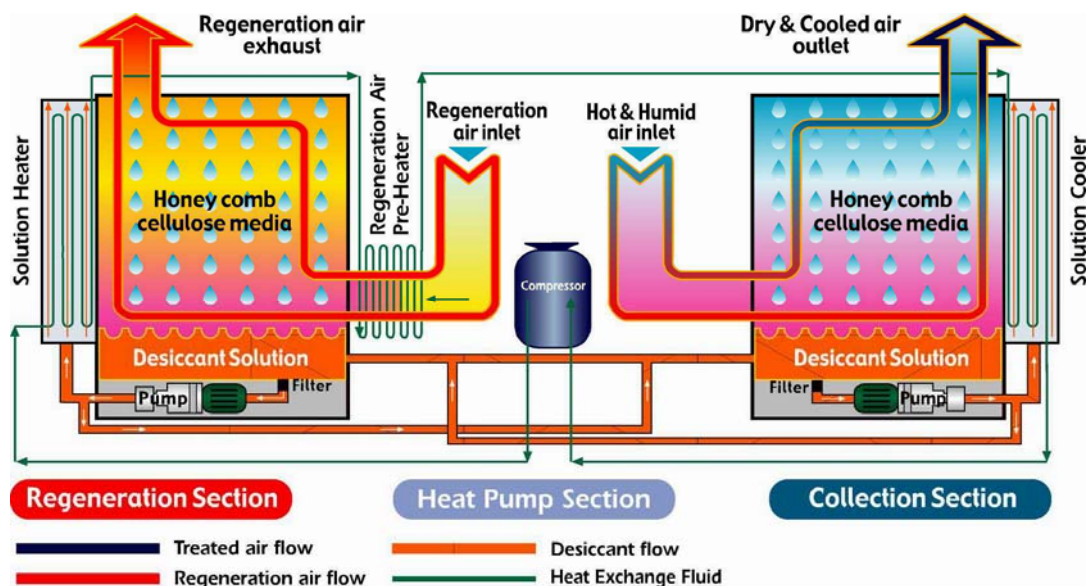


## ข้อมูลเทคโนโลยีเชิงลึก การลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลว (Liquid Desiccant Dehumidification)

### 1. หลักการทำงานของเทคโนโลยี <sup>(1) (2)</sup>

เทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวอาศัยการทำงานของสารละลายของสารดูดความชื้นในการดึงความชื้นออกจากอากาศ โดยสามารถควบคุมความชื้นของอากาศได้ในระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 40% RH ในช่วงอุณหภูมิประมาณ  $22 \pm 1$  °C โดยระบบลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนดูดความชื้น (Collection Section), ส่วนคายความชื้น (Regeneration Section) และส่วนปั๊มความร้อน (Heat Pump Section) ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1: แสดงส่วนประกอบของระบบลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลว

- ส่วนดูดความชื้น (Collection Section) จะดูดอากาศที่ต้องการลดความชื้นผ่านส่วนดูดความชื้น ที่มีสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ซึ่งไหลผ่าน Heat Exchanger ฝั่งเย็นและได้รับการถ่ายเทความร้อนจาก Heat Exchanger จนมีอุณหภูมิต่ำ ฝุ่นกระจายเป็นละอองฝอยอยู่ในส่วนดูดความชื้น เมื่ออากาศที่ต้องการลดความชื้นสัมผัสกับสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ตัวสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ก็จะดูดความชื้นในอากาศไว้พร้อมกับถ่ายเทความร้อนจากสารละลายให้แก่อากาศ จึงทำให้อากาศที่ผ่านส่วนดูดความชื้นมีคุณสมบัติแห้งและเย็น สารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ที่ดูดความชื้นไว้ก็จะไหลลงมายังถาดรองรับ และไหลวนจากด้านดูดความชื้นไปยังส่วนคายความชื้น (Regeneration Section)
- ส่วนคายความชื้น (Regeneration Section) จะมีปั๊มซึ่งทำหน้าที่ดูดสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ไหลผ่าน Heat Exchanger ฝั่งร้อน และได้รับการถ่ายเทความร้อนให้สารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) จนมีอุณหภูมิสูงขึ้น

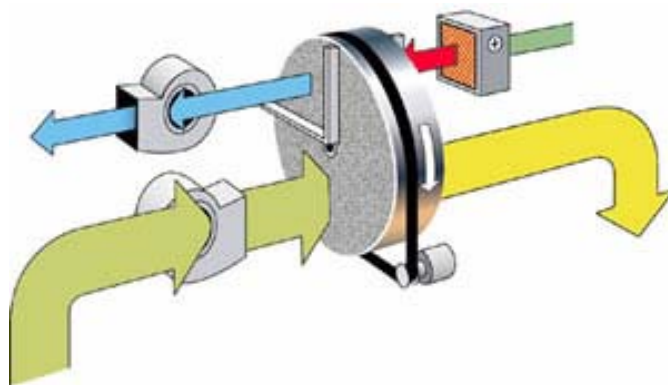
หลังจากนั้นจะพ่นเป็นละอองฝอยลงในด้านคายความชื้น และเครื่องจะดูดอากาศจากภายนอกมาผ่าน Pre-Heat Coil ของส่วนบีบความร้อน เพื่อให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น เมื่ออากาศจากภายนอกสัมผัสกับสารละลาย ลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ด้านคายความชื้น อากาศจากภายนอกก็จะพาความชื้นที่เกาะอยู่ที่สารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ออกไปด้วย สารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ที่คายความชื้นออกก็จะไหลวนกลับไปยังด้านดูดความชื้นเพื่อทำการดูดความชื้นต่อไป

- ส่วนบีบความร้อน (Heat Pump Section) จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของน้ำยา R-22 เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและความเย็นให้แก่ Heat Exchanger ทั้งฝั่งร้อนและฝั่งเย็นซึ่งจะนำไปใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิและลดอุณหภูมิของสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) จึงเห็นได้ว่ากระบวนการต่างๆของระบบลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวจะมีการใช้พลังงานหลักที่ส่วนบีบความร้อนเท่านั้น และได้นำคุณสมบัติด้านความเย็นและความร้อนไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ จึงทำให้มีการใช้พลังงานที่น้อยกว่าระบบอื่นๆ

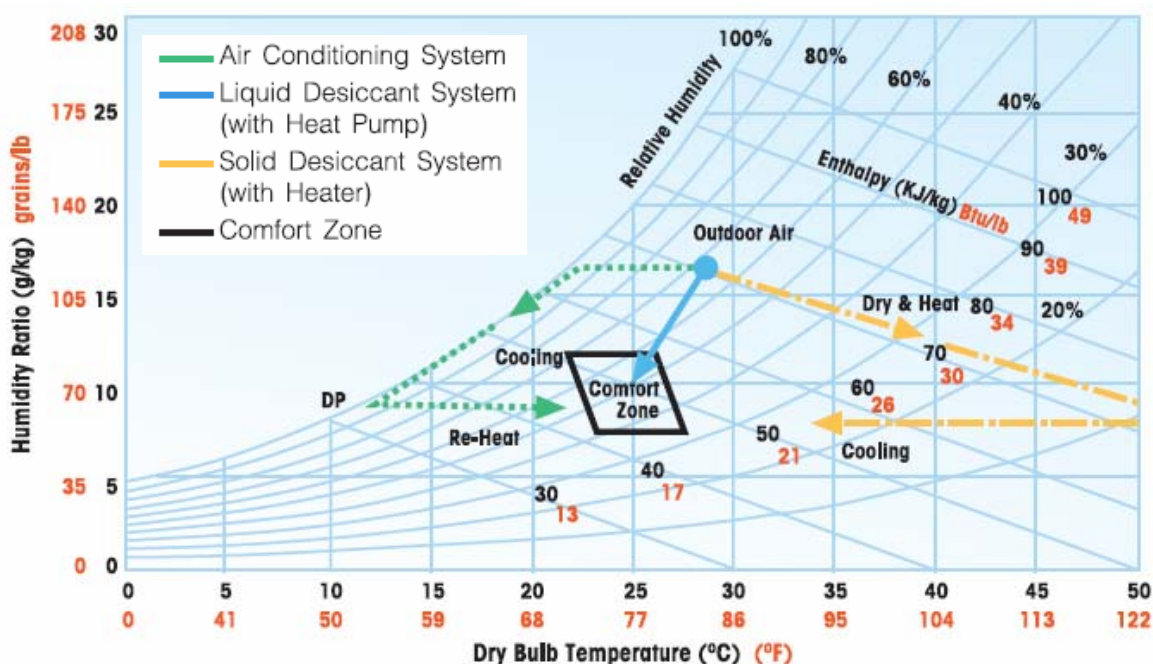
## 2. การใช้ทดแทนเทคโนโลยีเดิม <sup>(2) (3)</sup>

ในอดีตรอกแบบระบบควบคุมความชื้นในระดับต่ำกว่า 40% RH โดยมีอุณหภูมิของห้องปรับอากาศประมาณ  $22 \pm 1^\circ\text{C}$  มีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องลดความชื้น (Desiccant Dehumidifying Unit) ในการรักษาระดับความชื้นภายในห้องให้ได้ตามต้องการ เนื่องจากเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปไม่สามารถดึงความชื้นออกจากอากาศที่สภาวะดังกล่าว ดังนั้นเครื่องปรับอากาศจึงทำหน้าที่ในการเก็บความร้อนสัมผัสของห้องเท่านั้น และความชื้นที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกกำจัดโดยเครื่องลดความชื้นแต่เพียงอย่างเดียว

เครื่องลดความชื้นแบบเดิมที่นิยมใช้กันจะเป็นชนิดกงล้อดูดความชื้น (Desiccant Wheel) ซึ่งมีการใช้สารดูดความชื้น อาทิเช่น LiCl หรือ Silica Gel และมีการใช้ Heater ซึ่งอาจเป็น Electric Heater หรือ Steam Heater ในการเพิ่มอุณหภูมิอากาศเพื่อไล่ความชื้นออกจากสารดูดความชื้น ซึ่งต้องใช้พลังงานสูงมาก และผลที่ตามมา คือ อากาศแห้งที่ส่งกลับสู่ห้องจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นมาก (เพิ่มประมาณ  $15 - 20^\circ\text{C}$  จากอุณหภูมิห้อง) จึงทำให้การออกแบบเครื่องปรับอากาศจะต้องมีขนาดการทำความเย็นที่มากขึ้น เพื่อชดเชยภาระความร้อนที่เกิดขึ้นจากเครื่องลดความชื้น ดังนั้น เทคโนโลยีในการควบคุมความชื้นแบบเดิมจึงจำเป็นต้องสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก (ดูรูป 2.1 และ แผนภูมิ Psychrometric ในรูป 2.2)



รูปที่ 2.1: แสดงระบบลดความชื้นด้วยกงล้อดูดความชื้นซึ่งใช้ Electric Heater



รูปที่ 2.2: แผนภูมิ Psychrometric เปรียบเทียบสภาวะอากาศสำหรับระบบควบคุมความชื้นแบบต่างๆ<sup>(3)</sup>

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเครื่องลดความชื้น และอุปกรณ์ลดความชื้นสำหรับเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมาก เทคโนโลยีใหม่ที่กล่าวถึงนี้คือ เครื่องลดความชื้นแบบสารดูดซึมเหลว (Liquid Desiccant) ซึ่งใช้สารดูดความชื้นชนิดสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ในการดึงความชื้นและลดอุณหภูมิของอากาศไปพร้อมกัน ข้อได้เปรียบอย่างหนึ่งของเทคโนโลยีนี้คือ การออกแบบใช้งานร่วมกับระบบปั๊มความร้อนทำให้การใช้พลังงานของตัวเครื่องเหลือเพียง 1 ใน 3 เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเดิม อากาศที่ผ่านการดึงความชื้นออกจะมีคุณสมบัติแห้งและเย็น มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องลดความชื้นประมาณ 5-7 °C จึงทำให้ขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทำความเย็นให้แก่ห้องมีขนาดเล็กลงได้ ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานของทั้งเครื่องลดความชื้นและเครื่องปรับอากาศลงได้อย่างมาก

### 3. ศักยภาพการประหยัดพลังงาน

จากข้อมูลกรณีศึกษาในประเทศไทย<sup>(3)</sup> เทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวสามารถลดการใช้พลังงานในกระบวนการลดความชื้นได้ประมาณ 50% เมื่อเทียบกับระบบลดความชื้นเดิมที่ใช้กังล้อดูดความชื้น (Desiccant Wheel) และพลังงานไฟฟ้า (Electric Heater) หรือพลังงานความร้อน (Steam Heater) ในการไล่ความชื้นจากกังล้อดูดความชื้น (Regeneration)

จากข้อมูลผลการติดตั้งใช้งานของผู้จำหน่าย<sup>(2)(4)</sup> ในการนำเทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวมาติดตั้งสำหรับห้องบรรจุอาหารอบแห้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบ Vacuum Freeze Drying เพื่อควบคุมสภาวะ

อากาศของห้องดังกล่าวให้มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำมาก คือ 30% RH ที่อุณหภูมิห้อง 22.5 °C การเปรียบเทียบการลงทุนและการประหยัดพลังงานระหว่างระบบปรับอากาศและความคุมความชื้นแบบเดิมกับแบบใหม่ ดังตารางต่อไปนี้

รายละเอียดงบประมาณการลงทุน	ระบบ Liquid Desiccant	ระบบ Desiccant Wheel	ส่วนต่าง
1. ระบบ Air-Cooled Split Type (บาท)	1,250,000 (25 tons)	1,750,000 (35 tons)	500,000
2. เครื่องลดความชื้น (บาท)	1,500,000	1,350,000	-150,000
<b>งบประมาณการลงทุนทั้งหมด (บาท)</b>	<b>2,750,000</b>	<b>3,100,000</b>	<b>350,000</b>
<b>1. ระบบปรับอากาศ</b>			
ขนาดทำความเย็นรวม (Ton)	25	35	10
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	37.5	52.5	15
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 เดือน (kW/เดือน)	27,000	37,800	10,800
<b>ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า (บาท/เดือน)</b>	<b>74,250</b>	<b>103,950</b>	<b>29,700</b>
<b>2. ระบบควบคุมความชื้น</b>			
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	25	70	45
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 เดือน (kWh/เดือน)	18,000	50,400	32,400
<b>ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า (บาท/เดือน)</b>	<b>49,500</b>	<b>138,600</b>	<b>89,100</b>
<b>รวมค่าใช้จ่ายไฟฟ้าทั้งหมด (บาท/เดือน)</b>	<b>123,750</b>	<b>242,550</b>	<b>118,800</b>
<b>รวมค่าใช้จ่ายไฟฟ้าทั้งหมด (บาท/ปี)</b>	<b>1,485,000</b>	<b>2,910,600</b>	<b>1,425,600</b>

หมายเหตุ: คัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ 2.75 บาท/kWh, 24 ชั่วโมง/วัน, 30 วัน/เดือน, 1.5 kW/ton

จากตารางข้างต้นสามารถจะเห็นได้ว่าการใช้ระบบลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลว สามารถลดงบประมาณรวมในการลงทุนได้ประมาณ 10% – 15% รวมทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้มากถึง 50%

#### 4. สภาพที่เหมาะสมกับการใช้เทคโนโลยี

เทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวเหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมหรืออาคารปรับอากาศที่ต้องการควบคุมความชื้นในพื้นที่หรือกระบวนการผลิตให้อยู่ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 40% RH เพื่อทดแทนระบบควบคุมความชื้นแบบกักล่อดูดความชื้นที่มีการใช้พลังงานสูง

## 5. กลุ่มเป้าหมายการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี

กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ได้แก่

- โรงงานผลิตและบรรจุอาหารอบแห้ง
- โรงงานผลิตอาหารแช่แข็ง
- โรงงานผลิตภัณฑ์นม
- โรงงานผลิตยา
- โรงงานผลิตภัณฑ์พลาสติก
- โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
- โรงงานผลิตเคมีภัณฑ์
- ฯลฯ



รูปที่ 5.1: ระบบลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวที่ติดตั้งในโรงงานผลิตยา<sup>(4)</sup>

## 6. ราคาของเทคโนโลยี

ราคาของระบบลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลว จะขึ้นอยู่กับขนาดติดตั้งของระบบและประเภทการติดตั้งใช้งาน โดยจากข้อมูลกรณีศึกษาการติดตั้งในประเทศไทย<sup>(2)</sup> ค่าใช้จ่ายของการติดตั้งระบบจะอยู่ที่ประมาณ 400,000 – 600,000 บาทต่อขนาดอัตราการไหล 1,000 CFM

## 7. ระยะเวลาคืนทุนของเทคโนโลยี

จากข้อมูลจากกรณีศึกษาในต่างประเทศ<sup>(1)</sup> และกรณีศึกษาการติดตั้งในประเทศไทย<sup>(2)</sup> เทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวสามารถให้ผลประหยัดซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 – 5 ปี

## 8. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลว มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำอยู่ในระดับเดียวกับเครื่องปรับอากาศทั่วไป และสารลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) ซึ่งเป็นสารดูดความชื้นเหลว เป็นสารที่มีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ (ระดับใกล้เคียงกับเกลือโซเดียมคลอไรด์)

## 9. ความแพร่หลายและศักยภาพการขยายผลในประเทศไทย

จากการตรวจสอบกับผู้จำหน่ายและฐานข้อมูลโรงงานอาคารควบคุมของ พพ. ประมาณการว่ามีการนำเทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวไปประยุกต์ใช้แล้วกับสถานประกอบการประมาณไม่เกิน 3% ของจำนวนสถานประกอบการที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ได้ (ประมาณ 40 แห่งจาก 1,218 แห่ง)

โดยเมื่อพิจารณากลุ่มเป้าหมายการใช้เทคโนโลยีนี้ ในกลุ่มอุตสาหกรรมและอาคารที่มีศักยภาพแล้วพบว่า เทคโนโลยีนี้สามารถขยายผลในสถานประกอบการที่มีการใช้พลังงานรวมกันประมาณ 472 ktoe ตามข้อมูลการใช้พลังงานของประเทศไทยในปี 2549<sup>(5)</sup> และจากการประมาณการในกรณีที่ 20% ของสถานประกอบการที่มีศักยภาพเหล่านี้นำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้จะทำให้เกิดผลประหยัดพลังงานให้กับประเทศได้ปีละประมาณ 378 ล้านบาท

## 10. ตัวอย่างกรณีศึกษา<sup>(3)</sup>

กรณีศึกษา:	โรงงานบริษัท โรงงานเภสัชกรรมแอตแลนติก จำกัด
ประเภทโรงงาน:	ผลิตยา
การใช้เทคโนโลยี:	ติดตั้งระบบลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวชนิดใช้ปั๊มความร้อน ทำงานร่วมกับระบบปรับอากาศของโรงงาน เพื่อควบคุมสภาพความดัน อุณหภูมิ และความชื้นของพื้นที่กระบวนการผลิต
เงินลงทุน:	600,000 บาท (เครื่องลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวชนิดใช้ปั๊มความร้อนขนาด 1,650 CFM)
ผลประหยัดพลังงาน:	ไฟฟ้า 40,248 kWh
ค่าพลังงานที่ประหยัดได้:	110,688 บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายอื่นที่ประหยัดได้:	-
ระยะเวลาคืนทุน:	5.4 ปี

กรณีศึกษา:	โรงงานบริษัท ดัชมิลล์ จำกัด
ประเภทโรงงาน:	ผลิตอาหารประเภทผลิตภัณฑ์นม
การใช้เทคโนโลยี:	ติดตั้งระบบลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นเหลวชนิดใช้ป้อนความร้อน ทำงานร่วมกับระบบเติมอากาศควบคุมความชื้น (ฮีทไปป์) เพื่อควบคุมสภาพอุณหภูมิ และความชื้นภายในตู้ฉีดพลาสติกสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม
เงินลงทุน:	1,654,000 บาท (แบ่งเป็น ค่าเครื่องลดความชื้นด้วยสารดูดความชื้นขนาด 1,000 CFM 592,000 บาท, ค่าระบบเครื่องเติมอากาศ 476,000 บาท, ค่าติดตั้งงานระบบและค่าอุปกรณ์อื่นๆ 586,000 บาท)
ผลประหยัดพลังงาน:	ไฟฟ้า 207,360 kWh/ปี
ค่าพลังงานที่ประหยัดได้:	570,240 บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายอื่นที่ประหยัดได้:	-
ระยะเวลาคืนทุน:	2.9 ปี

## 11. แหล่งข้อมูลอ้างอิง

- (1) 1996 ASHRAE Handbook: HVAC System and Equipment, Chapter 22 Desiccant Dehumidification and Pressure Drying Equipment.
- (2) เอกสาร การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศและควบคุมความชื้นระดับต่ำโดยใช้เทคโนโลยีใหม่, บริษัท เนเชอรัล กรีน อินโนเวชั่น จำกัด
- (3) กรณีศึกษา 027 การใช้เครื่องลดความชื้นแบบสารดูดซึมเหลว (Liquid Desiccant Dehumidifier), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547
- (4) Newsletter, Dry-Cooling News, Spring 2004, Volume III, DryKor Inc.
- (5) รายงานพลังงานของประเทศไทยปี 2549, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน