บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีความสนใจในวัสดุคอมโพสิตที่ถูกเสริมแรงด้วยผงไม้และเส้นใยธรรมชาติเป็นอย่างมาก ซึ่งผงไม้นั้นมีข้อได้เปรียบหลายอย่างด้วยกันคือ ได้มาจากธรรมชาติสามารถหาได้ง่าย มีน้ำหนักเบา และราคาถูก และนอกจากนี้มันยังสามารถถูกเติมไปในเมตริกซ์ในปริมาณที่มากได้ ด้วยเหตุนี้มันจึงถือว่าเป็นวัสดุเสริมแรงที่มีประโยชน์มากทีเดียว แต่ข้อด้อยหลักๆของคอมโพสิตประเภทนี้คือ มีความอ่อนไหวต่อการดูดซับน้ำ และมีความคงตัวของรูปร่างที่ค่อนข้างแย่ การยึดติดกันกับพอลิเมอร์เมตริกซ์ที่ไม่ดี เช่นเดียวกันกับความสามารถในการขึ้นรูปที่ค่อนข้างแย่ และความสวยงามของคอมโพสิตที่มีปริมาณการเติมผงไม้ที่มาก การประยุกต์ใช้งานหลักๆ ของผงไม้ที่ถูกเติมลงในคอมโพสิต มักจะเป็นการใช้งานทางด้านที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยานพาหนะและสิ่งก่อสร้าง [1]

สิ่งก่อสร้างในปัจจุบันจำเป็นจะต้องประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่างๆ หลายส่วน แต่ส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญก็คือหลังคา ในปัจจุบันมีการทำหลังคามาจากวัสดุหลายประเภท เช่น กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องเซรามิค กระเบื้องดินเผา และหลังคาแผ่นโลหะ โดยวัสดุที่ใช้ทำหลังคาอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ คือ พอลิคาร์บอเนต เนื่องจากพอลิคาร์บอเนต เป็นพลาสติกที่มีความโปร่งใส ต้านทานการขีดข่วนได้ดี ทนความร้อนและป้องกันรังสียูวีได้ดี ทนต่อแรงกระแทกมากกว่ากระจก อีกทั้งยังน้ำหนักเบา จึงประหยัดไม่เปลืองโครงสร้าง ปัจจุบันได้มีการทำวัสดุเชิงประกอบของพอลิคาร์บอเนตที่ใช้ทำเป็นหลังคา โดยการใช้เส้นใยแก้วผสมลงไปในพอลิคาร์บอเนตเพื่อช่วยในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น แม้เส้นใยแก้วจะช่วยในการเสริมแรงให้กับพอลิคาร์บอเนตได้ แต่เนื่องจากเส้นใยแก้วนั้นมีราคาค่อนข้างสูงและไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะใช้ผงขี้เลื่อยไม้มาช่วยในการเสริมแรงแทนการใช้เส้นใยแก้ว เนื่องจากผงขี้เลื่อยไม้เป็นวัสดุเหลือใช้ที่สามารถหาได้ง่ายภายในประเทศ มีราคาถูก และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

สมบัติสำคัญของหลังคาอีกอย่างหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาคือการเป็นฉนวนความร้อน โดยหลังคาที่ดีต้องมีสมบัติการนำความร้อนที่ต่ำหรือก็คือเป็นฉนวนความร้อนที่ดี เนื่องจากจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิในอาคารหรือบ้านให้เย็นลง ช่วยประหยัดค่าไฟจากการใช้

เครื่องปรับอากาศ รวมไปถึงลดการเสื่อมสภาพของสินค้าหรืออาหารที่อยู่ภายในอาคารที่เกิดจากความร้อนให้ช้าลงไปด้วยในตัว อีกทั้งยังช่วยยืดอายุอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ใต้หลังคาได้อีกด้วย ซึ่งการที่จะปรับปรุงสมบัติของหลังคาให้มีความเป็นฉนวนความร้อนที่ดี ทำได้โดยการขึ้นรูปหลังคาให้เป็นโฟม โดยการใช้ blowing agent เข้ามาช่วยในกระบวนการขึ้นรูป

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองขึ้นรูปโฟมคอมโพสิตของพอลิคาร์บอเนตกับผงขี้เลื่อยไม้ เพื่อศึกษาถึงผลการใช้ผงขี้เลื่อยไม้ในการใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในพอลิคาร์บอเนต แต่เนื่องจากผงขี้เลื่อยไม้และพอลิคาร์บอเนตเข้ากันได้ยาก เนื่องจากความเป็นขั้วที่ต่างกันระหว่างผงขี้เลื่อยไม้และพอลิคาร์บอเนต ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของการเติมสารคู่ควบไซเลน เพื่อช่วยประสานหรือยึดติดกันระหว่างผงขี้เลื่อยไม้และพอลิคาร์บอเนต รวมทั้งศึกษาถึงผลของ blowing agent ที่ใช้ต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติการนำความร้อนของโฟมคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนต โดยคาดหวังว่าโฟมคอมโพสิตของพอลิคาร์บอเนตกับผงขี้เลื่อยไม้ที่ได้ จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นหลังคาที่มีความแข็งแรง ทนทาน และสามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในบ้านหรือตัวอาคารให้ลดลงได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารคู่ควบไซเลน ที่มีต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยา ของวัสดุคอมโพสิตของพอลิคาร์บอเนตกับผงขี้เลื่อยไม้

2. เพื่อศึกษาผลของปริมาณผงขี้เลื่อยไม้ ที่มีต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยา ของวัสดุคอมโพสิตของพอลิคาร์บอเนตกับผงขี้เลื่อยไม้

3. เพื่อศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารทำให้เกิดฟองที่มีต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน สมบัติการนำความร้อน และสัณฐานวิทยา ของวัสดุคอมโพสิตโฟมของพอลิคาร์บอเนตกับผงขี้เลื่อยไม้

1.3 ขอบเขตของการศึกษาและข้อจำกัดของงานวิจัย

1.3.1 ผงขี้เลื่อยไม้ที่ใช้ในงานวิจัยมีมีขนาดอนุภาคประมาณ 100-150 ไมโครเมตร

1.3.2 เลือกใช้ไซเลน 2 ชนิด คือ γ-aminopropyl trimethoxy silane (Z-6011) และ N-(3-Trimethoxysilylpropyl) diethylenetriamine (TMS)

1.3.3 สัดส่วนของผงขี้เลื่อยไม้ที่ใช้ในการขึ้นรูปเป็นวัสดุคอมโพสิตมี 3 ปริมาณ คือ 10 %, 20 % และ 30 %wt โดยน้ำหนักของคอมโพสิต

1.3.4 เลือกใช้สารทำให้เกิดฟอง 2 ชนิด คือ Hydrocerol HK 40B และ 5-Phenyl-1H-Tetrazole โดยทำการผสมในสัดส่วน 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ส่วนจาก 100

1.3.5 ในการศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารคู่ควบไซเลน และผลของปริมาณผงขี้เลื่อยไม้ที่มีต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิต จะใช้การขึ้นรูปแบบ injection molding ส่วนการศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารทำให้เกิดฟองที่มีต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิต จะใช้การขึ้นรูปแบบ compression molding

1.4 แนวทางและขั้นตอนการวิจัย

1.4.1 ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ออกแบบงานวิจัยและวางแผนการวิจัย

1.4.3 จัดหาอุปกรณ์และสารเคมี

1.4.4 ดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารคู่ควบไซเลนที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของคอมโพสิต

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของชนิดสารคู่ควบไซเลนที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของคอมโพสิต

1. การปรับปรุงผิวผงขี้เลื่อยไม้โดยการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (caustic soda)

1.1) ทำความสะอาดผงขี้เลื่อยไม้ด้วยน้ำสะอาดอุณหภูมิ 50°C โดยแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที

1.2) ทำการปรับปรุงพื้นผิวของผงขี้เลื่อยไม้ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% o.w.f. และ laventin 1% o.w.f. โดยเติมน้ำลงไปในอัตราส่วน 1:25 เมื่อเทียบกับน้ำหนักของผงขี้เลื่อยไม้

1.3) ทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 30 นาที

1.4) นำผงขี้เลื่อยไม้ที่แช่ไว้มาล้างออกด้วยน้ำสะอาดที่อุณหภูมิปกติจนมีค่า pH เป็นกลาง จากนั้นนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยตู้อบ BINDER รุ่น 08-34496 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น

2. การปรับปรุงผิวผงขี้เลื่อยไม้ด้วยสารคู่ควบไซเลน N-(3-Trimethoxysilylpropyl) diethylenetriamine และ γ-aminopropyl trimethoxysilane (Z-6011)

2.1) เตรียมผงขี้เลื่อยไม้ทั้งที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และผงขี้เลื่อยไม้ที่ยังไม่ได้ผ่านการปรับปรุง

2.2) ทำการเตรียมสารคู่ควบไซเลน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้สารคู่ควบไซเลนแต่ละชนิดในปริมาณ 1.0 % โดยน้ำหนักผงขี้เลื่อยไม้

2.3) นำสารคู่ควบไซเลนดังกล่าวหยดลงในน้ำปราศจากไอออน (Deionized water) ที่มีกรดอะซิติกละลายอยู่ 1.0 %โดยน้ำหนัก และในระหว่างที่ทำการหยดสารคู่ควบไซเลน ก็จะทำการคนสารละลายอยู่ตลอดเวลาจนกระทั่งสารคู่ควบไซเลนถูกหยดจนหมดและสารละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งกรดอะซิติกจะช่วยให้ไซเลนแตกตัวเป็นไซลานอลได้ง่ายขึ้น หลังจากนั้นกวนสารละลายด้วยแท่งแก้วเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

2.4) นำสารละลายไซเลนที่เตรียมไว้มาพ่นลงบนผิวของผงขี้เลื่อยไม้ที่ผ่านการอบแล้ว ทำการผสมด้วยเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง จากนั้นก็นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3. นำผงขี้เลื่อยไม้ที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวทั้งหมดมาทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค FTIR

4. การขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิตของพอลิคาร์บอเนต/ผงขี้เลื่อยไม้

4.1) นำพอลิคาร์บอเนตไปอบไล่ความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 100°C

4.2) ผสมพลาสติกพอลิคาร์บอเนตกับพลาสติกไซเซอร์ คือ diisononyl phthalate เพื่อช่วยในการลดอุณหภูมิขึ้นรูปพอลิคาร์บอเนตในปริมาณ 3% โดยน้ำหนักของพอลิคาร์บอเนต จากนั้นนำไปผสมกับ ผงขี้เลื่อยไม้ที่ผ่านการปรับปรุงผิวแล้วจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ในอัตราส่วน 10% โดยน้ำหนักของพอลิคาร์บอเนต และทำการผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง (High-speed internal mixer)

4.3) นำสารผสมที่ได้มาทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบ ด้วยวิธี Injection molding สำหรับชิ้นงานที่ต้องการทดสอบสมบัติเชิงกล และ Compression molding สำหรับชิ้นงานที่ต้องการทดสอบสมบัติการนำความร้อน

5. การทดสอบสมบัติต่างๆ ของคอมโพสิต

5.1) การศึกษาสมบัติเชิงกลของคอมโพสิต

- การทดสอบแรงดึง (Tensile Test) ในการทดสอบสมบัติความต้านแรงดึงของชิ้นงาน (Tensile properties) จะทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine

- การทดสอบการทนต่อการโค้งงอ (Flexural Test) การทดสอบสมบัติการโค้งงอ (Flexural properties) เป็นการทดสอบการต้านการโค้งงอของชิ้นงานเมื่อได้รับแรงกด 3 จุด (Three point blending) ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบจะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมตามมาตรฐาน ASTM D790 (1999) ข้อมูลที่ได้จะรายงานในรูปของค่ามอดุลัสความต้านการโค้งงอ (Flexural modulus) และค่าความแข็งแรงต่อการโค้งงอ (Flexural strength)

- การทดสอบความทนทานต่อการกระแทก (Impact Test) การทดสอบความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบ จะใช้การทดสอบแบบ Notched izod impact test ตามมาตรฐาน ASTM D256 ซึ่งวิธีดังกล่าวจะมีการทำรอยบากที่ชิ้นงาน โดยการทดสอบจะใช้เครื่องทดสอบแบบค้อนเหวี่ยง (Pendulum impact tester)

5.2) การศึกษาสมบัติทางความร้อนของคอมโพสิต

- การทดสอบ Thermogravimetric Analysis (TGA) เพื่อหาอุณหภูมิการสลายตัว (Decomposition temperature; T_d)

- การทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) จะทำการทดสอบตาม ASTM C177 เพื่อดูผลของผงขี้เลื่อยไม้ที่มีต่อค่าการนำความร้อน

5.3) ทดสอบสัณฐานวิทยา

- การทดสอบด้วยเทคนิค Scanning electron microscopy (SEM) โดยการตรวจสอบสัณฐานวิทยาของชิ้นงานที่ได้จากคอมโพสิตของพอลิคาร์บอเนตกับผงขี้เลื่อยไม้ที่ผ่านการปรับปรุงผิวแล้วเพื่อวิเคราะห์ถึงการกระจายตัวของผงขี้เลื่อยไม้และการยึดเกาะระหว่างเฟส สัณฐานวิทยา (Morphology) ของวัสดุเชิงประกอบจะทำการตรวจวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) ด้วยการใช้พลังงาน 15 keV ที่กำลังขยาย 500 และ 1500 เท่า โดยชิ้นงานที่จะนำไปทดสอบจะเป็นชิ้นงานที่มีการแตกหักจากการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณสารคู่ควบไซเลนที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของคอมโพสิต

1. จากการทดลองในตอนที่ 1 นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาชนิดของสารคู่ควบที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการปรับปรุงพื้นผิวของผงไม้

2. ทำการทดลองเหมือนตอนที่ 1 จากข้อ 1 – 5 (ยกเว้นข้อ3) โดยการปรับเปลี่ยนขั้นตอนในส่วนของการปรับปรุงผิวผงขี้เลื่อยไม้ด้วยสารคู่ควบไซเลน โดยเลือกสารคู่ควบไซเลนชนิดที่เหมาะสมที่สุด (ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ในข้อที่ 1 ของตอนที่ 2) โดยทำการปรับเปลี่ยนปริมาณการใช้เป็น 0 %, 0.5%, 1.0%, 1.5% และ 2.0% โดยน้ำหนักผงขี้เลื่อยไม้

ส่วนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณผงขี้เลื่อยไม้ต่อสมบัติต่างๆ ของคอมโพสิต

1. การปรับปรุงผิวผงขี้เลื่อยไม้โดยการใช้สารคู่ควบไซเลน

1.1) ทำความสะอาดผงขี้เลื่อยไม้ด้วยน้ำสะอาดอุณหภูมิ 50°C โดยแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยตู้อบ BINDER รุ่น 08-34496 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น

1.2) ทำการเตรียมสารคู่ควบไซเลนชนิดที่เหมาะสมที่สุดในสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด (จากการทดลองส่วนที่ 1)

1.3) นำสารคู่ควบไซเลนดังกล่าวหยดลงในน้ำปราศจากไอออน (Deionized water) ที่มีกรดอะซิติกละลายอยู่ 1.0 %โดยน้ำหนัก และในระหว่างที่ทำการหยดไซเลนก็จะทำการคนสารละลายอยู่ตลอดเวลาจนกระทั่งไซเลนถูกหยดจนหมดและสารละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งกรดอะซิติกจะช่วยให้ไซเลนแตกตัวเป็นไซลานอลได้ง่ายขึ้น หลังจากนั้นกวนสารละลายด้วยแท่งแก้วเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

1.4) นำสารละลายไซเลนที่เตรียมไว้มาพ่นลงบนผิวของผงขี้เลื่อยไม้ที่ผ่านการอบแล้ว ทำการผสมด้วยเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง

2. การขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิตของพอลิคาร์บอเนต/ผงขี้เลื่อยไม้

2.1) นำพอลิคาร์บอเนตไปอบไล่ความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80°C

2.2) ผสมพลาสติกพอลิคาร์บอเนตกับ diisononyl phthalate ในปริมาณ 3% โดยน้ำหนักของพอลิคาร์บอเนต จากนั้นนำไปผสมกับผงขี้เลื่อยไม้ที่ผ่านการปรับปรุงผิวจากส่วนที่ 2 ข้อที่ 1 ในอัตราส่วน 10, 20 และ 30 % โดยน้ำหนักของพอลิคาร์บอเนต ด้วยเครื่องปั่น

ผสมความเร็วสูง (High-speed internal mixer)

2.3) นำสารผสมที่ได้มาทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบ ด้วยวิธี Injection molding สำหรับชิ้นงานที่ต้องการทดสอบสมบัติเชิงกล และ Compression molding สำหรับชิ้นงานที่ต้องการทดสอบสมบัติการนำความร้อน

3. ทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของคอมโพสิตที่ได้ ด้วยวิธีเดียวกันกับข้อที่ 1.5 ของการทดลองส่วนที่ 1 ตอนที่ 1

ส่วนที่ 3 ผลของชนิดและปริมาณของสารทำให้เกิดฟองที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของคอมโพสิต

1. การปรับปรุงผิวผงขี้เลื่อยไม้โดยการใช้สารคู่ควบไซเลน โดยทำการทดลองเหมือนข้อที่ 1 จากการทดลองส่วนที่ 2

2. การขึ้นรูปโฟมคอมโพสิตของพอลิคาร์บอเนต/ผงขี้เลื่อยไม้

2.1) นำพอลิคาร์บอเนตไปอบไล่ความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80°C

2.2) ผสมพลาสติกพอลิคาร์บอเนตกับ diisononyl phthalate ในปริมาณ 3% โดยน้ำหนักของพอลิคาร์บอเนต จากนั้นนำไปผสมกับผงขี้เลื่อยไม้ที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวจากข้อที่ 1 โดยเลือกอัตราส่วนของผงขี้เลื่อยไม้ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองในส่วนที่ 2 และสารทำให้เกิดฟอง (Blowing agent) 2 ชนิด คือ Hydrocerol HK 40B และ 5-Phenyl-1H-Tetrazole โดยทำการผสมในสัดส่วน 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ส่วนจาก 100 ส่วนของปริมาณพอลิคาร์บอเนต ด้วยเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง (High-speed internal mixer)

2.3) นำสารผสมที่ได้ มาทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทดสอบด้วยวิธี Compression molding สำหรับชิ้นงานที่ต้องการทดสอบสมบัติเชิงกล และสำหรับชิ้นงานที่ต้องการทดสอบสมบัติการนำความร้อน

3. ทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของคอมโพสิตที่ได้ ด้วยวิธีเดียวกันกับข้อที่ 5 ของการทดลองส่วนที่ 1 ตอนที่ 1 ยกเว้นการทดสอบแรงดึงและการทนต่อการโค้งงอ แต่จะเพิ่มการทดสอบสมบัติ hardness เข้าไปแทน

1.4.5 ประมวลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้

1.4.5 รายงานผลการวิจัย

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับและการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น เชิงนโยบาย เชิงสาธารณะและการพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์

สามารถผลิตโฟมคอมโพสิตของพอลิคาร์บอเนตกับผงขี้เลื่อยไม้ที่มีสมบัติเชิงกลที่ดี และมีความสามารถในการนำความร้อนที่น้อย เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในการทำเป็นฉนวนความร้อนที่มีความแข็งแรง ทนทาน และสามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในบ้านหรือตัวอาคารให้ลดลงได้