ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ
Rice-Husk Silica Dehumidifying Wall Unit

ธนาชัย จงสุวรรณไพศาล
Tanachai Jongsuwanpaisan

ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ
Rice-Husk Silica Dehumidifying Wall Unit

ธนาชัย จงสุวรรณไพศาล

Tanachai Jongsuwanpaisan

บริษัท ดีบี สตูดิโอ จำกัด 462-462/1 ถนนบำรุงเมือง เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพฯ 10100

DB Studio Co., Ltd. 462-462/1 Bamrung-Muang Road, Pomprab, Bangkok 10100, Thailand,

E-mail: tanachaisatu02@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้เสนอผลการออกแบบ และทดสอบอุปกรณ์ดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ เพื่อนำมาใช้ลดความชื้นของอากาศภายนอกที่จะเข้ามาภายในอาคารปรับอากาศ ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลงได้ โดยในส่วนของการออกแบบ ได้ออกแบบให้อุปกรณ์ดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบเป็นระบบผนังกระจก 2 ชั้น ภายในบรรจุแผ่นซิลิกาที่สกัดจากแกลบ ติดตั้งขวางทางเดินอากาศในลักษณะสลับฟันปลา ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบมีช่องระบายอากาศทั้งด้านบนและด้านล่าง โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศไว้ที่ช่องระบายอากาศด้านบน ส่วนการทดลองได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ทดสอบความสามารถในการดูดซับความชื้นในสภาวะจำลอง 3 สภาวะตามสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลของประเทศไทย ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน ส่วนที่ 2 ทดสอบในสภาพอากาศจริง ซึ่งจากการนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาความสามารถในการลดการใช้พลังงานของผนังดูดซับความชื้น เมื่อจำลองสถานการณ์ติดตั้งผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบภายในห้องนอนขนาดเล็กพบว่า ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถลดการใช้พลังงานได้มากที่สุดในช่วงฤดูฝน และน้อยที่สุดในช่วงฤดูร้อน ซึ่งจะทำงานได้ดีเฉพาะ 1-2 ชั่วโมงแรกเท่านั้น โดยผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบจะดูดซับความชื้นในอากาศได้ในช่วงเวลากลางคืน และคายความชื้นในเวลากลางวัน หมุนเวียนเป็นวัฏจักร โดยไม่จำเป็นต้องนำแผ่นซิลิกาออกมารีดความชื้น

Abstract

A rice-husk silica dehumidifying unit was designed and tested. The purpose of the unit was to reduce the energy consumption of an air-conditioning system by drying the intake air. The unit comprised two layers of glazing. The space between the glazing was filled with acrylic fins coated with rice-husk silica. The unit had two ventilation apertures: one at the top and one at bottom, with an exhaust fan at the top aperture. Two set of experiments were carried out. The first set tested the dehumidifying ability of the unit under three environmental conditions mimicking the key seasons in Thailand: summer, winter and rainy season. The second set of experiments tested the dehumidifying ability of the unit in real life conditions. Theoretical analysis was then carried out to evaluate the energy savings effected by the dehumidifying unit when installed in a small typical bedroom. The analysis showed that the greatest savings could be made during the rainy season and the smallest savings during summer. The unit absorbed moisture during the night and re-released it during the day, enabling continuous and prolonged use without manual drying.

คำสำคัญ (Keywords)

ซิลิกา (Silica)
สารดูดซับความชื้น (Desiccant)
อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio)
เอลทัลปี (Enthalpy)

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศร้อน-ชื้น มีอุณหภูมิและความชื้นในอากาศสูง ส่งผลให้สภาพอากาศส่วนใหญ่อยู่ในสภาวะไม่น่าสบาย นอกจากนี้สภาวะความชื้นสูงนี้ยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่สร้างปัญหาขึ้นภายในอาคารในหลาย ๆ ด้านอีกด้วย เช่น ในด้านคุณภาพของอากาศภายในอาคาร ความชื้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้เชื้อราและเชื้อโรคเติบโตได้ดี นอกจากนี้ความชื้นยังมีผลให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับเหล็ก ส่งผลให้เกิดสนิมกัดกร่อนโครงสร้างอาคารหรือเครื่องเรือนภายในอาคารได้

วิธีการลดความชื้นภายในอาคารอย่างหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้คือ การใช้เครื่องปรับอากาศ โดยเครื่องปรับอากาศจะใช้พลังงานลดอุณหภูมิของอากาศที่มีความชื้นให้มีอุณหภูมิเท่ากับหรือต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศชื้นนั้น ส่งผลให้ไอน้ำในอากาศกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ อัตราส่วนของความชื้นภายในอากาศจึงลดลง แต่วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ต้องใช้พลังงานมาก เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะของไอน้ำในอากาศไปเป็นหยดน้ำ (ความร้อนแฝง) ต้องใช้พลังงานสูงถึง 608 kcal/kg ณ อุณหภูมิอากาศ 25 องศาเซลเซียส โดยในเครื่องปรับอากาศทั่วไปจะใช้พลังงานในการลดความชื้นภายในอากาศจากอากาศภายนอกที่เข้ามามากกว่าการลดอุณหภูมิถึง 2-3 เท่า (Boonyatikarn, 1999)

ในปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการปรับสภาวะอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศ เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 50-70 % ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดภายในอาคารประเภทพาณิชย์และที่อยู่อาศัย (Jaion, 2000) การลดความชื้นภายในอากาศโดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้านั้นจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารลงได้ การใช้สารดูดซับความชื้น (desiccant) เป็นวิธีการลดความชื้นภายในอากาศโดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งหลักการดูดซับความชื้นของสารดูดซับความชื้นนี้ อาศัยหลักของความแตกต่างระหว่างความดันไอของไอน้ำในอากาศกับสารดูดความชื้น โดยที่ผิวของสารดูดความชื้นมีความดันไอต่ำมาก ๆ เมื่อเทียบกับความดันไอของอากาศชื้น ไอน้ำจะถูกสารดูดซับความชื้นดูดซับไว้ โดยผ่านพื้นที่ผิวของสารดูดซับที่สัมผัสกับอากาศชื้นนั้น

งานวิจัยชิ้นนี้ศึกษาการออกแบบอุปกรณ์ดูดซับความชื้น เพื่อนำมาใช้ลดความชื้นภายในอาคารลง โดยในส่วนของการผลิตสารดูดซับความชื้นนั้น ผู้เขียนได้เลือกสารดูดซับความชื้นที่ได้จากวัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้ทางการเกษตร เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเมื่อนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาพัฒนาได้แล้ว สามารถเพิ่มมูลค่าของวัสดุในเชิงพาณิชย์ให้มากยิ่งขึ้น ลดการนำเข้าของสารดูดความชื้นทางเคมีลง โดยจากการศึกษาพบว่าแกลบที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งมีปริมาณเหลือจากการสีข้าวถึง 14 ล้านตันต่อปีนั้น (Kokanutranont, 1993) สามารถนำมาสกัดเป็นสารดูดซับความชื้นได้ เพราะจากงานวิจัยที่ผ่านมา (Leela-adisorn, 1993) พบว่า แกลบเมื่อได้รับการเผาด้วยวิธีที่เหมาะสมแล้วจะกลายรูปเป็นซิลิกา (silica) ซึ่งเป็นสารประกอบ SiO_2 ประเภทอสัณฐาน (amorphous silica) ที่มีความบริสุทธิ์ 99.4 % โดยน้ำหนัก โดยซิลิกานี้มีคุณสมบัติเป็นสารที่เฉื่อย ไม่มีพิษ ลักษณะโครงสร้างมีความพรุนและพื้นที่ผิวสูงซึ่งมีความไวต่อการดูดซับความชื้น แต่ลักษณะของซิลิกาที่ได้เป็นผง ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ดูดซับความชื้นภายในอาคารได้ เพราะจะเกิดการฟุ้งกระจายได้ง่าย ผู้เขียนจึงได้ทำการวิจัยเพื่อเสนอแนวทางการนำซิลิกาที่สกัดจากแกลบมาออกแบบให้มีความเหมาะสมในการใช้งานภายในอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

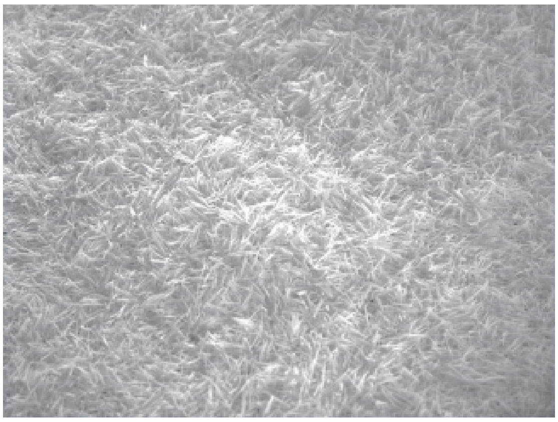
1. ออกแบบอุปกรณ์ดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่ได้จากแกลบให้มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ดูดซับความชื้นภายในอาคาร
2. ทดสอบความสามารถในการดูดซับความชื้นของอุปกรณ์ดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบที่ได้ออกแบบในข้อ 1. ในสภาวะความชื้นและอุณหภูมิที่แตกต่างกันในห้องทดลองและสภาพการณ์จริง

2. ระเบียบวิธีการวิจัย และผลการศึกษา

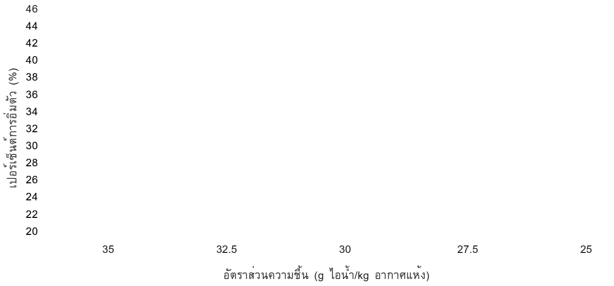
2.1 การสกัดสารซิลิกาจากแกลบ

จากการศึกษาถึงการเตรียม และคุณลักษณะของซิลิกาคุณภาพสูงจากแกลบ Uraiwan Leela-adisorn (1993) ได้นำแกลบมาผ่านกระบวนการด้วยสารเคมีด้วยกรด (กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดซัลฟูริก) เข้มข้น 1

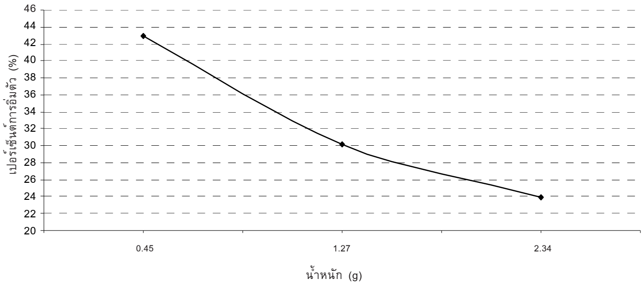
โมลต่อลิตร เป็นเวลา 3 ชั่งโมง ด้วยกระบวนการรีฟรักซ์ (reflux) แล้วนำมาล้างน้ำจนหมดความเป็นกรด ต่อจากนั้นนำแกลบมาผ่านกระบวนการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ในบรรยากาศของการเผาไหม้ปกติ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติระหว่างฟูมซิลิกา (fumed silica) และซิโรเจล (xerogel) ความบริสุทธิ์ของซิลิกา 99.4% โดยน้ำหนัก (รูปที่ 1) ซึ่งซิโรเจล เป็นซิลิกาเจลชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นของแข็ง เป็นสารซิลิกาเจลตั้งต้นที่สามารถนำไปบดขึ้นรูปเป็นอุปกรณ์ดูดซับความชื้นภายในอาคารได้



รูปที่ 1 ซิลิกาที่ได้จากการนำแกลบไปเผาในอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง



รูปที่ 2 เปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวของซิลิกาที่มีมวล 0.45 g ในแต่ละอัตราส่วนความชื้น



รูปที่ 3 เปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวของซิลิกาที่มวลแตกต่างกัน ในอัตราส่วนความชื้น 35 g/kg

2.2 ทดสอบความสามารถในการดูดซับความชื้นของซิลิกาที่สกัดจากแกลบ

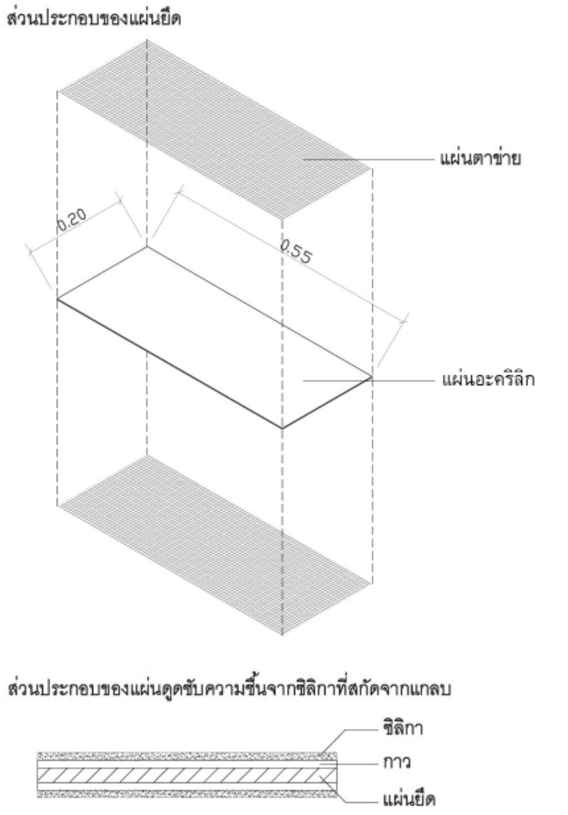
จากการที่ผู้เขียน (Jongsuwanpaisan, 2005) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับความชื้นของซิลิกาที่สกัดจากแกลบในอัตราส่วนความชื้นและมวลที่ต่างกัน โดยกำหนดให้ความหนาแน่น อุณหภูมิ และอัตราส่วนของความหนาต่อพื้นที่หน้าตัดคงที่ พบว่าซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถดูดซับความชื้นได้ 20-40% ของน้ำหนักซิลิกา โดยอัตราการดูดซับความชื้นจะแปรผันตามอัตราส่วนความชื้นภายในอากาศ (รูปที่ 2) เนื่องจากการดูดซับความชื้นของสารดูดซับความชื้นนั้นขึ้นอยู่กับค่าความดันสัมพัทธ์ P/P_0 เมื่ออัตราส่วนความชื้นภายในอากาศลดลงในอุณหภูมิเดียวกัน ความดันไอก็จะลดลง ความสามารถในการดูดซับความชื้นของสารดูดความชื้นก็จะลดลง และอัตราในการดูดซับความชื้นจะแปรผกผันกับมวล (รูปที่ 3) เนื่องจากจำนวนอนุภาคไอน้ำที่สารดูดซับความชื้นสามารถดูดซับได้จะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางที่เพิ่มขึ้น (ความหนา)

2.3 การออกแบบอุปกรณ์ดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ

2.3.1 การขึ้นรูปซิลิกาที่สกัดจากแกลบ

เนื่องจากซิลิกาที่สกัดจากแกลบมีลักษณะเป็นผง ฟุ้งกระจายได้ง่าย การนำไปใช้ในอุปกรณ์ดูดซับความชื้นภายในอาคารควรนำมาขึ้นรูปก่อน ซึ่งผู้เขียนเห็นว่าการขึ้นรูปด้วยวิธีการทำกระดาษทรายนั้นเหมาะสมต่อการขึ้นรูปซิลิกาที่สกัดจากแกลบ เพราะสามารถขึ้นรูปซิลิกาให้เป็นแผ่นที่มีชั้นความหนาของซิลิกาได้บ้าง ทำให้สามารถดูดซับความชื้นได้ดี และเป็นวิธีการขึ้นรูปที่ง่าย โดยวิธีการขึ้นรูปด้วยวิธีการทำกระดาษทรายนั้นมีกระบวนการโรยเมล็ดคม 2 วิธี คือ การให้เมล็ดคมติดกับแผ่นยึดด้วยแรงโน้มถ่วง (gravity coating) และการใช้ไฟฟ้าสถิต

จากงานวิจัยของ Suparat Gogkrue (2003) พบว่าการขึ้นรูปด้วยวิธีการ gravity coating นั้น ซิลิกามีการดูดซับความชื้นได้ดี เนื่องจากมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศชื้นได้มาก ดังนั้นผู้เขียนจึงได้ดัดแปลงวิธีการขึ้นรูปซิลิกาด้วยวิธีการ gravity coating ให้เป็นแผ่นดูด



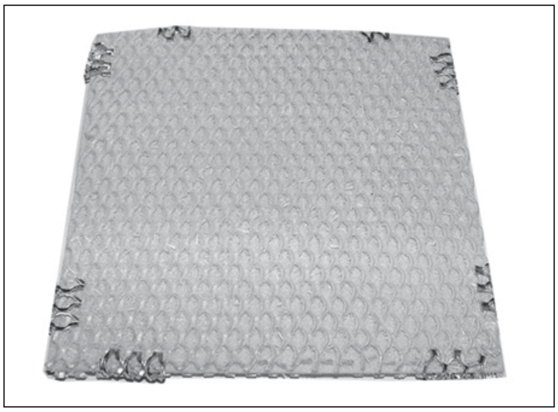
รูปที่ 4 แผ่นดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ

ซับความชื้น ดังรูปที่ 4 ด้วยการนำแผ่นวัสดุที่ต้องการให้ซิลิกาที่สกัดจากแกลบยึดเกาะมาพ่นสเปรย์กาว แล้วจึงโรยผงซิลิกาที่สกัดจากแกลบให้ทั่วทั้งแผ่น ซึ่งได้ทำการทดลอง 2 กรณี เปรียบเทียบปริมาณการยึดเกาะของซิลิกาที่สกัดจากแกลบกับวัสดุยึดเกาะ เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการนำไปใช้ที่ดีที่สุด

โดยในกรณีแรกใช้แผ่นอะคริลิกเป็นวัสดุยึดเกาะ ดังรูปที่ 5 ส่วนกรณีที่ 2 ใช้แผ่นอะคริลิกเป็นวัสดุยึดเกาะเหมือนกรณีแรก แต่นำตาข่ายมายึดติดกับแผ่นอะคริลิกทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ดังรูปที่ 6

ผลการทดลองพบว่า ในกรณีแรก วัสดุยึดเกาะสามารถยึดติดซิลิกาที่สกัดจากแกลบได้ประมาณ 0.006 g/cm^2 ส่วนในกรณีที่ 2 วัสดุยึดเกาะสามารถยึดติดซิลิกาที่สกัดจากแกลบได้ประมาณ 0.0226 g/cm^2 ซึ่งมากกว่ากรณีแรกถึง 3.7 เท่า เพราะในกรณีที่ 2 วัสดุยึดเกาะมีพื้นที่ผิวให้ซิลิกาที่สกัดจากแกลบยึดเกาะมากขึ้นเนื่องจากนำตาข่ายมาติดตั้งเพิ่ม ดังนั้นผู้เขียนจึงนำการขึ้นรูปซิลิกาที่สกัดจากแกลบด้วยวิธีการ gravity coating ในแบบกรณีที่ 2 มาทำการออกแบบผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบในขั้นตอนต่อไป

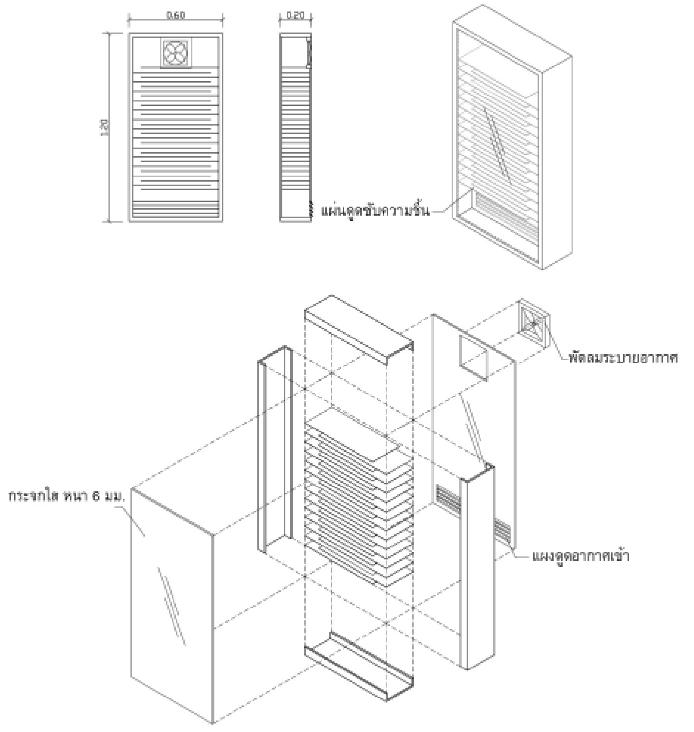
รูปที่ 5 การขึ้นรูปซิลิกาที่สกัดจากแกลบด้วยวิธีการ gravity coating ในกรณีที่ 1



รูปที่ 6 การขึ้นรูปซิลิกาที่สกัดจากแกลบด้วยวิธีการ gravity coating ในกรณีที่ 2

2.3.2 ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ

การนำแผ่นดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบไปใช้ในอาคารต้องคำนึงถึงวิธีการนำอากาศผ่านแผ่นดูดซับความชื้นเพื่อให้เกิดการดูดซับความชื้นและต้องคำนึงถึงการคายความชื้นของแผ่นดูดซับความชื้นด้วย ไม่เช่นนั้นแล้วเมื่อแผ่นดูดซับความชื้นดูดซับความชื้นจนอิ่มตัวแล้วจะไม่สามารถดูดซับความชื้นภายในอาคารได้อีก ดังนั้นตำแหน่งการติดตั้งจึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยตำแหน่งการติดตั้งที่ดีควรมีการระบายอากาศที่ดี และมีความร้อนส่งผ่านให้เกิดการคายความชื้นได้ ผู้เขียนจึงได้ออกแบบอุปกรณ์ดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่ได้จากแกลบนี้ ให้เป็นระบบผนังกระจก 2 ชั้น ดังรูปที่ 7 เพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนของแสงอาทิตย์ในการช่วยคายความชื้นของซิลิกาที่สกัดจากแกลบ โดยให้มีขนาด 0.60 x 1.20 เมตร ซึ่งอ้างอิงมาจากขนาดของระบบวงกบบานเกล็ดกระจกโดยทั่วไป (Liwthanamongkol, 1995) เพื่อให้มีความเหมาะสม และ



รูปที่ 7 ระบบผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ

ง่ายต่อวิธีการติดตั้งแก่อาคารส่วนใหญ่ โดยภายในผนังที่ทำการออกแบบนี้ได้ติดตั้งแผ่นดูดซับความชื้นคล้ายคลึงกับแผ่นกระจกของหน้าต่างบานเกล็ด และในการออกแบบผนังให้เป็นกระจกทั้ง 2 ด้านนั้น เพื่อให้ผนังสามารถดูดซับความชื้นได้ ในขณะเดียวกันสามารถมองทะลุผ่านผนังได้เช่นเดียวกับหน้าต่างบานเกล็ดทั่ว ๆ ไป ส่วนการออกแบบภายในผนังจะติดตั้งแผ่นดูดซับความชื้นให้ขวางทางเดินของอากาศ เพื่อสร้างพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศให้ได้มากที่สุด และติดตั้งพัดลมไว้เพื่อควบคุมอัตราการระบายอากาศให้อากาศสามารถเคลื่อนที่ผ่านแผ่นดูดซับความชื้นได้อย่างเหมาะสม

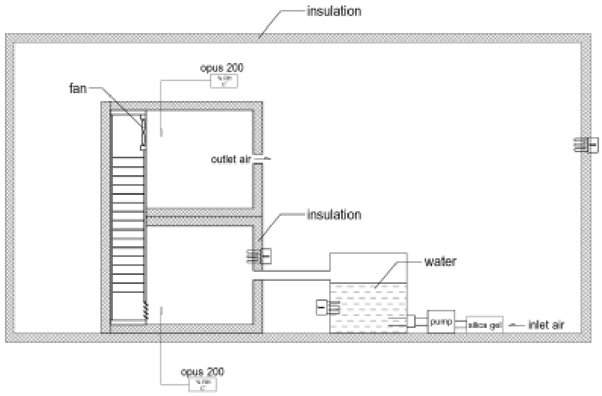
ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบที่ผู้เขียนสร้างขึ้นเพื่อการทดลองนี้ มีขนาด 0.60 x 0.20 x 1.20 เมตร ภายในบรรจุแผ่นซิลิกาที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการ gravity coating ในแบบกรณีที่ 2 ทั้งสิ้น 27 แผ่น แต่ละแผ่นมีขนาด 0.55 x 0.20 เมตร โดยติดตั้งให้แผ่นดูดซับความชื้นห่างกันในแต่ละแผ่น 3 เซนติเมตร ติดตั้งในลักษณะขวางทางลม สามารถบรรจุซิลิกาที่สกัดจากแกลบได้ทั้งหมด 518.129 กรัม โดยผนังดูดซับความชื้นนี้ได้เจาะรูด้านล่างเพื่อให้อากาศเข้า และติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ยี่ห้อ Centaur 3, CN60B3, 220 V, 50/60 Hz, 14/12 W, 0.11/0.09 A, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.5 เซนติเมตร ไว้ด้านบนของผนัง

2.4 การทดสอบความสามารถในการดูดซับความชื้นของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบในห้องทดลอง

2.4.1 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้ทำการทดลองภายในกล่องทดลอง ดังรูปที่ 8 ซึ่งประกอบด้วยกล่องทดลองขนาด 0.6 x 0.6 x 1.2 เมตร ส่วนล่างต่อเข้ากับเครื่องสร้างความชื้น และติดตั้งวาล์วที่สามารถปรับปริมาณอากาศได้ไว้ระหว่างเครื่องสร้างความชื้นและปั๊มลม โดยปั๊มลมทำหน้าที่นำอากาศผ่านน้ำภายในเครื่องสร้างความชื้นเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับอากาศ และติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิไว้ภายในเครื่องสร้างความชื้น และส่วนล่างของกล่องทดลองเพื่อควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่ต้องการ อีกด้านของกล่องทดลองติดตั้งผนังดูดซับความชื้น โดยกำหนดให้อากาศผ่านเข้าส่วนล่างของกล่องทดลองแล้วไหลผ่านผนังดูดซับความชื้นจากด้านล่างขึ้นด้านบน และออกจากกล่องทดลองทางด้านบนของกล่อง ซึ่งการไหลของอากาศนี้กำหนดโดยพัดลมที่ติดตั้งมากับผนังดูดซับความชื้น และระบบทั้งหมดนี้ติดตั้งอยู่ภายในกล่องทดลองขนาด 2 x 1 x 1.5 เมตร เพื่อควบคุมอุณหภูมิของทั้งระบบ โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1. นำผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยอ้างอิงจากความร้อนของผนังอาคารที่รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน เพื่อคายความชื้นเป็นเวลา 5 ชั่วโมง



รูปที่ 8 กล่องทดลองความสามารถในการดูดซับความชื้นของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบในสภาวะจำลอง

2. เปิดระบบสร้างความชื้นภายในกล่องทดลองจนได้สภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิตามที่ต้องการ โดยในการทดลองนี้ได้กำหนดสภาวะอากาศตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในรอบ 10 ปี ในแต่ละฤดูกาลของประเทศไทยดังนี้

ช่วงฤดูร้อน (มีนาคม-มิถุนายน)

อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 73%

ช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม-ตุลาคม)

อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 77%

ช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์)

อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67%

3. ติดตั้งผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบไว้ในกล่องทดลอง แล้วทดสอบความสามารถในการดูดซับความชื้นในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิจำลองตามสภาวะอากาศในแต่ละฤดูกาล โดยกำหนดอัตราการระบายอากาศที่ 5 ลิตร/วินาที หรือประมาณ 17 m^3/hr (Prueksapanich, 1986) ซึ่งเป็นอัตราการระบายอากาศมาตรฐานของห้องนอนในอาคารพักอาศัยทั่วไป โดยในการทดลองนี้ได้จำลองสภาวะการระบายอากาศในห้องนอนขนาด 3 x 3 x 2.5 เมตร ที่มีผู้พักอาศัยเพียงคนเดียว

4. ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศด้วยหัววัด EE20 - FT6A21 ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล OPUS 200 โดยวางหัววัดไว้ตรงตำแหน่งอากาศเข้าผนังดูดซับความชื้น และตำแหน่งที่อากาศออกจากผนังดูดซับความชื้น ดังรูปที่ 8 บันทึกข้อมูลทุก ๆ 10 นาที

5. หาความสามารถในการลดความชื้นของผนังดูดซับความชื้น โดยคำนวณจากผลต่างของอัตราส่วนความชื้นของอากาศก่อนเข้าและหลังจากผ่านผนังดูดซับความชื้นด้วยสมการที่ 1

$$\Delta w = w_{before} - w_{after} \quad (1)$$

เมื่อ

w = ความต่างของอัตราส่วนความชื้น (g/kg)

w_{before} = อัตราส่วนความชื้นของอากาศก่อนเข้าผนังดูดซับความชื้น

w_{after} = อัตราส่วนความชื้นของอากาศหลังผ่านผนังดูดซับความชื้น

6. เปรียบเทียบความสามารถในการลดความชื้นของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบในช่วงความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในแต่ละฤดูกาล

2.4.2 ผลการทดลอง

ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ ±0.5 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิที่กำหนด ส่วนความชื้นสัมพัทธ์สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ ±5% จากความชื้นสัมพัทธ์ที่กำหนด โดยค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยทุก ๆ 10 นาที ซึ่งผลของการทดสอบความสามารถในการดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบมีดังนี้

ช่วงฤดูร้อน (มีนาคม-มิถุนายน) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 73%

ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถดูดซับความชื้นจนอิ่มตัว ในเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง 50 นาที สังเกตจากอัตราส่วนความชื้นของอากาศหลังผ่านผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบเริ่มคงที่ และอุณหภูมิของอากาศเริ่มลดลง โดยผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบจะดูดซับความชื้นได้มากในช่วง 2 ชั่วโมงแรก และสามารถดูดซับความชื้นได้มากที่สุด 9.55 g/kg ในช่วงเวลา 10 นาทีแรก ต่อจากนั้นความสามารถในการดูดซับความชื้นจะค่อย ๆ ลดลง โดยมีอัตราเฉลี่ยในการดูดซับความชื้นที่ประมาณ 14.68 g/kg*hr (รูปที่ 9)

ช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม-ตุลาคม) อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 77%

ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถดูดซับความชื้นจนอิ่มตัว ในเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง 40 นาที โดยจะดูดซับความชื้นได้มากในช่วง 3 ชั่วโมงแรก และสามารถดูดซับความชื้นได้มากที่สุด 12.45 g/kg ในช่วงเวลา 10 นาทีแรก โดยมีอัตราเฉลี่ยในการดูดซับความชื้นที่ประมาณ 26.81 g/kg*hr (รูปที่ 9)

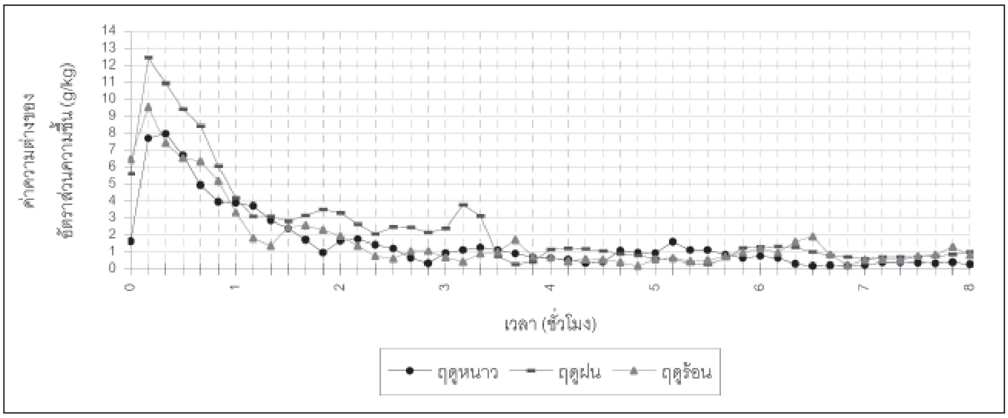
ช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67%

ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถดูดซับความชื้นจนอิ่มตัว ในเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง 30 นาที โดยจะดูดซับความชื้นได้มากในช่วง 2 ชั่วโมงแรก และสามารถดูดซับความชื้นได้มากที่สุด 7.98 g/kg ในช่วงเวลา 20 นาทีแรก โดยมีอัตราเฉลี่ยในการดูดซับความชื้นที่ประมาณ 11.41 g/kg*hr (รูปที่ 9)

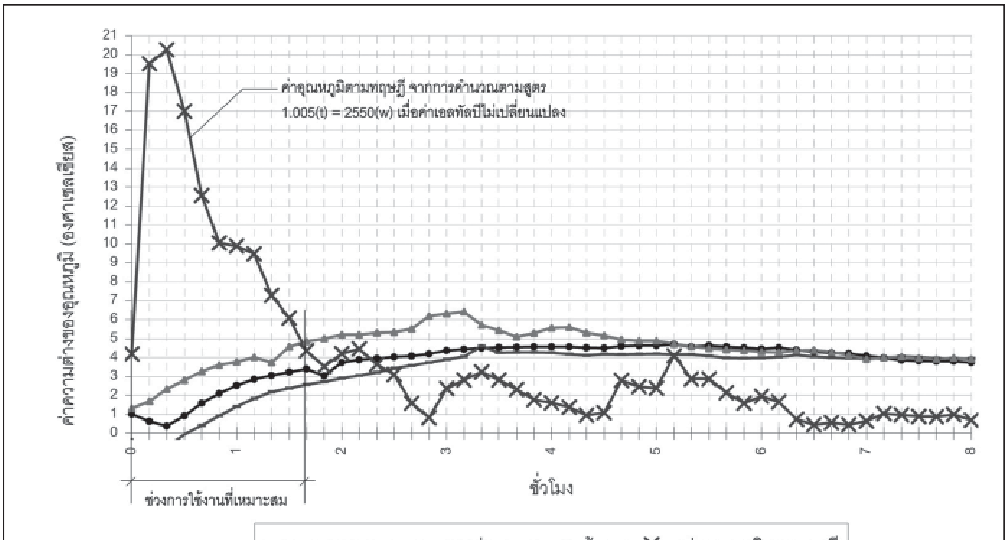
จากการทดลองพบว่า เมื่ออากาศไหลผ่านผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ อุณหภูมิจะสูงขึ้น (รูปที่ 10) เนื่องจากสารดูดซับความชื้นจะคายความร้อนออกมาเมื่อมีการดูดซับความชื้นเข้าไป ซึ่งโดยปกติแล้วการดูดซับความชื้นของสารดูดซับความชื้นนั้นในสภาพสถานะคงที่ (steady state) ค่าเอลทัลปีจะไม่เปลี่ยนแปลง จะมีเพียงการเปลี่ยนความร้อนแฝง (latent) เป็นความร้อนสัมผัส (sensible heat) เท่านั้น (ASHRAE, 2005) (รูปที่ 11) แต่ในการทำงานของสารดูดซับความชื้นนั้นจะมีการหน่วงความร้อน เนื่องจากในช่วงชั่วโมงแรก sensible heat จะถูกเก็บในสารดูดซับความชื้น จึงทำให้อุณหภูมิเพิ่มไม่มาก ดังนั้นสารดูดซับความชื้นจึงสามารถลดค่าเอลทัลปีของอากาศลงได้ในช่วงชั่วโมงแรก ๆ (รูปที่ 12) แต่เมื่อดูดซับความชื้นต่อไปในระยะยาว สารดูดซับความชื้นจะคายความร้อนของ sensible heat ที่สะสมในช่วงชั่วโมงแรกออกมา (รูปที่ 10) ทำให้ไม่สามารถลดการใช้พลังงานในเครื่องปรับอากาศในช่วงนี้ลงได้ แต่อาจเป็นการเพิ่มการใช้พลังงานในการปรับอากาศ

เปรียบเทียบความสามารถในการลดความชื้นของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบในแต่ละฤดูกาล

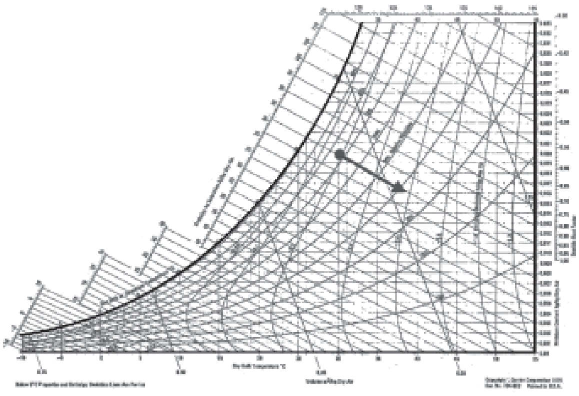
จากผลการทดลองพบว่า ช่วงฤดูฝนอัตราการดูดซับความชื้นของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบมีมากที่สุด และอิ่มตัวได้เร็วที่สุด เนื่องจากฤดูฝนมีอุณหภูมิที่ต่ำ และความชื้นสัมพัทธ์ที่สูง



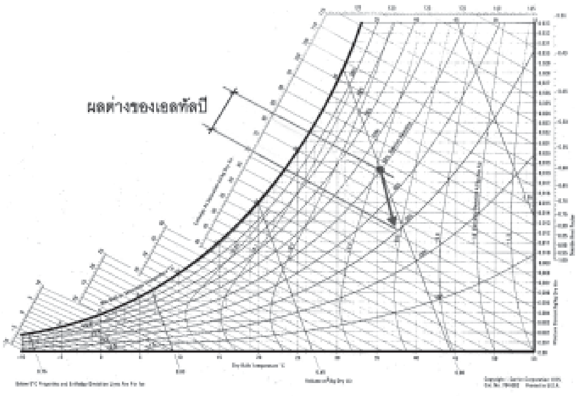
รูปที่ 9 เปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นที่ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถดูดซับได้ทั้ง 3 ฤดู



รูปที่ 10 เปรียบเทียบผลต่างของอุณหภูมิอากาศก่อนเข้า และหลังออกจากผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบทั้ง 3 ฤดู



รูปที่ 11 การดูดซับความชื้นของสารดูดซับความชื้นนั้นในสภาพ steady state



รูปที่ 12 การทำงานของสารดูดซับความชื้นแบบ dynamic ในช่วงชั่วโมงแรกของการดูดซับความชื้น

กว่าฤดูร้อน ดังนั้นอากาศจึงมีความหนาแน่นของไอน้ำมากกว่าอยู่ในสภาวะที่ซิลิกา (สารดูดความชื้น) สามารถดูดซับความชื้นได้ดี และซิลิกาจะมีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ส่วนช่วงฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่าฤดูร้อนและฤดูฝน เมื่อสังเกตดูจะพบว่าอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวจะต่ำกว่าฤดูร้อนและฤดูฝนเพียง 1-2 องศาเซลเซียส เท่านั้น แต่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่าทั้ง 2 ฤดูถึงกว่า 10% ส่งผลให้อากาศในช่วงฤดูหนาวมีความหนาแน่นของไอน้ำภายในอากาศต่ำที่สุดของทั้ง 3 ฤดู ผนังดูดซับความชื้นจึงสามารถดูดซับความชื้นได้ในอัตราที่ต่ำและใช้เวลาดูดซับจนอิ่มตัวนานที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วใน 3 ฤดู (รูปที่ 9)

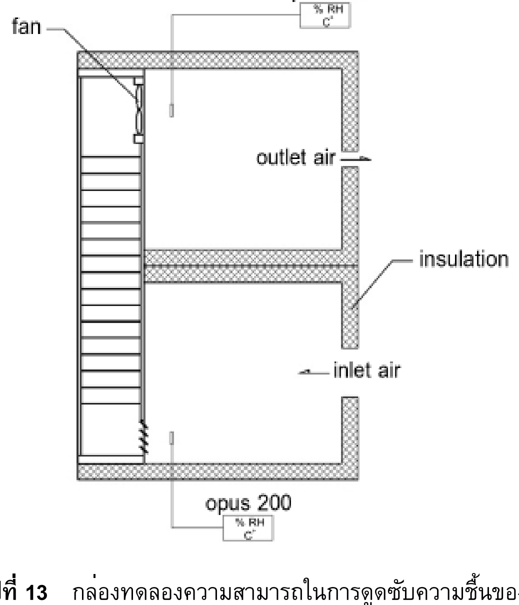
ส่วนสาเหตุที่ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบใช้เวลาในการดูดซับความชื้นจนอิ่มตัวน้อยเพียง 3-6 ชั่วโมงนั้น เนื่องจากแผ่นดูดซับความชื้นภายในผนังดูดซับความชื้นบรรจุซิลิกาโดยวิธีการโรยแบบ gravity coating ทำให้แผ่นดูดซับความชื้นมีชั้นของซิลิกาที่บางมาก ดังนั้นการดูดซับความชื้นจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะการดูดซับความชื้นของสารดูดซับความชื้นจะผกผันตามความหนาของสารดูดซับความชื้น

2.5 การทดสอบความสามารถในการดูดซับความชื้นของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ เมื่อใช้ในสภาพการณ์จริง

2.5.1 วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ทำการทดลองภายในกล่องทดลองดังรูปที่ 13 ซึ่งดัดแปลงมาจากกล่องทดลองในรูปที่ 8 โดยถอดอุปกรณ์สร้างความชื้น และ heater ภายในกล่องทดลองชั้นล่างออก แล้วติดตั้งนอกกล่องทดลองขนาด 2 x 1 x 1.5 เมตร เพื่อให้อากาศจากสภาพ-การณ์จริงผ่านเข้าสู่กล่องทดลอง โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1. ติดตั้งผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบไว้ในกล่องทดลอง โดยตั้งกล่องทดลองหันหน้าทางทิศใต้ ในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเท และแสงสามารถส่องถึงผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบได้ โดยกำหนดอัตราการระบายอากาศที่ 5 l/s หรือประมาณ 17 m^3/hr ทำการทดลองโดยใช้ระยะเวลาการทดลองต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน



รูปที่ 13 กล่องทดลองความสามารถในการดูดซับความชื้นของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบในสภาพการณ์จริง

2. ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ด้วยหัววัด EE20 - FT6A21 ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล OPUS 200 โดยวางหัววัดไว้ตรงตำแหน่งอากาศเข้าผนังดูดซับความชื้น และตำแหน่งที่อากาศออกจากผนังดูดซับความชื้น ดังรูปที่ 13 บันทึกข้อมูลทุก ๆ 10 นาที

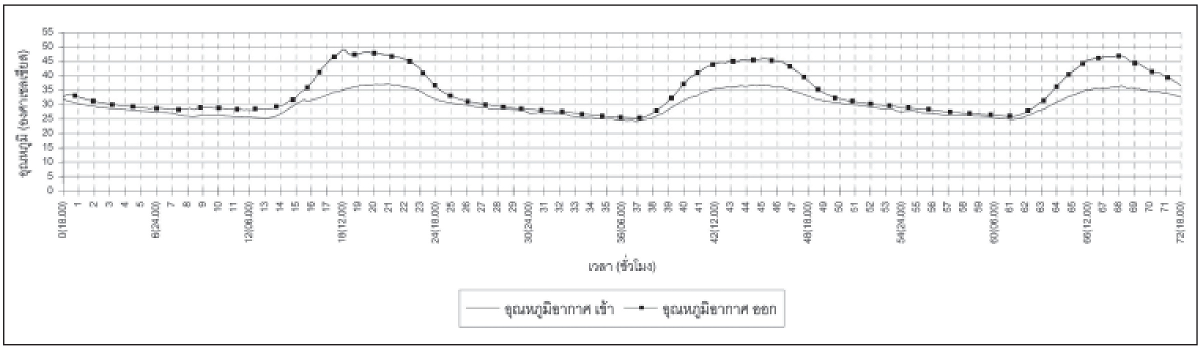
3. หาความสามารถในการลดความชื้นของผนังดูดซับความชื้น โดยคำนวณจากผลต่างของอัตราส่วนความชื้นของอากาศก่อนเข้าและหลังจากผ่านผนังดูดซับความชื้น จากสมการที่ 1

4. วิเคราะห์ผลการดูดซับและคายความชื้นของผนังดูดซับความชื้นในรอบวัน

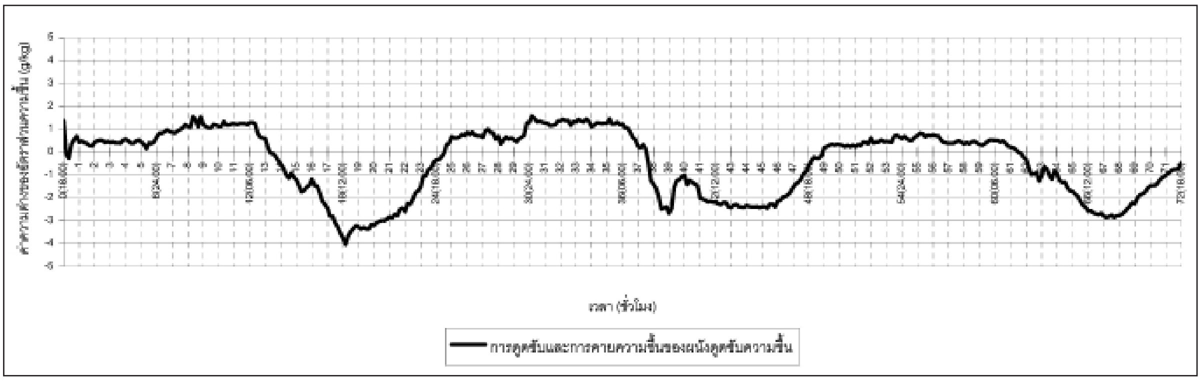
2.5.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผนังดูดซับความชื้นสามารถดูดซับความชื้นได้ในช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลาประมาณ 19:00-07:00 น. ของเช้าวันถัดไป (12 ชั่วโมง) ส่วนช่วงเช้า ผนังดูดซับความชื้นได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ อุณหภูมิภายในกล่องเพิ่มขึ้นสูงสุดถึงประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส ในเวลา 12:00-17:00 น. (รูปที่ 14) เกิดการคายความชื้นกลับคืนสู่อากาศ ตั้งแต่เวลาประมาณ 07:00-19:00 น.โดยจะคายความชื้นให้กับอากาศเป็นอัตราส่วนความชื้นเพิ่มขึ้นประมาณ 2-3 g/kg (รูปที่ 15)

เนื่องจากวันที่ทำการทดลอง (5-8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549) เป็นช่วงฤดูหนาว มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศค่อนข้างต่ำ เฉลี่ยประมาณ 49.33% ส่งผลให้สภาวะอากาศมีความหนาแน่นของไอน้ำภายในอากาศต่ำ ทำให้การดูดซับความชื้นของผนังดูดซับความชื้นมีอัตราที่ต่ำตามไปด้วย เพียงสามารถลดอัตราส่วนความชื้นในอากาศได้ประมาณ 1 g/kg แต่จากการทดลองภายในสภาพอากาศจำลอง มีแนวโน้มว่าผนังดูดซับ



รูปที่ 14 อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้า และหลังออกจากผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ ในการทดสอบใช้ในสภาพการณ์จริง



รูปที่ 15 อัตราส่วนความชื้นที่ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบดูดซับและคายความชื้นให้กับอากาศในการทดสอบใช้ในสภาพการณ์จริง

ความชื้นจะสามารถลดอัตราส่วนความชื้นภายในอากาศได้มากขึ้น ในสภาพอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น ดังนั้นอากาศในฤดูร้อนและฤดูฝน ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าฤดูหนาว ผนังดูดซับความชื้นน่าจะสามารถดูดซับความชื้นภายในอากาศได้มากขึ้น

2.6 วิเคราะห์หาอัตราการประหยัดพลังงานเมื่อติดตั้งผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ

2.6.1 วิธีการทดลอง

1. หาความสามารถในการลดการใช้พลังงานของผนังดูดซับความชื้นที่ได้ออกแบบ โดยคำนวณจากผลต่างของค่าเอลทัลปี ดังสมการที่ 2

$$\Delta i = 1.005 (\Delta t) + 2.550 (\Delta w) \qquad (2)$$

เมื่อ

Δi = ผลต่างของเอลทัลปี (kJ/kg)

Δt = ผลต่างของอุณหภูมิก่อนเข้า และหลังผ่านผนังดูดซับความชื้น (องศาเซลเซียส)

Δw = ผลต่างของอัตราส่วนความชื้นภายในอากาศ (g/kg)

2. เปรียบเทียบการลดการใช้พลังงานเมื่อใช้ผนังดูดซับความชื้น และไม่ใช้ผนังดูดซับความชื้นในแต่ละฤดูกาล โดยอ้างอิงข้อมูลจากการทดลอง 2.4.2

3. เปรียบเทียบความสามารถในการลดการใช้พลังงานเมื่อใช้ผนังดูดซับความชื้น ในแต่ละฤดูกาล

2.6.2 ผลการทดลอง

วิเคราะห์หาค่าเอลทัลปีโดยคำนวณค่าเอลทัลปีเฉลี่ยทุก ๆ ช่วง 10 นาที ตามการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในการทดลองที่ 2.4 (ในห้องทดลอง)

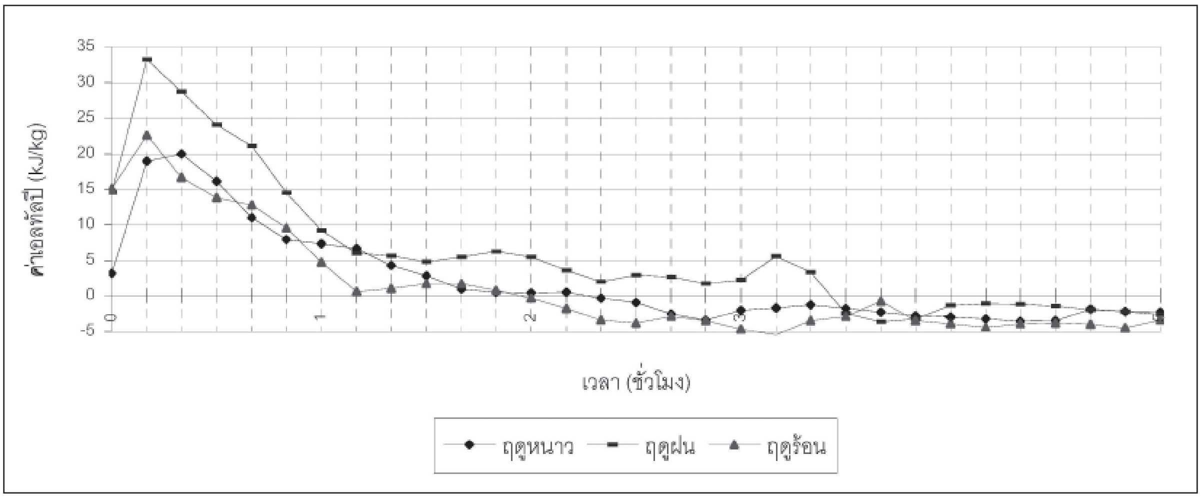
ช่วงฤดูร้อน (มีนาคม-มิถุนายน) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 73 %

เมื่ออากาศผ่านผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ สามารถลดค่าเอลทัลปีของระบบได้ประมาณ 2 ชั่วโมงแรก โดยชั่วโมงแรกลดลงได้ 90.69 kJ/kg จาก 488.16 kJ/kg หรือ 0.48 kW จาก 2.60 kW คิดเป็น 18.58% ส่วนในชั่วโมงที่ 2 ลดลง 10.69 kJ/kg จาก 505.90 kJ/kg หรือ 0.06 kW จาก 2.70 kW คิดเป็น 2.11% (รูปที่ 16 —▲—)

ช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม-ตุลาคม) อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 77%

เมื่ออากาศผ่านผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ สามารถลดค่าเอลทัลปีของระบบได้ประมาณ 3 ชั่วโมงแรก โดยชั่วโมงแรกลดลงได้ 136.24 kJ/kg จาก 452.36 kJ/kg หรือ 0.73 kW จาก 2.43 kW คิดเป็น 30.12% ส่วนในชั่วโมงที่ 2 ลดลง 37.49 kJ/kg จาก 472.71 kJ/kg หรือ 0.20 kW จาก 2.54 kW คิดเป็น 7.93% และในชั่วโมงที่ 3 ลดลง 18.46 kJ/kg จาก 491.90 kJ/kg หรือ 0.10 kW จาก 2.64 kW คิดเป็น 3.75% (รูปที่ 16 —▬—)

ช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67%



รูปที่ 16 ค่าเอลทัลปีของอากาศที่ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถลดได้ทั้ง 3 ฤดู

เมื่ออากาศผ่านผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ สามารถลดค่าเอลทัลปีของระบบได้ประมาณ 2 ชั่วโมงแรก โดยชั่วโมงแรกลดลงได้ 77.36 kJ/kg จาก 402.34 kJ/kg หรือ 0.42 kW จาก 2.18 kW คิดเป็น 19.23% ส่วนในชั่วโมงที่ 2 ลดลง 22.67 kJ/kg จาก 421.80 kJ/kg หรือ 0.12 kW จาก 2.29 kW คิดเป็น 5.37% (รูปที่ 16 —◆—)

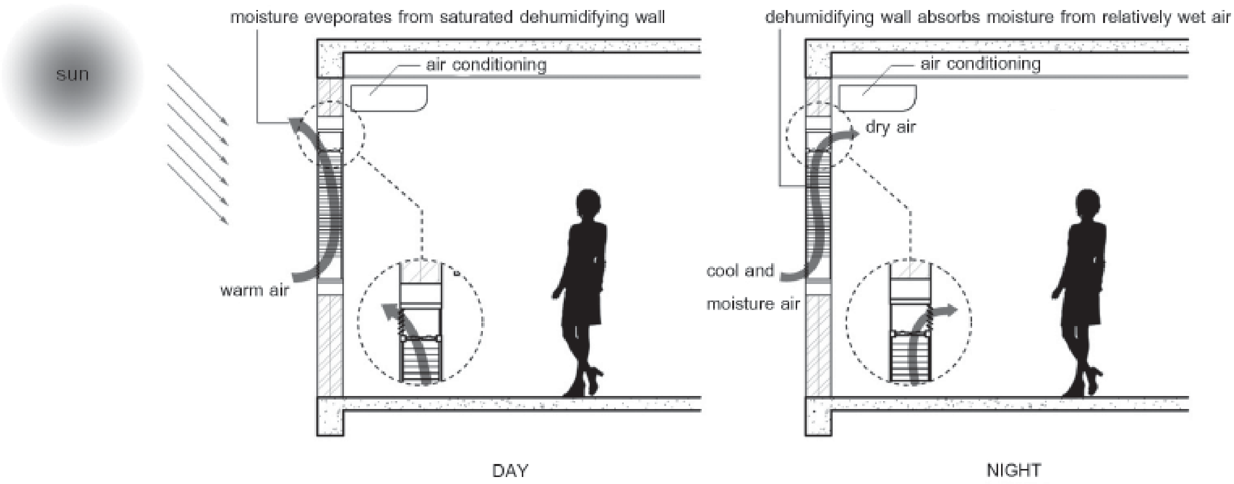
จากการทดลองพบว่า ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ สามารถลดค่าเอลทัลปีของอากาศได้เพียง 2-3 ชั่วโมงแรก ทั้ง ๆ ที่สามารถลดความชื้นภายในอากาศได้นานถึง 3-6 ชั่วโมง เนื่องจากค่าเอลทัลปีที่ได้จากการลดความชื้นภายในอากาศของผนังดูดซับความชื้นถูกหักล้างกับค่าเอลทัลปีที่สูงขึ้นจากอุณหภูมิของอากาศที่สูงขึ้นเมื่อผ่านผนังดูดซับความชื้น ดังนั้นเมื่อความสามารถในการดูดซับความชื้นของผนังดูดซับความชื้นลดลง แต่อุณหภูมิของอากาศหลังผ่านผนังดูดซับความชื้นไม่ได้ลดลงตามไปด้วย จึงส่งผลให้ผนังดูดซับความชื้นสามารถลดค่าเอลทัลปีของอากาศได้เพียงในช่วงชั่วโมงแรก ๆ ในการดูดซับความชื้น ซึ่งผนังดูดซับความชื้นสามารถดูดซับความชื้นจากอากาศได้ในปริมาณที่มาก

เปรียบเทียบความสามารถในการลดการใช้พลังงานเมื่อใช้ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ ในแต่ละฤดูกาล

จากผลการทดลองพบว่า ในฤดูฝนผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถลดค่าเอล-ทัลปีของอากาศได้มากที่สุด เพราะในช่วงฤดูนี้ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถลดอัตราส่วนความชื้นภายในอากาศได้มากที่สุด แต่จากการทดลองพบว่าในฤดูร้อนผนังดูดซับความชื้นสามารถลดค่าเอลทัลปีของอากาศได้น้อยกว่าฤดูหนาว ทั้ง ๆ ที่ช่วงฤดูร้อนผนังดูดซับความชื้นสามารถลดความชื้นภายในอากาศได้มากกว่าช่วงฤดูหนาว เนื่องจากค่าผลต่างค่าเอลทัลปีของอากาศขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ ผลต่างของอัตราส่วนความชื้นภายในอากาศกับผลต่างอุณหภูมิอากาศ เมื่อสังเกตผลการทดลองพบว่า ฤดูร้อนผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถลดอัตราส่วนความชื้นภายในอากาศได้มากกว่าฤดูหนาวไม่มาก แต่อากาศที่ผ่านผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ กลับมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าฤดูหนาวมาก อุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสามารถลดค่าเอลทัลปีของอากาศในฤดูร้อนได้น้อยกว่าฤดูหนาว

3. บทสรุป

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบเหมาะสมที่จะติดตั้งภายในอาคารที่พักอาศัยที่มีการ seal อาคาร และมีระบบการนำ outdoor air เข้ามาภายในอาคารที่เป็นไปตามมาตรฐานสากล เช่น ASHRAE 62.1 (Damiano & Dougan, 2004), อาคารที่ออกแบบตามเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงาน (Thirakomen, 2004) หรืออาคารที่มีการเปิดการใช้งานของเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลากลางคืน เพราะผนังดูดซับความชื้นนี้สามารถลดความชื้นภายในอากาศได้ในช่วงเวลากลางคืน ส่วนในช่วงกลางวันระบบจะคายความชื้นที่สามารถดูดซับได้ด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์หมุนเวียนอย่างเป็นระบบต่อเนื่องตลอดไป โดยไม่จำเป็นต้องถอดหรือเคลื่อนย้ายสารดูดความชื้น (ซิลิกาที่สกัดจากแกลบ) ไปอบคายความชื้น สามารถลดการใช้พลังงานในการเพิ่มความร้อนให้กับสารดูดความชื้นเพื่อลดความชื้นได้ (Chenvidyakarn, 2007) และจากผลการทดลองนี้ยังสามารถนำไปเป็นแนวทางการออกแบบระบบการทำงานของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบดังรูปที่ 17 นี้ติดตั้งพัดลมระบายอากาศไว้ด้านบนของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ โดยมีช่องระบายอากาศ 2 ด้าน ทั้งด้านในอาคารและด้านนอกอาคาร เปิดปิดสลับกันเมื่อต้องการใช้งานผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบในการดูดซับ หรือคายความชื้น และเปิดให้พัดลมระบายอากาศทำงานเพียงช่วงเวลากลางคืนเพื่อนำอากาศเข้ามาภายในห้อง ส่วนช่วงกลางวันอุณหภูมิภายในผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก ทำให้อากาศภายในผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบลอยตัวสูงขึ้น แล้วเคลื่อนที่ออกไปตามช่องระบายอากาศด้านบนอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเข้ามาแทนที่โดยเคลื่อนผ่านเข้ามาทางช่องระบายอากาศด้านล่าง หมุนเวียนกันไปอย่างต่อเนื่องจนกว่าอุณหภูมิภายในผนังดูดซับความชื้นจะเท่ากับหรือน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก จึงไม่จำเป็นต้องใช้พัดลมช่วยในการระบายอากาศ

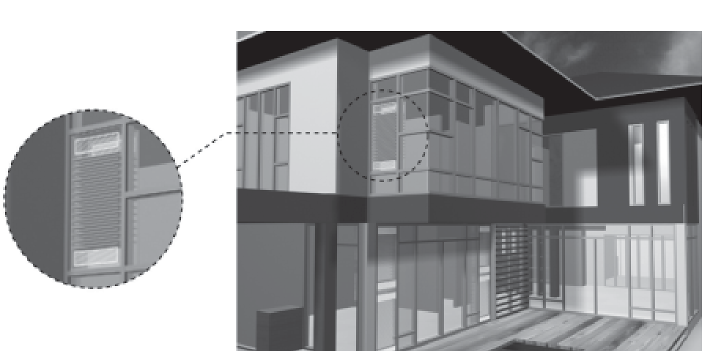


รูปที่ 17 ระบบการทำงานของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ

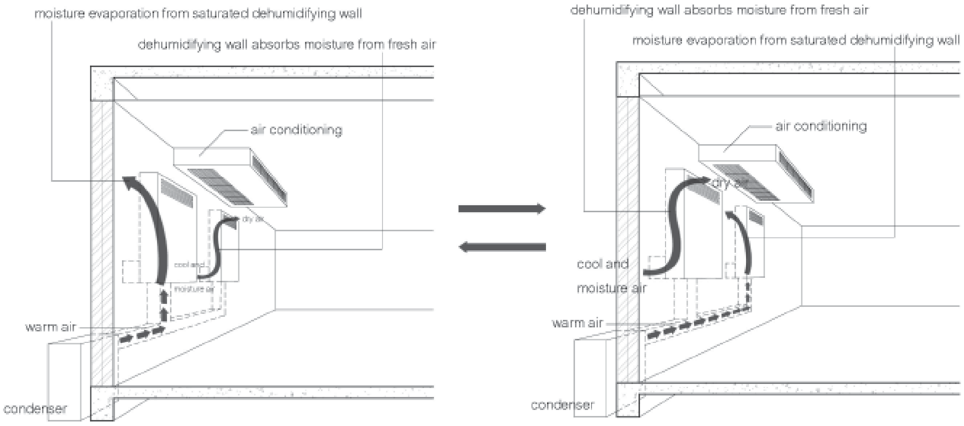
การนำผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบไปใช้งานจริงร่วมกับระบบปรับอากาศ ควรติดตั้งให้ช่องระบายอากาศด้านในของผนังดูดซับความชื้นอยู่ใกล้กับช่อง return air ของเครื่องปรับอากาศ หรือต่อช่องระบายอากาศเข้ากับกล่องผสมอากาศ (mixing box) เพื่อผสมอากาศที่ผ่านผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบกับอากาศภายในห้อง แล้วต่อเข้ากับช่อง return air ของเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้ fresh air ซึ่งผ่านการลดความชื้นจากผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบผ่านเข้าไปยังเครื่องปรับอากาศได้มากที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงาน และควรติดตั้งผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบไว้ในผนังอาคารด้านที่สามารถรับแสงแดดในช่วงกลางวันได้ และมีการระบายอากาศที่ดี เพื่อให้ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบมีประสิทธิภาพที่ดีทั้งการดูดซับและการคายความชื้น (รูปที่ 18)

ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบนอกจากช่วยลดความชื้นของอากาศก่อนจะมาภายในห้องแล้ว ยังช่วยในการบังแดดได้อีกด้วย เนื่องจากลักษณะของแผ่นดูดซับความชื้นที่ติดตั้งภายในผนังดูดซับความชื้นเป็นแนวนอนคล้ายกับแผงกันแดด จึงช่วยลดความร้อนจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ที่ส่องเข้ามาภายในห้องได้

จากผลการวิเคราะห์ในหัวข้อ 2.6 พบว่า ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบมีประสิทธิภาพในการลดค่าเอลทัลปีเพียง 2-3 ชั่วโมงแรกในการใช้งาน ซึ่งเมื่อคำนวณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ โดยคิดว่าเป็นห้องนอนในบ้านพักอาศัยที่เปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลากลางคืน การติดตั้งผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ 1 ชุด สามารถลดการใช้พลังงานในฤดูร้อนได้ 16.47 kW/month ในฤดูฝน 31.36 kW/month และในฤดูหนาว 16.20 kW/month หรือ



รูปที่ 18 การติดตั้งผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบภายในอาคารที่พักอาศัย



รูปที่ 19 การติดตั้งผนังดูดซับความชื้นในระบบหมุนเวียนกันดูดซับ และคายความชื้น

สามารถลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศได้ 255.8 kW/year

ดังนั้นในการนำผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบไปใช้จริงจึงไม่เหมาะกับอาคารหรือห้องที่มีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง เว้นแต่จะสร้างระบบขึ้นมาเพื่อที่จะคงอัตราการดูดซับความชื้นที่สูงในชั่วโมงแรกไว้ตลอดช่วงเวลาการดูดซับความชื้น เช่น อาจจะติดตั้งผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบนี้ 2-3 ชุด ไว้ในห้องปรับอากาศ 1 ห้อง แล้วเปิดสลับกันดูดซับและคายความชื้น โดยช่วงกลางวัน ผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบทั้งหมดจะทำการคายความชื้นด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์ ส่วนช่วงเวลากลางคืนควบคุมผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบดูดซับและคายความชื้นสลับกันทุก ๆ 1 ชั่วโมง หมุนเวียนกันในแต่ละชุดไปเรื่อย ๆ โดยใช้ความร้อนจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศมาช่วยคายความชื้นให้กับผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบ ดังรูปที่ 19

ในการนำผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบไปใช้งานจริงในอาคารขนาดใหญ่หรือห้องซึ่งมีอัตราการระบายอากาศที่สูง จำนวนและขนาดของผนังดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบอาจไม่เพียงพอในการดูดซับความชื้นของอากาศที่จะเข้ามา ดังนั้นรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ดูดซับความชื้นชิ้นนี้อาจจะเปลี่ยนไป โดยอาจจะออกแบบเป็นห้องใดห้องหนึ่ง ซึ่งใช้พื้นที่ว่างส่วนที่เหลือภายในอาคาร เช่น พื้นที่ใต้บันได หรือพื้นที่ใต้หลังคา เป็นต้น มาใช้ติดตั้งแผ่นดูดซับความชื้นด้วยซิลิกาที่สกัดจากแกลบไว้ภายในห้องทั้งห้อง โดยนำ fresh air จากอากาศภายนอกผ่านเข้ามาลดความชื้นภายในอากาศที่ห้องดูดซับความชื้นนี้ก่อน แล้วจึงนำอากาศนี้ไปผสมกับอากาศภายในอาคาร แล้วผ่านเข้าสู่ return air ของเครื่องปรับอากาศ และอาจจะใช้แหล่งความร้อนอื่นนอกจากแสงอาทิตย์ผ่านเข้ามาภายในห้องดูดซับความชื้นนี้ เมื่อต้องการคายความชื้นให้กับแผ่นดูดซับความชื้นที่ติดตั้งภายในห้อง

References

ASHRAE. (2005). *ASHRAE handbook: Fundamentals.* Atlanta, GA: Author.

Boonyatikarn, S. (1999). *เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า* [Technique for energy saving house design for a better quality of life]. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University Press.

Chenvidyakarn, T. (2007). Passive design for the thermal comfort in hot humid climates. *Journal of Architectural/ Planning Research and Studies, 5*(1), 1-27.

Damiano, L. A., & Dougan, D. S. (2004). *ASHRAE standard 62.1.* South Carolina, DC: Ebtron.

Gogkrue, S. (2003). *การศึกษาเตรียมแผ่นสารดูดความชื้นเพื่อใช้ในการลดภาระความร้อนที่ผ่านหลังคา* [A study of solid adsorption panel preparation for through-roof-heat-load reducing]. Master Thesis, Division of Materials Technology, King Mongnkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

Jaion, S. (2000). *การปรับปรุงสภาวะภายในห้องที่มีการระบายอากาศด้วยปล่องระบายอากาศโดยใช้สารดูดความชื้นเชิงอุตสาหกรรม* [Improving of indoor conditions of solar chimney ventilated building by industrial humidity absorber]. Master Thesis, Division of Energy Technology, King Mongnkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

Jongsuwanpaisan, T. (2003). *ศึกษาความสามารถในการดูดซับความชื้นของซิลิกาที่สกัดจากแกลบ* [A study of dehumidity from rice-husk silica]. Research Report, Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Pathum Thani, Thailand.

Kokanutranont, C. (1993). *การคาร์บอไนซ์แกลบในอิไดซ์เบด* [Carbonization of rice husk in fluidized]. Master Thesis, Department of Chemical Technology, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Leela-adisorn, U. (1993). *การเตรียมและศึกษาคุณลักษณะของซิลิกาคุณภาพสูงจากแกลบ* [Preparation and characterization of high-grade silica from rice husk]. Bachelor Thesis, Department of Materials Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Liwthanamongkol, N. (1995). *รวมข้อมูลก่อสร้าง* [Practical tables & data for building construction] (5th ed.). Bangkok, Thailand: Rungsaeng Karnpim.

Prueksapanich, S. (1986). *การปรับอากาศ: หลักการและระบบ* [Air conditioning: Basic principles and system]. Bangkok, Thailand: Physics Center.

Thirakomen, K. (2004). การประเมินระดับมาตรฐานอาคารยั่งยืน [Sustainable building assessment]. *Journal of Architectural Research and Studies, 2*, 1-21.