มารู้จักระบบการทำความเย็นแบบระเหย (evaporative cooling) กันเถอะ

*ชัยวัฒน์ ยิ้มช้าง**

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในสภาวะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ซึ่งประกอบอาชีพเกษตรกรรม และปศุสัตว์เป็นหลัก อาทิเช่น การทำนา การเลี้ยงสัตว์ ซึ่งรายได้ของประเทศส่วนใหญ่ได้มาจากการส่งออกผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและเนื้อสัตว์ต่างๆ

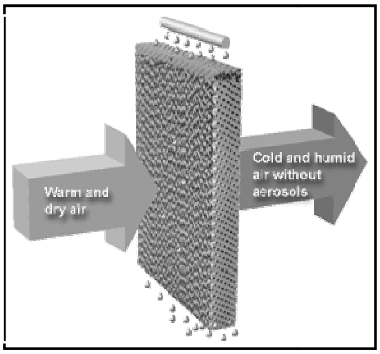
ประเทศไทยมีการนำระบบทำความเย็นแบบระเหยมาใช้ในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์มานาน โดยเฉพาะฟาร์มเลี้ยงไก่แบบอุตสาหกรรม ต่อมาได้นำไปใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่น เช่น โรงเรือนเลี้ยงสุกรและโรงเรือนเลี้ยงโคนม นอกจากนี้ยังนำไปใช้กับโรงเพาะปลูกกล้วยไม้อีกด้วย

ระบบการทำความเย็นแบบระเหย (evaporative cooling) เป็นการลดอุณหภูมิและการเพิ่มความชื้นโดยอาศัยการระเหยของน้ำ เป็นการทำความเย็นตามธรรมชาติ ที่มีค่าใช้จ่ายต่ำมาก ถ้าเทียบระบบทำความเย็นแบบระเหยกับระบบทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศ ในแง่ของประสิทธิภาพและราคาระบบทำความเย็นแบบระเหยจะถูกกว่าการใช้ระบบคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศถึงประมาณ 10 เท่า การระเหยของน้ำเพียง 1 ส่วน สามารถทำความเย็นได้เมื่อเทียบกับความเย็นจากน้ำแข็งถึง 7 ส่วน

ระบบการทำความเย็นแบบระเหย (evaporative cooling)

ระบบทำความเย็นแบบระเหย เป็นระบบที่ความเหมาะสมที่จะใช้ในพื้นที่อากาศแบบร้อนแห้ง ทำงานโดยอาศัยอากาศภายนอกวิ่งผ่านตัวกลาง (evaporative media) อาจจะเป็นม่านน้ำหรือน้ำโดยตรง อากาศจากภายนอกซึ่งเป็นอากาศร้อน เมื่ออากาศร้อนเคลื่อนที่ผ่านม่านน้ำ น้ำก็จะดึงความร้อนออกจากอากาศ น้ำส่วนหนึ่งจะระเหยและอีกส่วนหนึ่งก็จะตกลงไปยังถาดรองรับน้ำหรือถังเก็บและน้ำที่ถังเก็บก็จะถูกหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่โดยปั๊ม (pump) ผลที่ได้คืออุณหภูมิของอากาศที่ผ่านม่านน้ำแล้วจะมีอุณหภูมิลดลงเพื่อนำไปใช้ในการทำความเย็นหรือปรับอากาศต่อไป

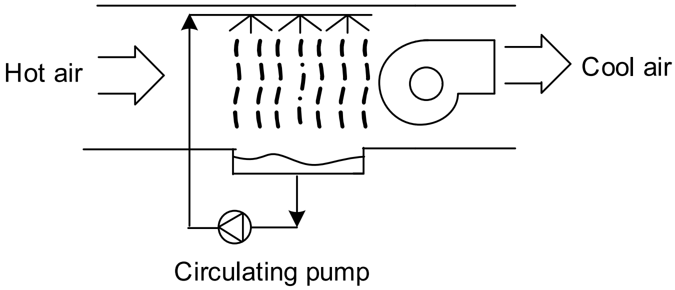
*อาจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์



ภาพประกอบที่ 1 หลักการทำความเย็นแบบระเหย
(ที่มาภาพ: http://ag.arizona.edu/pubs/consume /az9145.pdf.)

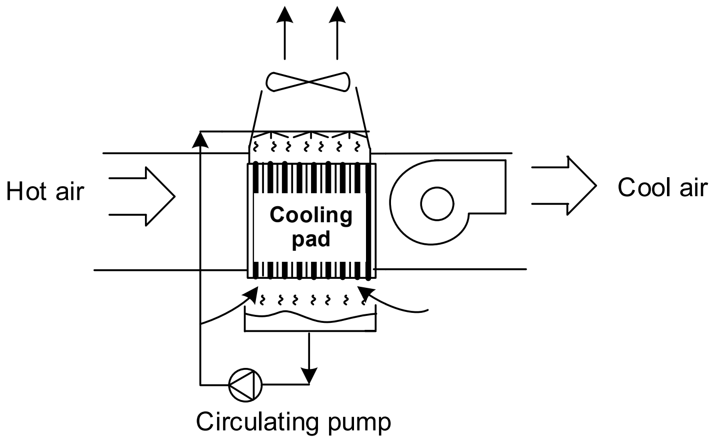
กระบวนการทำความเย็นแบบระเหยสามารถแบ่งการทำงานเป็น 2 แบบ คือ

1. ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย เป็นแบบที่พ่นละอองน้ำขนาดเล็กลงมาเพื่อทำให้เกิดระเหยได้ดี มีข้อดีคือไม่มีปัญหาในเรื่องการต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศและมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูง แต่จะมีปัญหาเรื่องความชื้นสูงตามประสิทธิภาพด้วย



ภาพประกอบที่ 2 ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย

2. ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็น เป็นแบบที่ให้น้ำไหลผ่านตัวกลางที่ถูกออกแบบเป็นช่องรูพรุนมีสมบัติดูดซึมน้ำได้ดีและมีความสามารถทำให้เกิดการระเหยของน้ำเมื่ออากาศผ่านเข้าไปตามช่อง



ภาพประกอบที่ 3 ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็น

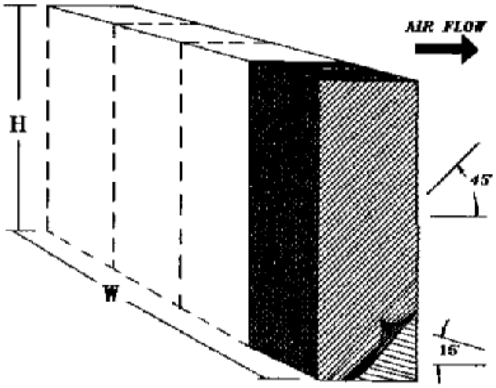
ระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็นมีแผ่นทำความเย็นอยู่ 2 แบบ คือ

1. fiber pad ส่วนใหญ่จะทำมาจากไม้ aspen นำมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ไว้ในถุงตาข่ายและจะทำการเคลือบสารเพิ่มความเปียก (wetability additives) ราคาและประสิทธิภาพของแผ่นทำความเย็นชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับความหนา โดยทั่วไปจะมีความหนา 2.5 ถึง 5 เซนติเมตร โดยแผ่นทำความเย็นชนิดนี้จะเกิดเชื้อราได้ง่ายและยากต่อการบำรุงรักษาจึงไม่เป็นที่นิยมใช้มากนัก

ภาพประกอบที่ 4 fiber pad ที่ทำจากไม้ aspen (ที่มาภาพ:ฮิวเทคเอเชีย (ม.ป.ป.). เอกสารคู่มือสินค้า แผ่น Cooling pad CELdek . กรุงเทพฯ: ฮิวเทคเอเชีย.)

2. rigid cellulose pad ทำมาจากกระดาษเหนียวมีสมบัติดูดซึมน้ำผ่านการเคลือบสารเคมีให้มีความแข็งแรงและทนต่อการเชื้อรา การนำมาใช้งานจะมีการขึ้นรูปเป็นลอน กำหนดมุมไหลผ่านของน้ำและมุมไหลผ่านของอากาศ และรวมเป็นแผ่นให้มีความหนาเชื่อมต่อกัน ซึ่งมุมที่กำหนดจะมีผลต่อ

ประสิทธิภาพของการทำความเย็น ปกติแผ่นทำความเย็นชนิดนี้จะมีความหนา 20 เซนติเมตร หรือ 30 เซนติเมตร ตัวอย่างเช่น กำหนดให้มุมน้ำมีค่า 45 ^{o} และมุมลม 15 ^{o} ดังภาพ 6



ภาพประกอบที่ 5 rigid cellulose pad
(ที่มาภาพ: http://www.piec.com/page17.htm)

ข้อแตกต่างของแผ่นทำความเย็น fiber pad ที่ทำจากไม้ aspen กับ rigid cellulose pad คือ rigid cellulose pad จะไม่ต้องใช้กรอบในการติดตั้งเนื่องจากแผ่นทำความเย็นชนิดนี้ประกอบเป็นรูปแบบสำเร็จเมื่อนำมาใช้งานเพียงนำมาเรียงต่อกันโดยอาศัยโครงยึดจับด้านบนเท่านั้น rigid cellulose ไม่มีปัญหาเรื่องการหลุดของเส้นใยและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า fiber padที่ทำจากไม้ aspen เพราะมีการเคลือบด้วยสารเคมีที่มีความสามารถคงสภาพได้นานและง่ายต่อการบำรุงรักษาแต่ก็มีข้อเสีย คือ rigid cellulose pad จะมีราคาสูงกว่าด้วย

.สมดุลพลังงานและมวลในกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

เนื่องจากกระบวนการของระบบทำความเย็นแบบระเหยเป็นกระบวนการอะเดียบาติกอุณหภูมิของอากาศอิ่มตัวที่เรียกว่า อุณหภูมิอิ่มตัวแบบอะเดียบาติก (adiabatic saturation temperature) และเนื่องจากมีปริมาณน้ำบางส่วนระเหยไป ดังนั้นเพื่อให้กระบวนการเป็นแบบกระบวนการคงที่ (steady.state) จำเป็นต้องมีน้ำมาชดเชยและความดันที่เกิดขึ้นภายในถือได้ว่าคงที่ ดังนั้นเมื่อไม่คิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ สมดุลมวลและสมดุลพลังงานสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\dot{m}_a h_1 + \dot{m}_a (w_2 - w_1) h_f = \dot{m}_a h_2$$

หรือ

$$\dot{m}_a (h_{a1} + w_1 h_{w1}) + \dot{m}_a (w_2 - w_1) h_f = \dot{m} (h_{a2} + w_2 h_{w2})$$

และเมื่ออากาศไหลผ่านกระบวนการดังนั้นสมดุลของอากาศคือ

$$\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2}$$

และสมดุลมวลความชื้น

$$\dot{m}_{a1} w_1 + \dot{m}_w w = \dot{m}_{a2} w_2$$

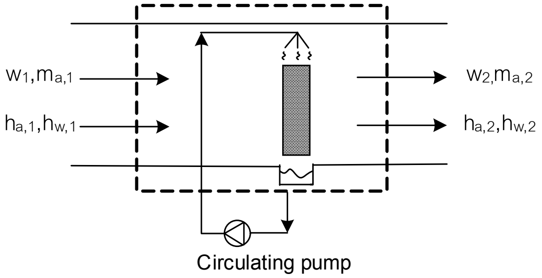
ดังนั้นปริมาณน้ำที่ระเหยคือ

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (w_2 - w_1)$$

และจากสมการ (5) จะเขียนได้ว่า

$$h_f = \frac{h_2 - h_1}{w_2 - w_1}$$

โดยที่ $h_f < h_w$ และ



ภาพประกอบที่ 6 การถ่ายเทอากาศ
ในระบบทำความเย็นแบบระเหย

$\dot{m}_w$ คือ อัตราการไหลของอากาศชื้น (kg_w / s)

$\dot{m}_a$ คือ อัตราการไหลของอากาศแห้ง $(kg_{dry\ air}/s)$

h_f คือ เอนทาลปีของน้ำที่ผิวเปียก (kJ/kg)

h_1 คือ เอนทาลปีของอากาศก่อนผ่านผิวเปียก (kJ/kg)

h_2 คือ เอนทาลปีของอากาศหลังผ่านผิวเปียก (kJ/kg)

h_{w1} คือ เอนทาลปีของอากาศชื้นก่อนผ่านผิวเปียก (kJ/kg)

h_{w2} คือ เอนทาลปีของอากาศชื้นหลังผ่านผิวเปียก (kJ/kg)

w_1 คือ อัตราส่วนความชื้นเข้า $(kg_w/kg_{dry\ air})$

w_2 คือ อัตราส่วนความชื้นออก $(kg_w/kg_{dry\ air})$

ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย

ประสิทธิภาพของการทำความเย็นแบบระเหยจะขึ้นอยู่กับสภาวะของอากาศที่ใกล้สภาวะอิ่มตัว ซึ่งจะเป็นตัวบอกสมรรถนะในการทำงานของระบบการทำความเย็นแบบระเหยโดยทั่วไปแสดงในรูปประสิทธิภาพอิ่มตัว (saturation efficiency) ซึ่งจะเป็นการพิจารณาจากผลของอุณหภูมิจากการระเหย

ของน้ำเมื่อมีอากาศไหลผ่านผิวเปียก ดังนั้นการพิจารณาประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหยสามารถประเมินดังนี้

$$\varepsilon_{ev} = \frac{T_{db,i} - T_{db,o}}{T_{db,i} - T_{wb,i}} \times 100$$

โดยที่ ε_{ev} คือ ประสิทธิภาพการทำความเย็น (%)

$T_{db,i}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนผ่านผิวเปียก (^{o}C)

$T_{db,o}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศหลังผ่านผิวเปียก (^{o}C)

$T_{wb,i}$ คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศก่อนผ่านผิวเปียก (^{o}C)

ระบบการทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย จะให้ประสิทธิภาพถึงร้อยละ 90 ถึงร้อยละ 98 ที่ความดัน 25 psi ของแรงดันหัวฉีดละอองน้ำ ส่วนระบบทำความเย็นแบบระเหยแบบแผ่นทำความเย็น ประสิทธิภาพการทำความเย็นจะอยู่ในช่วงค่อนข้างกว้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของอากาศที่ไหลผ่านพื้นที่และความหนาของแผ่นทำความเย็น รวมทั้งความสามารถในการซึมซับน้ำของแผ่นทำความเย็น ซึ่งโดยทั่วไปจะประมาณร้อยละ 70 ถึงร้อยละ 80 และถ้ามีการบำรุงรักษาประสิทธิภาพสามารถทำได้ถึงร้อยละ 90

บทสรุป

ในสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบันที่แนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะค่าไฟฟ้า เกษตรกรที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมและปศุสัตว์ต้องลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นเพื่อลดต้นทุนการผลิต และเมื่อระบบทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งเป็นระบบที่ประหยัดกว่าระบบการปรับอากาศด้วยคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นระบบทำความเย็นแบบระเหยน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับเกษตรกรในการนำมาใช้หรือประยุกต์ใช้ให้เหมาะกับการประกอบอาชีพของตนเอง

****

เอกสารอ้างอิง

สมชาย มณีวรรณ์ และชัยวัฒน์ ยิ้มช้าง (2550) **การศึกษาแผ่นเซลล์กระดาษสาสำหรับระบบทำความเย็นแบบระเหย**. วารสารวิจัยและพัฒนา มสธ. ปีที่ 30 ฉบับที่ 3 (ก.ค. - ก.ย. 2550) หน้า 523-536 /

ปัทมรัตน์ ศาสตร์สาระและคณะ (2547) **ประสิทธิผลอิ่มตัวของแผ่นทำความเย็นแบบ ระเหยที่ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์เป็นตัวกลางผิวเปียก**. วิทยานิพนธ์ วศม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี.

Arizona Cooperative extension (July 01,1991) **Evaporative cooler water use.** Retrieved on May 01,1994. from:http://ag.arizona.edu/pubs/consumer/az9145.pdf.

Crum, D. R. (1982) Indirect Evaporative Cooling Performance. ASHARE / Transaction, 93,2.

****