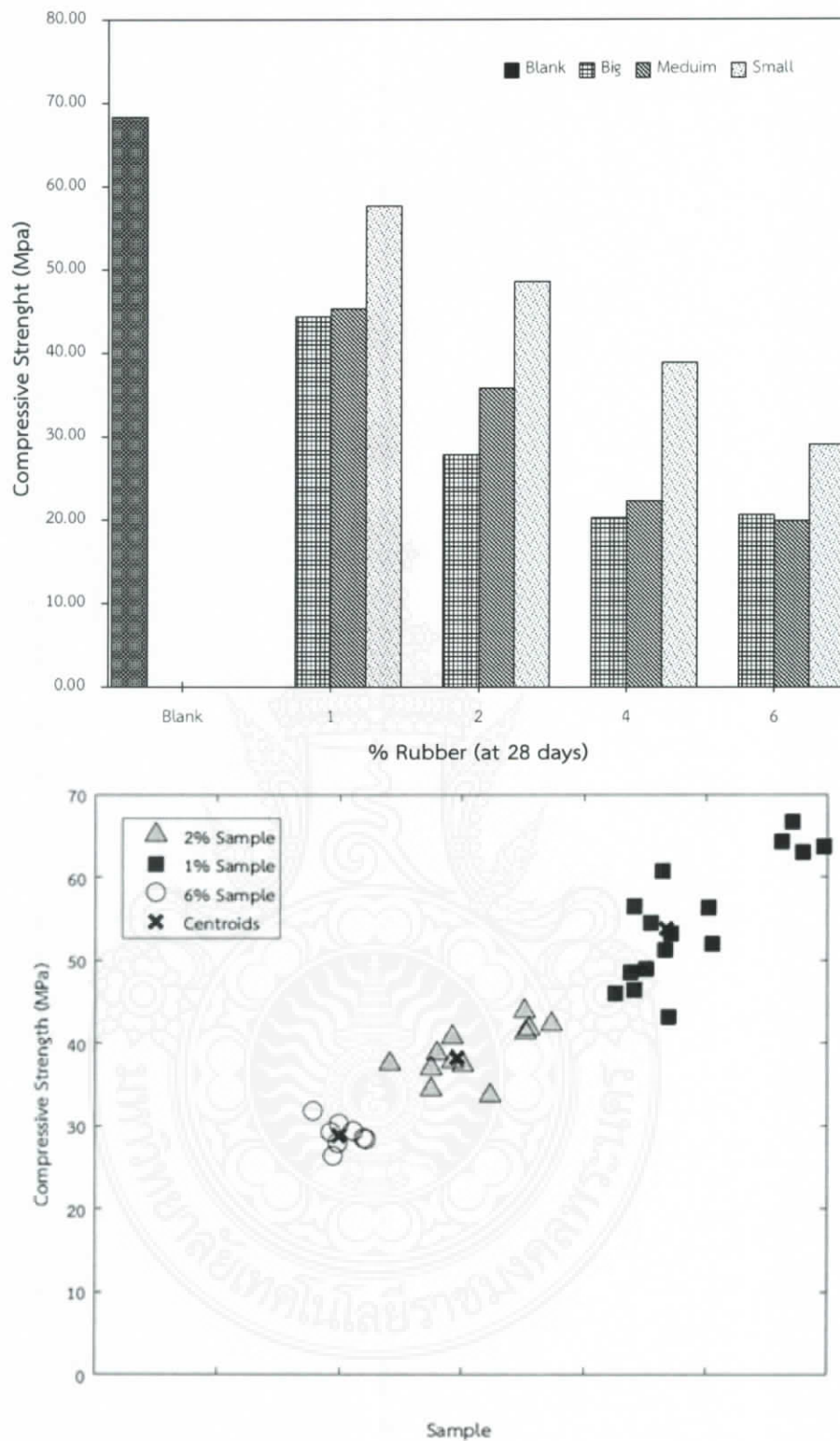
ภาพที่ 4.3 ลักษณะของตัวอย่างวัสดุผสมปูนซีเมนต์ เถ้าไม้ยางพารา เศษใบยางพารา และน้ำ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
 โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
 ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมันัส



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพารา และเถาไม้ยางพารา ( บ่มที่ 28 วัน )





ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพารา และเถาไม้ยางพารา ( บ่มที่ 28 วัน )

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
 โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถาไม้  
 ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมนัส

เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับขนาดของเศษใยพาราที่ผสมลงในชิ้นงานต้นแบบฯ จะพบว่า ขนาดของใยพาราจะมีผลต่อค่าความต้านทานแรงอัดของชิ้นงานต้นแบบฯ เนื่องจาก เศษใยพาราขนาดเล็กที่ผสมลงในชิ้นงานต้นแบบฯ นั้น จะส่งผลให้ชิ้นงานต้นแบบมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุดในขณะเดียวกันชิ้นงานต้นแบบฯ ที่ผสมเศษใยพาราขนาดกลางและขนาดใหญ่ให้ค่าความต้านทานแรงอัดใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่า การผสมเศษใยพาราปริมาณ 1% จะส่งผลให้ชิ้นงานต้นแบบมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด รองลงมาคือ 2%, 4%, และ 6% ตามลำดับ

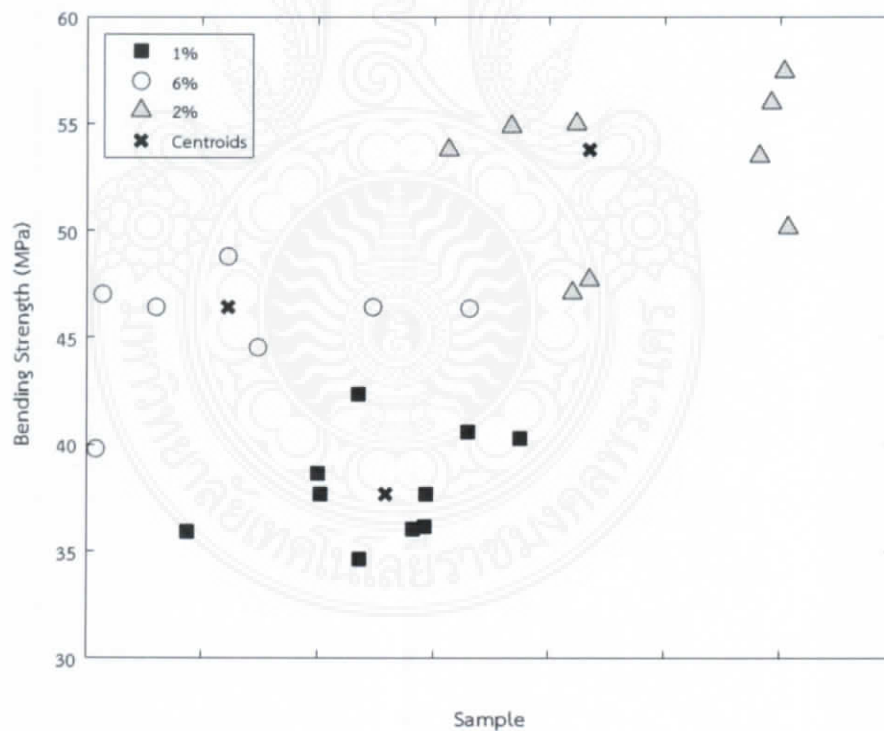
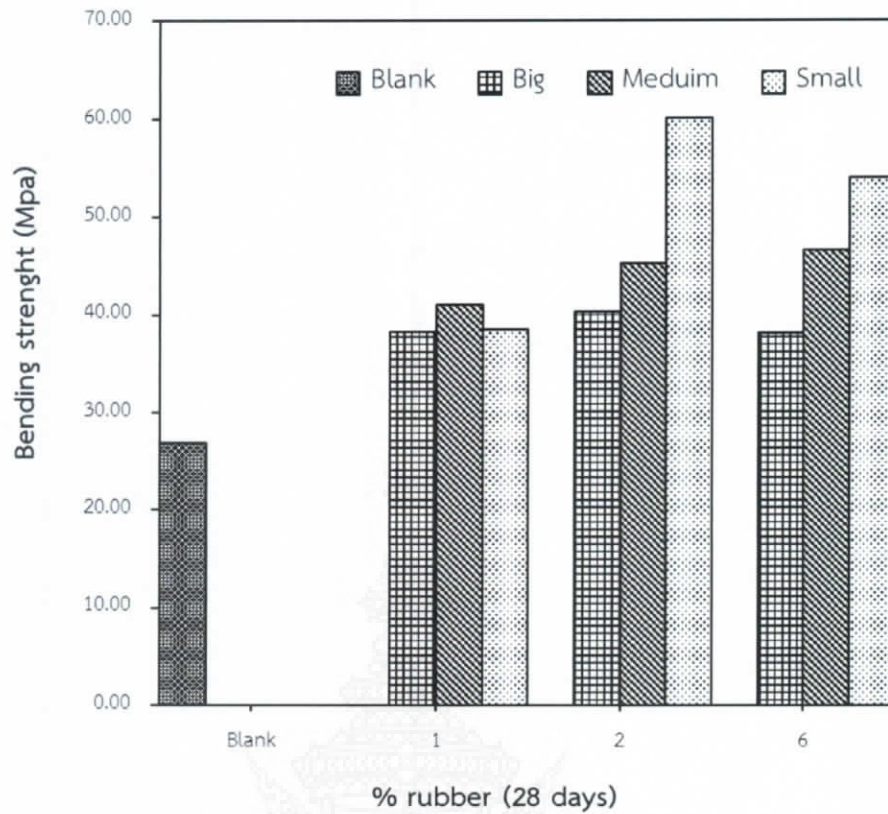
ปริมาณเส้นใยพาราที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์นั้นจะมีผลกระทบต่อค่าความต้านทานแรงดัดของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใยพาราและเส้นใยพารา ซึ่งถ้าเพิ่มปริมาณเส้นใยพาราจะส่งผลให้ตัวอย่างที่ทดสอบมีความสามารถในการต้านทานแรงดัดลดลงและมีความเปราะของชิ้นงานต้นแบบเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของดนูพลและคณะ ( 2555 ) โดยเส้นใยพาราซึ่งเป็นของเสียนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุพอสโซซิลานธรรมชาติได้

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดัดของชิ้นงานต้นแบบฯ ที่ผสมเศษใยพาราขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก มีค่าเท่ากับ  $38.21 \pm 6.49$  MPa,  $41.07 \pm 8.59$  MPa และ  $38.50 \pm 4.87$  ตามลำดับ จากค่าความแข็งแรงที่ได้แสดงให้เห็นว่า ขนาดของเส้นใยพาราในปริมาณ 1% เท่ากัน ไม่ส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดของชิ้นงานต้นแบบฯ ดังภาพที่ 4.6 แต่การใช้วัสดุผสมเส้นใยพาราขนาดกลางให้ค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด ในขณะที่เส้นใยพาราขนาดเล็กและขนาดใหญ่ให้ค่าความต้านทานแรงดัดที่ต่ำกว่าเส้นใยพาราขนาดกลาง

ความหนาแน่นของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใยพาราและเส้นใยพารา ลักษณะของเส้นใยพารามีการกระจายทั่วทั้งตัวอย่าง และสามารถแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของปูนซีเมนต์ซึ่งมีปริมาณเพียงพอในการยึดประสานกับมวลรวม ทั้งนี้ความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานแรงอัดกับเศษใยพารา มีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน คือ การผสมเศษใยพาราในปริมาณน้อย จะทำให้ความแข็งแรงแบบอัดมีค่าสูง ในทางกลับกันถ้าผสมเศษใยพาราในปริมาณมากเกินไป จะทำให้ความแข็งแรงแบบอัดมีค่าต่ำ เนื่องจากส่วนผสมยึดเกาะกันไม่ดีและปูนซีเมนต์ไม่สามารถหุ้มเศษใยพาราได้ทั้งหมดทำให้เกิดช่องว่างหรือโพรงอากาศภายในชิ้นงานต้นแบบ

นอกจากนี้การวิเคราะห์ค่าการดูดซึมน้ำของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและ  
เถาไม้ยางพาราที่มีขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ พบว่า ใบยางพาราทั้ง 3 ขนาดให้ผลการ  
วิเคราะห์ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานต้นแบบฯ ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ค่าการดูดซึมน้ำของ  
ชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเศษใบยางพาราเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้น และค่าการดูดซึมน้ำของ  
เศษใบยางพาราเป็นส่วนผสมในปริมาณน้อย 1% ซึ่งตามมาตรฐานได้กำหนดเกณฑ์ค่าการดูดซึมน้ำของ  
อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักแต่ละก้อนจะต้องมีค่าไม่สูงกว่า 25 % ( มอก. 58-2533 )





ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดัดของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพารา ( 1%, 2%, 6% ) และเถ้าไม้ยางพารา ( ระยะเวลาบ่ม 28 วัน )

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส

#### 4.3 โครงการฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน

การจัดกิจกรรมโครงการฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน ในการพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม ได้จัดขึ้นในวันเสาร์ที่ 24 กุมภาพันธ์ 2561 ณ ศูนย์การเรียนรู้ของชุมชนและผู้สูงอายุ บ้านจำรุง หมู่ที่ 7 ต.เนินซ้อ อ.แกลง จ.ระยอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนให้สามารถนำเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพาราที่หาได้ง่ายและมีอยู่เป็นจำนวนมากในพื้นที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพิ่มมูลค่าและพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน ซึ่งรูปแบบของการจัดกิจกรรมแบ่งเป็นสองลักษณะคือ การบรรยายให้ความรู้ การสาธิตและการฝึกปฏิบัติ โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของชุมชน



ภาพที่ 4.7 ผู้เข้าร่วมโครงการฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนในการผลิตแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราในระดับภาคสนาม

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส



ภาพที่ 4.8 การฝึกปฏิบัติในระดับภาคสนามและการขึ้นรูปชิ้นงาน

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและถั่วไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส

---

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าขนาดของใบยางพาราจะมีผลต่อค่าความต้านทานแรงอัดของชิ้นงานต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพารา เนื่องจากเศษใบยางพาราขนาดเล็กที่ผสมลงในชิ้นงานต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพารานั้นจะส่งผลให้ชิ้นงานต้นแบบมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด ในขณะที่เดียวกันชิ้นงานต้นแบบต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพาราที่ผสมเศษใบยางพาราขนาดกลางและขนาดใหญ่ให้ค่าความต้านทานแรงอัดใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่า การผสมเศษใบยางพาราปริมาณ 1% จะส่งผลให้ชิ้นงานต้นแบบมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด โดยต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพาราแต่ละก้อนนั้นควรมีค่าความต้านทานแรงอัดไม่ต่ำกว่า 2.0 MPa ตรงตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 58-2533 ของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งค่าความต้านทานแรงอัดของชิ้นงานต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพาราที่ใช้เศษใบยางพารา 1%, 2%, 4% และ 6 % มีค่าไม่ต่ำกว่า 2.0 MPa เนื่องจากวัสดุผสมมีอัตราส่วนที่เหมาะสมทำให้ชิ้นงานต้นแบบมีปริมาณโพรงอากาศในชิ้นงานต้นแบบนี้ซึ่งส่งผลให้ต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพารา มีความแข็งแรงและเกาะตัวกันแน่น

ความหนาแน่นของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพารา ลักษณะของเส้นใยใบยางพารามีการกระจายทั่วทั้งตัวอย่าง และสามารถแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของปูนซีเมนต์ ซึ่งมีปริมาณเพียงพอในการยึดประสานกับมวลรวม ทั้งนี้ความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานแรงอัดกับเศษใบยางพารา มีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน คือ การผสมเศษใบยางพาราในปริมาณน้อย จะทำให้ความแข็งแรงแบบอัดมีค่าสูง ในทางกลับกันถ้าผสมเศษใบยางพาราในปริมาณมากเกินไป จะทำให้ความแข็งแรงแบบอัดมีค่าต่ำ เนื่องจากส่วนผสมยึดเกาะกันไม่ดีและปูนซีเมนต์ไม่สามารถหุ้มเศษใบยางพาราได้ทั้งหมดทำให้เกิดช่องว่างหรือโพรงอากาศภายในชิ้นงานต้นแบบ

นอกจากนี้ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเศษใบยางพาราเป็นส่วนผสมมากขึ้น และค่าการดูดซึมน้ำจะลดลงเมื่อใช้เศษใบยางพาราเป็นส่วนผสมในปริมาณน้อย 1% ซึ่งตามมาตรฐานได้กำหนดเกณฑ์ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักแต่ละก้อนจะต้องมีค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานไม่สูงกว่า 25 % ( มอก. 58-2533 )

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถาไม้ยางพาราเพิ่มเติม เช่น คุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อน ความต้านทานไฟ และความทนทานต่อสารเคมี เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักทั่วไป เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถาไม้ยางพาราให้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในงานก่อสร้าง



## บรรณานุกรม

- [1] กระทรวงอุตสาหกรรม.2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก. 58-2533). กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- [2] กรมโรงงานอุตสาหกรรม.2553. “คู่มือแนวทางและหลักเกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่เหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรม”. กรุงเทพฯ.
- [3] กรมโรงงานอุตสาหกรรม.2555. “คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน”. กรุงเทพฯ.
- [4] กิตติ เต็มมธุรพจน์, โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์ และโจเซฟ เคดารี. “การพัฒนากะลาปาล์มบล็อกน้ำหนักเบาที่มีประสิทธิภาพในการลดความร้อนเข้าสู่อาคาร”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554.
- [5] ชัย จาตุรพิทักษ์กุล.2553. “ถ้าปาล์มน้ำมัน : วัสดุปอซโซลานในอนาคตสำหรับคอนกรีต”. วารสารคอนกรีต ฉ.9 (เมษายน 2553).
- [6] ดนุพล ตันนโยภาส, วิลาวรรณ ศิลป์สอน และสุชาติ จันทรมณี. 2555 . “การเตรียมกระเบื้องมวลเบาด้วยเศษเบ้าเซรามิกถุงมือขารุดผสมเถ้าลอยไม่ยางพาราและหางแร่ดินขาว,” การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณครั้งที่ 22 ประจำปี 2555 “วิถีไทย วิถีอาเซียน วิถีแห่งความร่วมมือ”. วันที่ 23-26 พฤษภาคม 2555 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติ ครบ 60 ปี อาเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.
- [7] นราธิป ทับทัน. 2555. “การศึกษาเพื่อจัดทำโครงการนำร่องชุมชนต้นแบบการเรียนรู้แนวทางการใช้วัสดุทางเลือกในการก่อสร้างอาคาร กรณีศึกษากระบวนการใช้วัสดุดินและวัสดุเหลือใช้จาก การเกษตรในการก่อสร้างอาคารชุมชนบ้านปรางค์เก่า ตำบลกุดน้อย อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา”. โครงการวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

- [8] สนิท สโมสร. 2524. “ยางพารา, พืชสำคัญของภาคใต้”. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [9] ศรีณย อนุกุลพนธ์. “การศึกษาการรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกธรรมดาที่คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.
- [10] ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง, อุวิทย์ สุวคันธกุล และสุดใจ เห่งศรีไพร. “การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทราย และเส้นใยมะพร้าว”, วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2550, หน้า 77-87.
- [11] อะบีดีน ดะแซสาเมาะ, โฟซี วาจิ, พารีดะ สาแล, และนูรีฮัน แนแซ. “อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา”, คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2558.
- [12] American Society for Testing and Material. 1991. “ASTM C618-91: Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete”, In 1991 Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02, 303-305.
- [13] Alida Abdullah, Shamsul Baharin Jamaludin, Mazlee Mohd Noor, Kamarudin Hussin. 2011, “Composite Cement Reinforced Coconut Fiber: Physical and Mechanical Properties and Fracture Behavior”, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(7): 1228-1240.
- [14] Asasutjarit, C., S. Charoenvai, J. Hirunlabh, J. Khedari, 2009. “Materials and mechanical properties of pretreated coir-based green composites”, Composites: Part B, (40): 633-637.

- [15] Alvira, Tomas-Pejo., P.E., Ballesteros., M., and Nergro., M.J. 2010. Pretreatment technology for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: A review. *Biosource. Technol.* 101: 4851-4861.
- [16] Charoenvai, S., Khedari, J., Hirunlabh, J., Asasutjarit, C., Zeghmami, B., Quenard, D., and Pratinthong, N., 2003, "Heat and Moisture Transport in Durian Fiber Based Lightweight Construction Materials", The 1st International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture, October 8-10, Bangkok, Thailand, GA-180-185.
- [17] Cobley, L.S. and W.M. Steele. 1976. "The Botany of Tropical Crops". The English Language Book Society, Longman, London. 371 P.
- [18] Hirunlabh, J., Wachirapuwadon, S., Pratinthong, N., and Khedari, J., 2001, "New Configurations of a Roof Solar Collector Maximizing Natural Ventilation", *Building and Environment*, Vol. 36, No.3, April, 383-391.
- [19] Khedari, J., B. Suttisonk, N. Pratinthong, J. Hirunlabh, 2001. "New lightweight composite construction materials with low thermal conductivity", *Cement & Concrete Composites*, 23: 65-70.
- [20] Kurama, H., Topcu, I.B., Karakurt, C., 2009, "Properties of the autoclaved aerated concrete produced from coal bottom ash", *Journal of material processing technology*, 209, 767-773.
- [21] Varinthorn, B., Samunya, S., Wittaya, S., 2018, "A Feasibility Study Using Para Rubber Leaves for Prototype Lightweight Flat Sheet Production", *Applied Mechanics and Materials*, 879, 166-170.
- [22] Xue Li, Lope G. Tabil, Satyanarayan Panigrahi. Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review, *Journal of Polymers and the Environment* 15 (2007), 25–33.

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง "การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม" จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมนัส



ภาคผนวก

โครงการฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนในการผลิตแผ่นมวลเบาจาก  
เศษใบยางพาราในระดับภาคสนาม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

**โครงการฝึกอบรม**  
ถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยสู่ชุมชน

“การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบา  
จากเศษใบยางพาราและเถาไม้ยางพาราสำหรับ  
ประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม

หัวหน้าโครงการ  
นางสาววรินทร์ บุญยะโรจน์  
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผู้ร่วมงานวิจัย  
นายศิริชัย สาระมนัส  
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 091-518-8585  
E-mail: varinthorn.b@rmutp.ac.th

**ที่มาของโครงการ**  
ปัจจุบันงานก่อสร้างภายในประเทศได้มีอัตราการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก โดยในโครงการต่าง ๆ มีความจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมากซึ่งส่งผลให้ทรัพยากรต่างๆ ลดลงอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการใช้แร่ใยหินผสมกับเบตตเพื่อทำเป็นวัสดุก่อสร้างและใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งผู้ใช้งานส่วนใหญ่ยังไม่ทราบถึงโทษที่เกิดจากวัสดุชนิดนี้ เนื่องจากเส้นใยประเภทนี้มีความเป็นอันตรายหากเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจ ด้วยเหตุนี้จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุผสมเบตตเสริมเส้นใย (Fiber Reinforced Cement Composite) ที่มีเส้นใยเป็นตัวเสริมแรง การประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติ (Natural Fibers) หรือเส้นใยพืชชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเป็นวัสดุเสริมแรงให้กับวัสดุก่อสร้าง เช่น ฟางข้าว กะลาปาล์ม ชูบมะพร้าว เส้นใยข้าวโพด เป็นต้น โดยเส้นใยพืชตามธรรมชาติประเภทต่างๆนี้เป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น อีกทั้งยังเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งที่มีราคาถูกจึงเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติ เพื่อเป็นวัสดุเสริมแรงในงานวัสดุก่อสร้างโดยสามารถลดต้นทุนในการผลิต เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลที่ดี มีความแข็งแรง และมีอุณหภูมิสูง และมีความหนาแน่นต่ำ ทำให้วัสดุที่สร้างขึ้นมีน้ำหนักเบา นอกจากนี้ยังช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ตลอดจนช่วยลดปริมาณกากของเสียที่เกิดขึ้นจากภาคเกษตรกรรม

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถาไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส



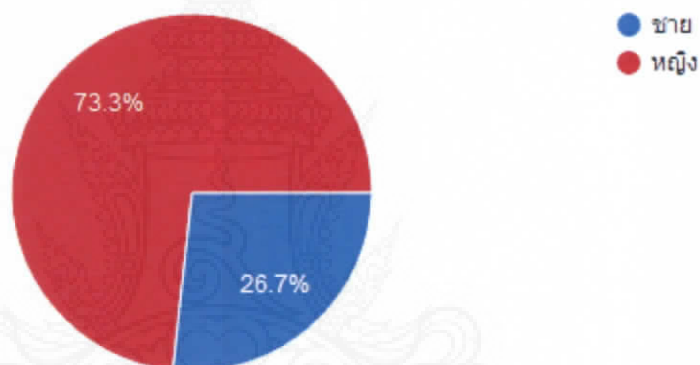
แบบสรุปผลการประเมินโครงการฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนในการผลิต  
แผ่นมวลงเบาจากเศษใยยางพาราในระดับภาคสนาม

ณ ศูนย์การเรียนรู้ของชุมชนและผู้สูงอายุบ้านจำรุง หมู่ที่ 7 ตำบลเนินฆ้อ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง  
วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2561

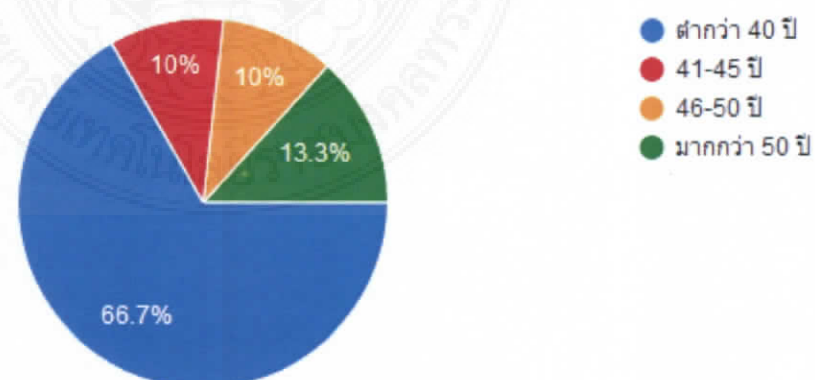
**วัตถุประสงค์** เพื่อฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนในการในการผลิตแผ่นมวลงเบาจากเศษใยยางพาราในระดับภาคสนาม

**ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป** จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 30 คน

1.1 เพศ



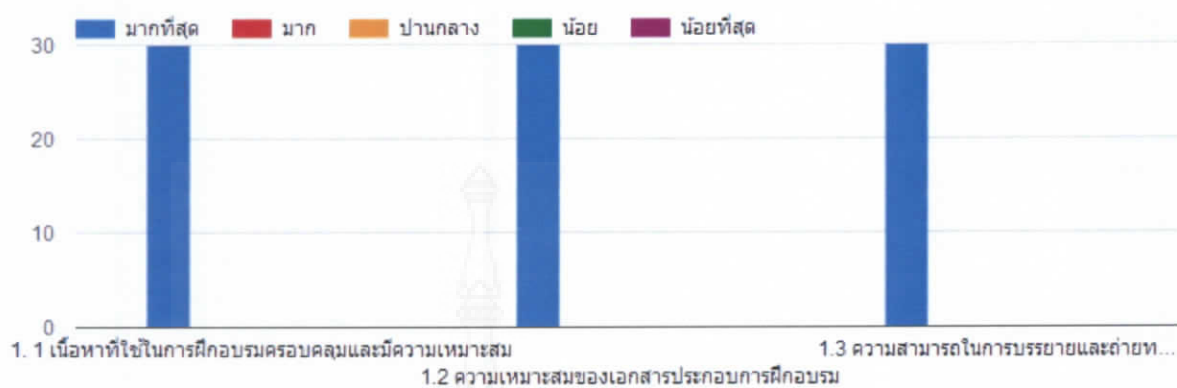
1.2 อายุ



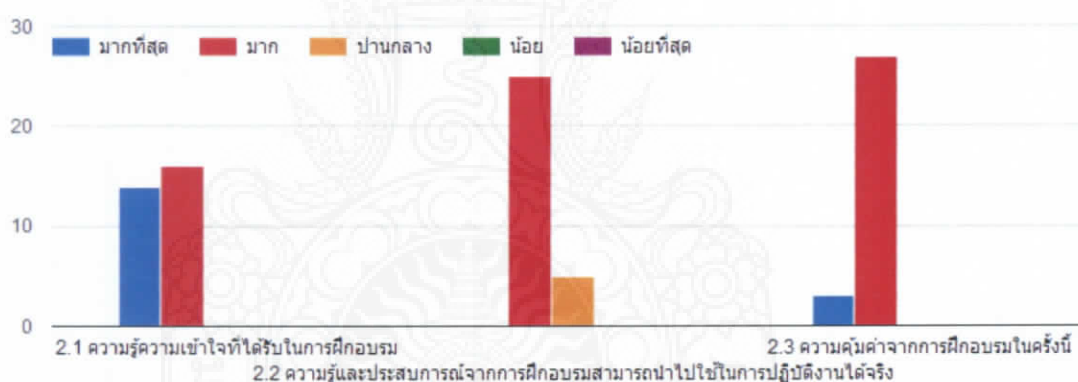
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลงเบาจากเศษใยยางพาราและเก้าอี้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส

## ส่วนที่ 2 โพรตระบุดระดับความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการ

### 2.1 ประเด็นความรู้ ความเข้าใจเรื่องที่ฝึกอบรม

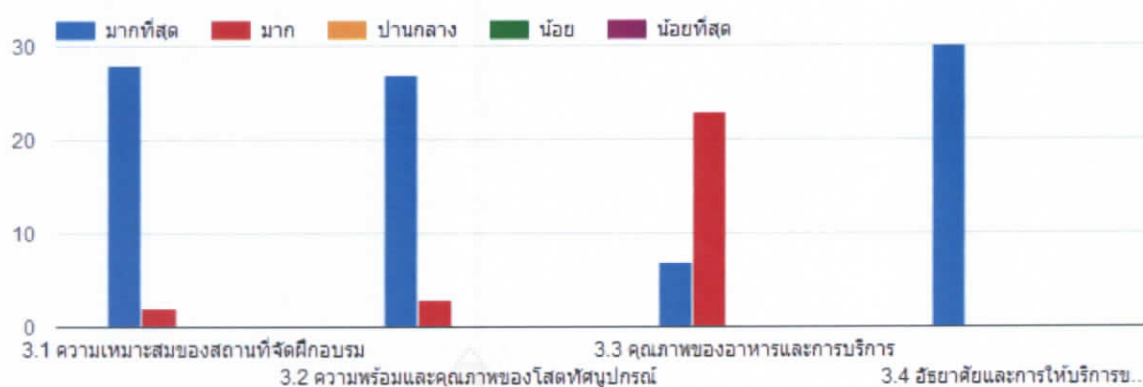


### 2.2 ประเด็นการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์

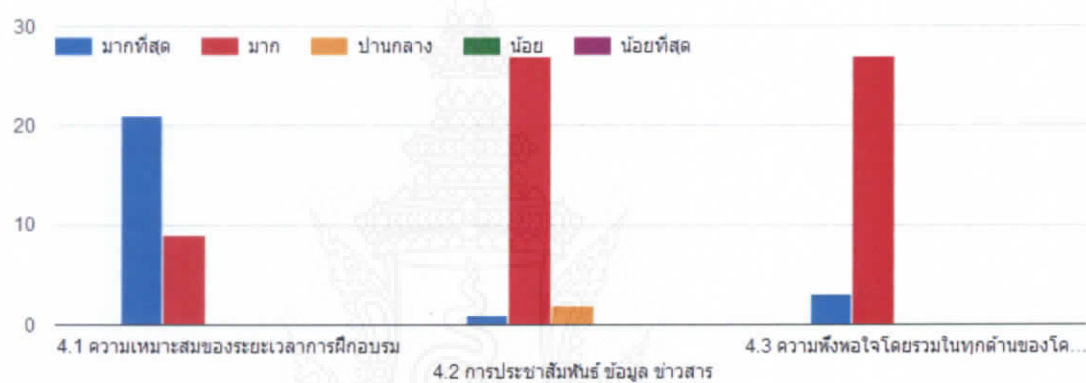


### 2.3 ประเด็นความพึงพอใจในการให้บริการ





## 2.4 ประเด็นอื่น ๆ



## 2.5 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ควรให้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชนในโอกาสต่อไป

## ประมวลภาพกิจกรรม

โครงการฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน

“การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบา

จากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม”

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วันเสาร์ที่ 24 กุมภาพันธ์ 2561 ณ ศูนย์การเรียนรู้ของชุมชนและผู้สูงอายุบ้านจำรุง

หมู่ที่ 7 ต.เนินฆ้อ อ.แกลง จ.ระยอง



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ่าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมนัส



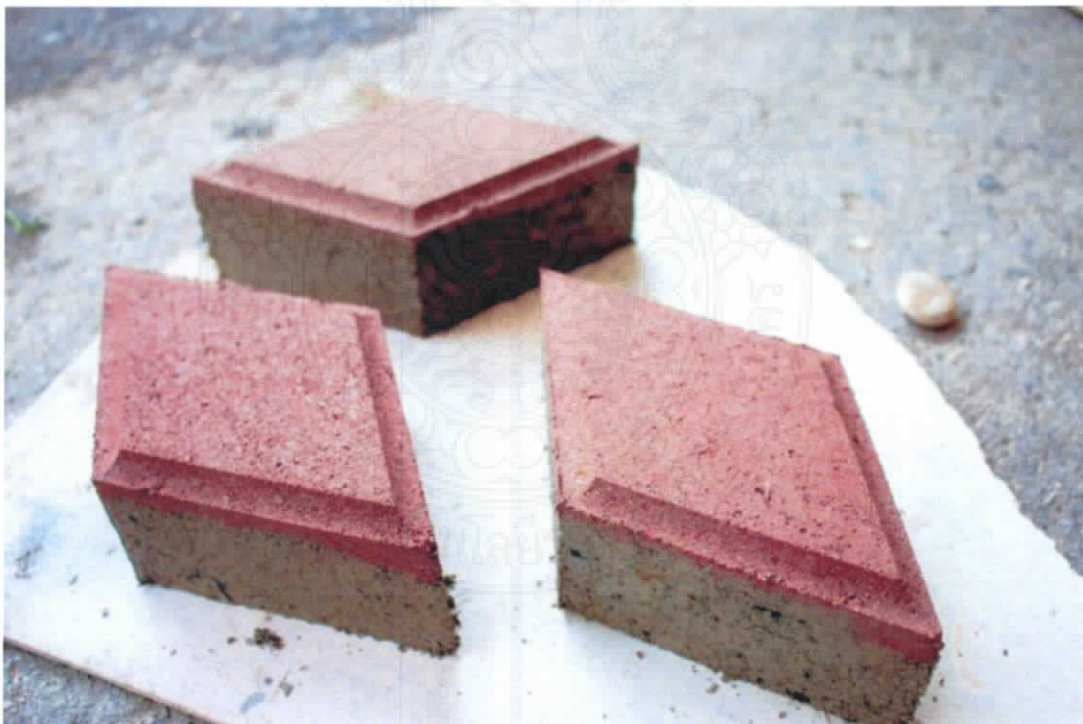
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
 โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
 ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมนัส



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
 โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและถั่วไม้  
 ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
 โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของดินแบบแผ่นมวลงจากเศษใบยางพาราและถั่วไม้  
 ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมนัส



---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส



---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถาไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส





รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมะนัส

## ประวัติผู้ทำวิจัย

### หัวหน้าโครงการ

#### 1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย)

ดร. วรินทร์ บุญยะโรจน์

(ภาษาอังกฤษ)

Dr. VARINTHORN BOONYAROJ

#### 2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

#### 3. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 0 2836 3000

E-mail : varinthorn.b@rmutp.ac.th

#### 4. ประวัติการศึกษา

วท.บ.(อนามัยสิ่งแวดล้อม)

มหาวิทยาลัยบูรพา

พ.ศ. 2546

วศ.ม.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2549

วท.ด.(สหสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2555

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและถ่านไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมนัส

## 5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Land application of solid waste landfill leachate

Landfill leachate treatment

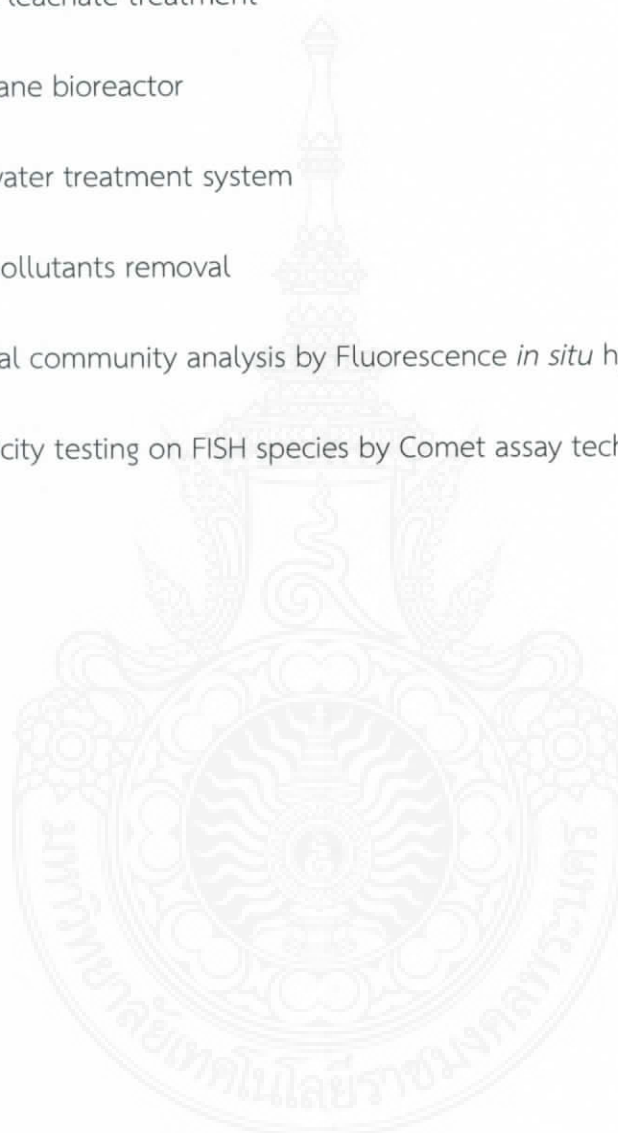
Membrane bioreactor

Wastewater treatment system

Micro-pollutants removal

Microbial community analysis by Fluorescence *in situ* hybridization (FISH)

Bio-toxicity testing on FISH species by Comet assay technique



---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและถั่วไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส

## 6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

### 7.1 งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่/ตีพิมพ์

#### โครงการวิจัย

- 1) โครงการ การประเมินปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
แหล่งทุน: งบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
- 2) โครงการ การผลิตน้ำมันหอมระเหยไล่แมลงจากใบยาสูบ  
แหล่งทุน: งบประมาณกลางมหาวิทยาลัยฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
- 3) โครงการ การผลิตกระดาษทำมือจากหญ้าชันกาด  
แหล่งทุน: งบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
- 4) โครงการ การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เศษใบยางพาราเพื่อผลิตต้นแบบแผ่นมวลเบา  
แหล่งทุน: งบประมาณรายจ่าย  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและถั่วไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารมนัส

### ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

1. **Boonyaroj V.**, Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theeparaksapan S., and Yamamoto, K. (2012) "Toxic organic micro-pollutants removal mechanisms in long-term operated membrane bioreactor treating municipal solid waste leachate", *Bioresource technology* 113, 174-180.
2. **Boonyaroj, V.**, Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., and Yamamoto, K. (2012) "Removal of organic micro-pollutants from solid waste landfill leachate in membrane bioreactor operated without excess sludge discharge", *Water science and technology* 66(8), 1774-80.
3. **Varinthorn Boonyaroj**, Pattanasorn Peansawang, Nonthavorn Sonchan, Atcharaporn Sukrasorn (2015) "Environmental survey on physicochemical parameters in surface water: a case of Klong Prem Prachakorn, Thailand", *Applied Mechanics and Materials* 804, 231-234.
4. **Varinthorn Boonyaroj**, Jiraporn Jinasam, Warangkana Nachailan (2015) "The removal mechanisms of organic compounds in household wastewater by soil sediment", *Applied Mechanics and Materials* 804, 263-266.
5. **Varinthorn Boonyaroj**, Chart Chiemchaisri, Wilai Chiemchaisri, Kazuo Yamamoto (2018) "Enhanced biodegradation of phenolic compounds in landfill leachate by enriched nitrifying membrane bioreactor sludge", *Journal of Hazardous Material*. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.06.064>)

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง "การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม" จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สาระมนัส

### การนำเสนอผลงานวิชาการ

1. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theeparaksapan S., and Yamamoto, K. (2011) Removal of organic micro-pollutants and bio-toxicity from municipal solid waste landfill leachate in two-stage membrane bioreactor. Proceedings of the 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 1-3 December, 2011, Bangkok, Thailand. **(Received Asian Young Professional on Water Research Award).**
2. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theeparaksapan and Yamamoto, K. (2012) Removal of organic micro-pollutants and bio-toxicity from municipal solid waste landfill leachate in two-stage membrane bioreactor. Proceedings of the 10th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 8-10 November, 2012, Hanoi, Vietnam. **(Received Best Poster Award)**
3. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W. and Yamamoto, K. (2012) Evaluation of bio-toxicity removal in two-stage membrane bioreactor for landfill leachate treatment. Proceedings of the 10th International Conference on Membrane Science and Technology 2012: Membrane for Sustainable Energy, August 22-24, 2012, Bangkok, Thailand.
4. **Boonyaroj, V.,** Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W. and Yamamoto, K. (2011) Removal of phenolic and phthalic acid esters in two-stage membrane bioreactor treating municipal solid waste landfill leachate. Proceedings of the 1st EnvironmentAsia International Conference on “Environmental Supporting in Food and Energy Security: Crisis and Opportunity”, 22-25 March, 2011, Bangkok, Thailand.

## ผู้ร่วมวิจัย

### 1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) นาย ศิริชัย สารমনัส

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Sirichai Saramanus

### 2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

### 3. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โทรศัพท์ 0 2836 3000

E-mail : sirichai.s@rmutp.ac.th

### 4. ประวัติการศึกษา

คอ.บ.(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2540

วท.ม.(เทคโนโลยีสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
พ.ศ. 2549

---

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติของต้นแบบแผ่นมวลเบาจากเศษใบยางพาราและเถ้าไม้  
ยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้ระดับภาคสนาม” จัดทำโดย วรินทร์ บุญยะโรจน์ และศิริชัย สารমনัส

---

## 6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- Digital Electronics
- Computer System
- Computer Network
- Data Communication
- Computer Organization and Architecture
- microcomputer System and Interfacing
- Internet and Intranet System

