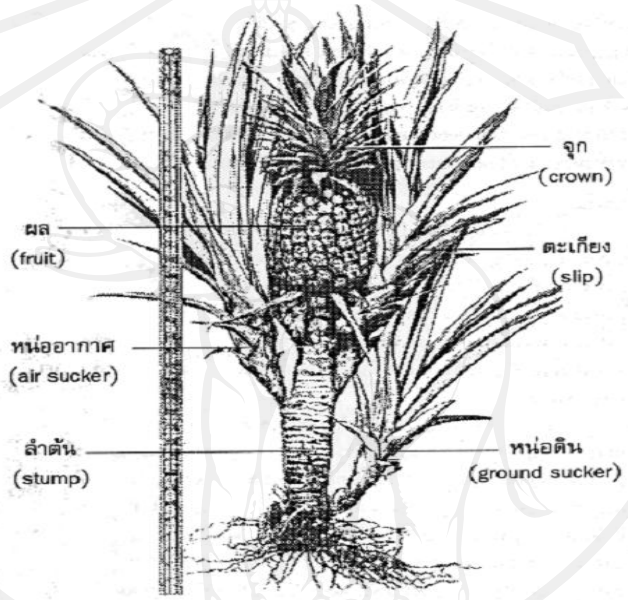
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 สับปะรด



รูปที่ 2.1 ลักษณะของต้นสับปะรด

สับปะรด (ชื่อทางวิทยาศาตร์: *Ananas comosus*) เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดมาจากแถวๆทวีปอเมริกาใต้ ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80-100 เซนติเมตร การปลูกก็สามารถปลูกได้ง่ายโดยการใช้หน่อหรือที่เป็นส่วนยอดของผลที่เรียกว่า จุก มาฝังกลบดินไว้และออกเป็นผลเปลือกของผลสับปะรดภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบผล โดยสับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดี ปลูกได้ในดินแทบทุกแห่งในประเทศไทย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ลำต้นจะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีกและสับปะรดสามารถดัดแปลงเป็นไม้ประดับได้อีกด้วย สับปะรดแบ่งออกตามลักษณะความเป็นอยู่ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ พวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ในดิน หรือเรียกว่าไม้ดิน พวกอาศัยอยู่ตามคาคบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม้หรือลำต้นไม้ใหญ่ได้แก่ไม้อากาศต่างๆที่ไม่แย่งอาหารจากต้นไม้ที่มันเกาะอาศัยอยู่พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับและพวกที่เจริญเติบโตบนผาหินหรือโขดหินส่วนสับปะรดที่เราใช้บริโภคจัดเป็นไม้ดิน แต่ยังมีลักษณะบางประการของไม้อากาศเอาไว้ คือสามารถเก็บน้ำไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อยมีเซลล์พิเศษสำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบ ทำให้ทนทานในช่วงแล้งได้ รูปลักษณะ เป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 90 - 100 เซนติเมตร มีลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเดี่ยวเรียงสลับซ้อนกันถี่มากรอบต้น กว้าง 6.5 ซม. ยาวได้ถึง 1 เมตร ไม่มีก้านใบ ดอกช่อออกจากกลางต้น มีดอกย่อยจำนวนมาก ผลเป็นผลรวมรูปทรงกระบอก มีใบเป็นกระจุกที่ปลาย

2.1.1 สับปะรดที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งตามกลุ่มพันธ์ได้ 3 กลุ่มพันธ์

สับปะรดที่ปลูกกันทั่วโลกมีมากมายหลายชนิดแต่สามารถจำแนกเป็นกลุ่มพันธุ์ตามเกณฑ์การพิจารณาจากลักษณะทางด้านรูปร่าง รูปทรง คุณภาพ และรสชาติ สำหรับในประเทศไทย โดยอาศัยพื้นฐานด้านรูปพรรณสัณฐานเป็นเกณฑ์สามารถจำแนกสับปะรดที่ปลูกในประเทศไทยได้ประมาณ 10 พันธุ์ และแบ่งเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่มพันธุ์ คือ

1. กลุ่ม สมูท กาแยน (Smooth cayenne) สับปะรดในกลุ่มนี้มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย นางแล และลักกะตา

2. กลุ่ม ควีน (Queen) สับปะรดในกลุ่มนี้มีรสชาดดีมีกลิ่นหอม เนื้อกรอบมีสีทองปนส้มสม่ำเสมอได้แก่พันธุ์สวี ภูเก็ต ตราดสีทอง สิงคโปร์ปัตตาเวีย และปัตตานี

3. กลุ่ม สเปนิช (Spanish) สับปะรดในกลุ่มนี้มีรสเปรี้ยว ได้แก่ พันธุ์อินทรชิตแดง และอินทรชิตขาว

พันธุ์สับปะรด

พันธุ์เพชรบุรี สับปะรดพันธุ์ใหม่แกะตาด้วยมือรับประทานผลสดได้ทันทีเป็นพันธุ์แนะนำวันที่รับรอง 18 มีนาคม 2541 พัฒนาพันธุ์โดย ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร และสถานีทดลองพืชสวนเพชรบุรี พันธุ์นี้ มีคุณลักษณะดีเด่นในด้านรับประทานผลสด และมีการเจริญเติบโตดี ลักษณะดีเด่นผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ภูเก็ตและสวี ซึ่งอยู่ในกลุ่มพันธุ์เดียวกัน 17.7 และ 23.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รสชาดหวานอมเปรี้ยว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solids) สูงถึง 16.9 องศาบริกซ์ และมีปริมาณกรดค่อนข้างต่ำเท่ากับ 0.45 เปอร์เซ็นต์ มีกลิ่นหอมแรง เนื้อกรอบใกล้เคียงกับพันธุ์สวีและภูเก็ต สีเนื้อเหลืองอมส้มสม่ำเสมอ สามารถแกะแยกผลย่อยหรือตา (fruitlet) ออกจากกันโดยง่าย และรับประทานแกนผลได้ ข้อจำกัดความต้านทานต่อโรคและแมลงที่สำคัญยังไม่ปรากฏหลักฐานการทำลาย หรือการศึกษากับพันธุ์สับปะรดทานผลสดเพชรบุรี(Tainan 41) พื้นที่แนะนำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สับปะรดพันธุ์นี้ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้ในสภาพอากาศค่อนข้างแห้งแล้ง แต่ไม่ชอบพื้นที่ที่มีน้ำขังแฉะ

พันธุ์ปัตตาเวีย เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งปลูกที่สำคัญคือ ประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี ลำปาง และมีการปลูกกันทั่วๆไปเพื่อขายผลสด เพราะมีรสหวานฉ่ำมีน้ำมาก ลักษณะทั่วๆไปคือ มีใบสีเขียวเข้ม และเป็นร่องตรงกลางผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีออกเทาเงิน ตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปทรงต่างกันไป มีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 2-6 กิโลกรัม แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม เปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มทางด้านล่างของผลประมาณครึ่งผล ก้านผลสั้นมีไส้ใหญ่เนื้อเหลืองอ่อน แต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน รสชาดดี ลักษณะด้อย ไม่พบตะเกียง ไม่ทนต่อโรคเหี่ยว และต้นเน่าไม่ทนต่อโรคผลแกน รูปทรงของผลขนาดใหญ่ไม่ดี

พันธุ์อินทรชิต เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทย ปลูกกันกระจัดกระจายทั่วไป แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่จังหวัดฉะเชิงเทรา ลักษณะทั่วๆไปคือ ขอบใบจะมีหนามแหลมร่างโค้งงอสีน้ำตาลอมแดง ใบสีเขียวอ่อนไม่เป็นมัน ขอบใบทั้ง 2 ข้างมีแถบสีแดงอมน้ำตาลตามแนวยาว ใต้ใบจะมีสีเขียวออกขาวและมีวาวออกสีน้ำเงินกลีบดอกสีม่วงเข้ม ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย รสหวานอ่อน มีตะเกียงติดอยู่ ที่ก้านผล เปลือกผลเหนียวแน่นทนทานต่อการขนส่ง เหมาะสำหรับบริโภคสด ลักษณะด้อย ไม่ค่อยทนแล้ง ผลขนาดเล็ก ตาเล็ก ตาลึกใบหนามาก เนื้อมีเยื่อใยมาก มีหลายจุก

พันธุ์ขาว เป็นพันธุ์พื้นเมือง เกษตรนิยมปลูกพันธุ์นี้ร่วมกับพันธุ์อินทรชิต เข้าใจว่าจะกลายพันธุ์มาจากพันธุ์อินทรชิต แหล่งปลูกที่สำคัญคือ ฉะเชิงเทรา ลักษณะทั่วๆไป มีใบสีเขียวอมเหลืองหรือเขียวใบไม้ ทรงพุ่มเตี้ยใบแคบและสั้นกว่าพันธุ์อินทรชิต ขอบใบมีหนามโค้งงอเข้าสู่ปลายใบโคนกลีบดอกสีม่วงอ่อน ปลายกลีบสีม่วงอมชมพู เนื้อผลสีเหลืองทอง รสหวานอ่อน ผลมักมีหลายจุก คุณภาพของเนื้อไม่ค่อยดีนัก ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักเฉลี่ย 0.85 กิโลกรัม มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีตาลึกทำให้ผลฟ่ามง่าย

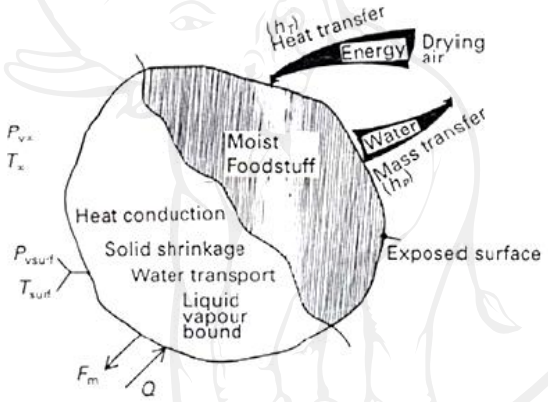
พันธุ์ภูเก็ต หรือสวี ปลูกกันมากในสวนยางจังหวัดภูเก็ต ชุมพร นครศรีธรรมราช และตราด โดยปลูกระหว่างแถวยาวรุ่นที่ยังมีอายุน้อยเพื่อเก็บผลขายก่อนกรีดยางมีชื่ออื่นๆ อีกเช่น พันธุ์ชุมพร พันธุ์สวี พันธุ์ตราดสีทอง ลักษณะทั่วๆไป ใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงในตอนกลางและปลายในขอบใบมีหนามสีแดงแคบและยาวกว่าพันธุ์อินทรชิตและ พันธุ์ขาวกลีบดอก สีม่วงอ่อน ผลมีขนาดเล็กกว่าทุกพันธุ์ที่กล่าวมาตาลึกเปลือกหนา เนื้อหวานกรอบสีเหลืองเข้ม เยื่อใยน้อย มีกลิ่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หอม เหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยมมากในภาคใต้ ลักษณะด้อย ผลดีขนาดเล็ก ตาลึก เนื้อมีช่องว่างเป็นโพรง ในมีหนามมาก หน่อมากเกินไปจนเป็นกอ

พันธุ์นางแล หรือน้ำผึ้ง ปลูกมากในจังหวัดเชียงราย ลักษณะทั่วๆไปคล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวีย แต่มีรูปร่างของผลทรงกลมกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ตานูน เปลือกบางกว่าและรสหวานจัดกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ผลแก่มีเนื้อในสีเหลืองเข้ม มีเยื่อใยน้อยเหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยมมากในภาคเหนือ ผลมีเปลือกบางมาก ขนส่งทางไกลไม่ดีนัก ลักษณะด้อย ผลมีขนาดเล็ก ทรงกลม ผลย่อย นูนพอง ขนส่งทางไกลไม่ค่อยดี

2.2 การอบแห้ง

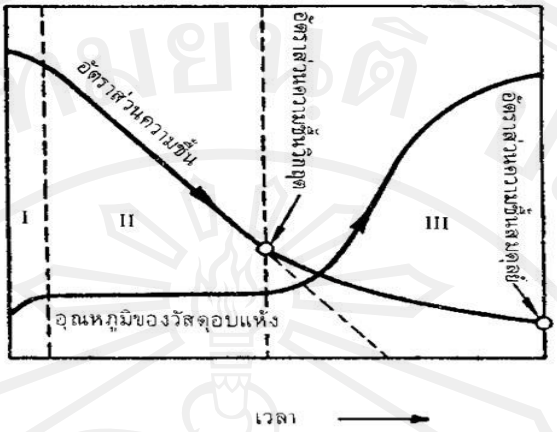


รูปที่ 2.2 แสดงกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างการอบแห้ง

ที่มา : (Macrae et al., 1993)

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นในวัสดุซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุชื้น เพื่อไล่ความชื่นออกไปโดยการระเหย ซึ่งในการอบแห้งวัสดุโดยทั่วไปจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง โดยที่การถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังวัสดุ และการถ่ายเทมวลจากวัสดุไปยังอากาศร้อนจะเกิดขึ้นพร้อมๆกันดังรูปที่ 2.2 ซึ่งการถ่ายเทมวลสารจะเป็นลักษณะการพามวลด้วยกำลังบังคับ (Forced Convection Mass Transfer) ความเข้มข้นที่ผิวของวัสดุต้องสูงกว่าความเข้มข้นของอากาศ และปริมาณการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับความแตกต่างอุณหภูมิ ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณผิวของวัสดุ ความร้อนก็จะถ่ายเทจากอากาศไปสู่บริเวณผิววัสดุ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงมวลและอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งกับเวลา

ที่มา : (เรียวโซ, 2525)

การอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงดังต่อไปนี้

I : ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ

II : ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

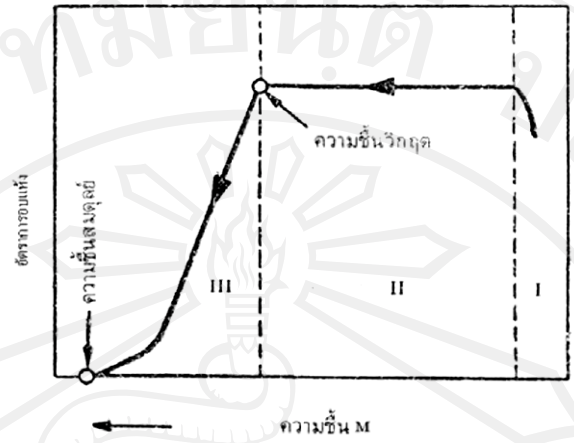
III : ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

ที่ผิวของวัสดุที่เปียกชื้น ความชื้นที่ผิวจะอยู่ในรูปของน้ำ ถ้าเอาวัสดุนี้มาอบแห้งภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งคงที่ อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวก็จะคงที่โดยอุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิของกระเปาะเปียกของลมร้อน ช่วงเวลาที่วัสดุใช้ในการเพิ่มจนถึงค่านี้ คือช่วง I ดังรูป 3 ในช่วงเวลา II ที่ถัดไป อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ ตราบใดที่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในรูปของน้ำที่ผิววัสดุ ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับในช่วงนี้ถูกใช้ในการระเหยความชื้นเท่านั้น อัตราส่วนของความชื้นของวัสดุจะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลาในช่วงนี้การอบแห้งจะเป็นแบบอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant Drying Rate)

ในช่วง III ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิวของวัสดุจะระเหยหมดไป เพราะการถ่ายเทความชื้นในรูปของน้ำจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของน้ำจากผิววัสดุ ดังนั้นผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น ปริมาณความร้อนที่วัสดุได้รับนอกจากจะลดลงแล้ว ความร้อนนี้ยังต้องใช้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุด้วยอัตราการอบแห้งจะลดลง (Falling Drying Rate)

การอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อความชื้นลดลงถึงค่าความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content) ส่วนค่าความชื้นที่จุดต่อระหว่างช่วง II และ III เรียกว่า ความชื้นวิกฤติ (Critical Moisture Content)

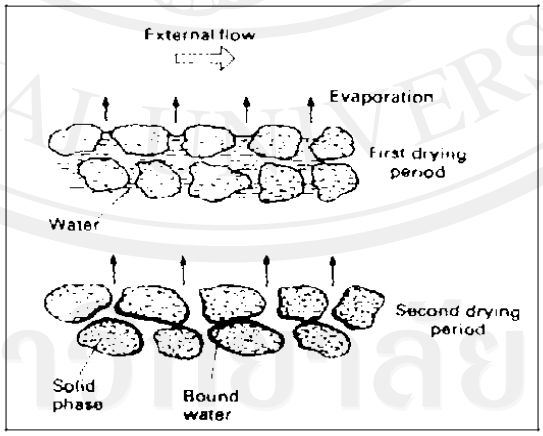
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.4 อัตราการอบแห้งเทียบความชื้นวัสดุ

ที่มา : (เรียวโซ, 2525)

รูปที่ 2.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราการอบแห้งเทียบกับความชื้นภายใต้อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วของอากาศคงที่ ทั้งนี้ในกรณีของวัสดุที่มีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลงที่ยาวนานมาก สามารถที่จะไม่คำนึงถึงช่วงให้ความร้อนเบื้องต้นของวัสดุก็ได้ อนึ่ง ในกรณีของวัสดุที่เปียกชื้นหรือในกรณีของวัสดุที่มีลักษณะเฉพาะบางชนิดอาจไม่มีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ก็ได้



รูปที่ 2.5 พฤติกรรมการระเหยของน้ำในวัสดุพรุน

ที่มา : (Masmoudi et al., 1990)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.5 แสดงพฤติกรรมการระเหยของน้ำอย่างคร่าวๆของวัสดุที่มีความพรุนมากเช่น กระดาษ ผ้า และทราย เป็นต้น จะเห็นว่าในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่จะมีน้ำอยู่เป็นปริมาณมากซึ่งอัตราการระเหยน้ำที่ผิวกับอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในไปสู่ผิวมีค่าเท่ากัน แต่เมื่อปริมาณน้ำในวัสดุลดลงมาก การเคลื่อนที่ของน้ำที่เกาะอยู่ตามซอกด้านในของเนื้อวัสดุมายังผิวนอกจะช้ากว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง

ความชื้นในวัสดุเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้ง ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้เป็นแบบ ความชื้นมาตรฐานเปียก (M_w) และความชื้นมาตรฐานแห้ง (M_d) ดังสมการ (1) และ (2)

ความชื้นมาตรฐานเปียก , M_w (wet basis)

$$M_w = \frac{(w-d)}{w} \times 100 \tag{2.1}$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง , M_d (dry basis)

$$M_d = \frac{(w-d)}{d} \times 100 \tag{2.2}$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, % w.b.
M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, % d.b.
w คือ น้ำหนักของวัสดุ, kg
d คือ น้ำหนักแห้งของวัสดุ, kg

ความชื้นมาตรฐานเปียกจะนิยมใช้กันในวงการค้า ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งนิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎีเพื่อช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งจะคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง

คุณสมบัติอากาศชื้น

ในกระบวนการอบแห้งพบว่า ตัวกลางในการอบแห้งวัสดุเป็นการอากาศไปที่ วัสดุที่ต้องการอบแห้ง อากาศนี้เราเรียกว่า “อากาศชื้น” เพราะประกอบด้วยอากาศแห้งและไอน้ำอากาศแห้งมีไนโตรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก แม้ว่าปริมาณโดยมวลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศที่ใช้ในการอบแห้งโดยทั่วๆ ไปจะน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ของมวลทั้งหมด แต่โมเลกุลของไอน้ำเหล่านี้มีผลต่อกระบวนการอบแห้งเป็นอย่างมาก ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องเข้าใจสมบัติของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อากาศชื้นก่อน เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับทำความเข้าใจกับกระบวนการอบแห้งต่อไปนี้ ซึ่งได้มีการกำหนดตัวแปรที่แสดงคุณสมบัติอากาศชื้น ดังนี้

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry-bulb Temperature: T_{db}) คือ อุณหภูมิของอากาศชื้นที่บอกโดยเทอร์โมมิเตอร์ทั่วไป

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-bulb Temperature: T_{wb}) คือ อุณหภูมิของอากาศชื้นที่บอกโดยเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะถูกหุ้มด้วยผ้าก๊อสเปียก และมีลมเป่าผ่านด้วยความเร็วอย่างน้อย 4.6 m/s

ความดันไออิ่มตัว (Saturated Vapor Pressure: P_{vs}) ความดันไอที่กระทำโดยโมเลกุลของไอน้ำในอากาศที่สภาวะอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ซึ่งความดันไออิ่มตัวจะขึ้นกับอุณหภูมิ สามารถคำนวณได้จากสมการของ Clausius-Clapeyron ดังนี้

$$\ln P_{vs} = \frac{-7511.52}{T_{abs}} + 89.63121 + 0.02399897T_{abs} - 1.1654551x10^{-5}T_{abs}{}^{2} \\ 1.2810336x10^{-8}T_{abs}{}^{3} + 2.0998405x10^{-11}T_{abs}{}^{4} - 12.150799\ln(T_{abs}) \quad (2.3)$$

สมการ (2.3) ใช้ในช่วง $273.15 \le T_{abs} \le 393.15K$

เมื่อ P_{vs} คือ ความดันไออิ่มตัว, Pa

T_{abs} คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ , K โดย $T_{abs}=T_{db}+273.15$, K

อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Saturation Humidity: W^{*}_{wb}) คือ อัตราส่วนของมวลไอน้ำที่อยู่ในอากาศต่อมวลอากาศที่แห้งสนิทที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก

$$W^{*}_{wb} = \frac{0.62189P_{vs}}{(P - P_{vs})} \quad (2.4)$$

เมื่อ P คือ ความดันที่บรรยากาศ (P=101.325), kPa

W^{*}_{wb} คือ อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก , $kg_{water}/kg_{dry\ air}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio :W) คือ มวลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศแห้งหนึ่งหน่วยมวล จากกฎก๊าซสมบูรณ์ จะได้ว่า

$$W = \frac{(2501 - 2.411T_{wb})W^*_{wb} - 1.006(T_{db} - T_{wb})}{2501 + 1.775T_{db} - 4.186T_{wb}} \quad (2.5)$$

เมื่อ W^*_{wb} คือ อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก, $kg_{water}/kg_{dry\ air}$

W คือ อัตราส่วนความชื้น, $kg_{water}/kg_{dry\ air}$

T_{wb} คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียก, ^oC

T_{db} คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, ^oC

ความดันไอ (Vapor Pressure: P_v) คือ ส่วนของความดันย่อย (Partial Pressure) ที่กระทำโดยโมเลกุลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศชื้น สำหรับความดันไอ สามารถหาได้จากสมการของก๊าซสมบูรณ์

$$P_v = \frac{1.608WP}{1 + 1.608W} \quad (2.6)$$

เมื่อ P_v คือ ความดันไอ, Pa

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity : RH) คือ อัตราส่วนของเศษส่วนเชิงโมล (Mole Fraction) หรือความดันไอของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศเดียวกัน ความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 สามารถเขียนได้เป็น

$$RH = \frac{P_v}{P_{vs}} \quad (2.7)$$

เมื่อ RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์

P_v คือ ความดันไอ

P_{vs} คือ ความดันไออิ่มตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาตรจำเพาะอากาศชื้น (Specific Volume: *v*) คือ อัตราส่วนของปริมาตรต่อมวลของอากาศแห้ง สามารถหาได้จากสมาการ

$$v = \frac{RT_{abs}(1+1.608W)}{M_a P} \tag{2.8}$$

เมื่อ v คือ ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น, $m^3/kg_{dry\ air}$

R คือ ค่าคงที่, 8.314 $kJ/kg_{mole}\ K$

M_a คือ มวลของอากาศแห้ง, kg/m^3

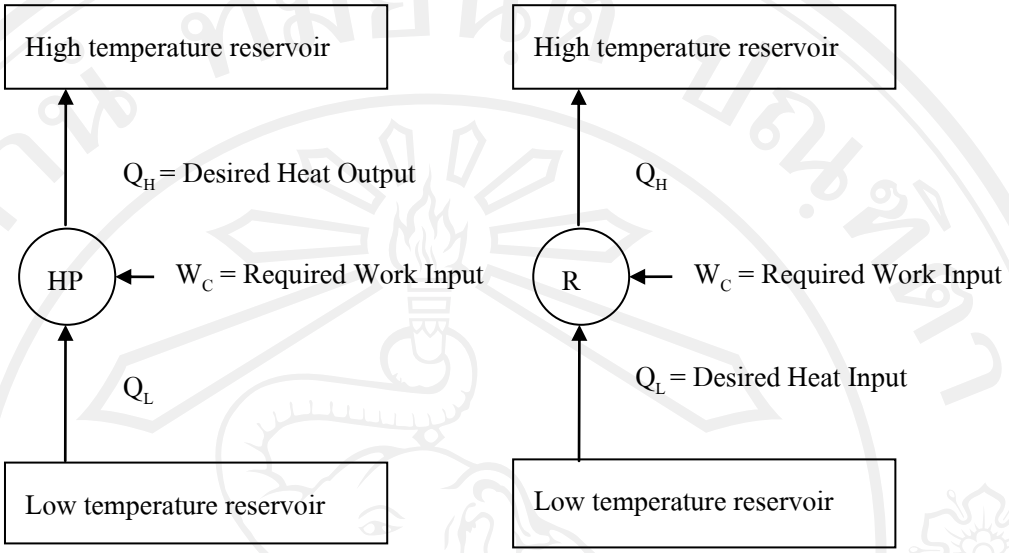
2.3 ปั๊มความร้อน

2.3.1 วัฏจักรการทำงาน

ก.หลักการทำงานของปั๊มความร้อนและระบบทำความเย็น

ปั๊มความร้อนและระบบทำความเย็น (Heat pump and refrigeration system) เป็นอุปกรณ์ที่รับความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิต่ำ (Low temperature reservoir) ถ่ายเทให้กับสารทำงานพาความร้อนที่ได้รับไปสู่แหล่งอุณหภูมิสูง (High temperature reservoir) ทั้งนี้จะต้องป้อนงาน (Required work input) ให้แก่วัฏจักรของระบบ จากรูปที่ 2.6 ก. แสดงหลักการทำงานของปั๊มความร้อน และจากรูป 2.6 ข. แสดงหลักการทำงานระบบทำความเย็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ก. ปั๊มความร้อน ข. ระบบทำความเย็น

รูปที่ 2.6 หลักการทำงานของระบบปั๊มความร้อนและระบบทำความเย็น
ที่มา : (Sonntag and others, 1998)

จากหลักการทำงานของทั้งสองระบบจะมีการทำงานและส่วนประกอบหลักเหมือนกัน แต่ทั้งสองระบบนี้จะแตกต่างกันที่วัตถุประสงค์การนำไปใช้งาน โดยในปั๊มความร้อนจะดึงความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิต่ำเพื่อใช้ประโยชน์จากการคายความร้อนให้แก่แหล่งอุณหภูมิสูง เช่นงานอบแห้งผลิตภัณฑ์ งานทำน้ำร้อนในโรงงานหรืออุตสาหกรรม และงานที่ต้องควบคุมความชื้น ส่วนระบบทำความเย็นใช้ประโยชน์จากการดูดความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิต่ำแล้วนำความร้อนไปถ่ายเทที่แหล่งอุณหภูมิสูง เช่น ห้องทำความเย็น ตู้เย็น ห้องปรับอากาศ เป็นต้น

ประเภทของปั๊มความร้อน แบ่งออกเป็นประเภทต่างๆดังนี้ (เหมือนจิต, 2547)

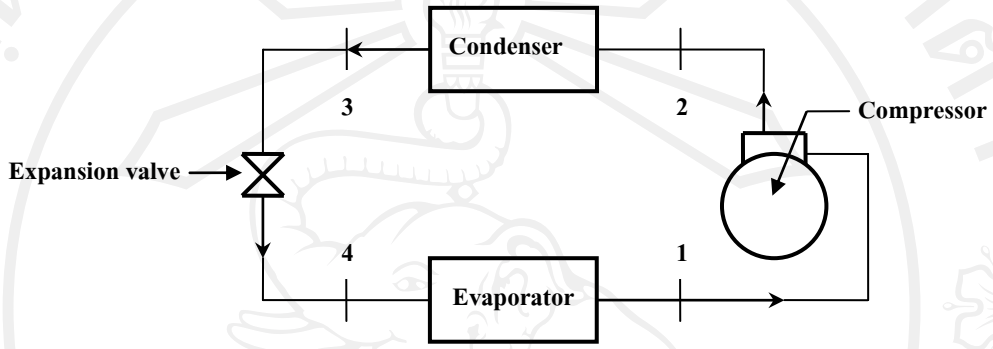
1. ระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ
2. ระบบปั๊มความร้อนแบบดูดกลืน
3. ระบบปั๊มความร้อนแบบเทอร์โมอิเล็คทริก
4. ระบบปั๊มความร้อนแบบแยกตัว
5. ระบบปั๊มความร้อนทางเคมี

สำหรับในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. ปั๊มความร้อนแบบอัดไอ

ระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องอัดไอ เครื่องควบแน่น เครื่องทำระเหย วาล์วลดความดัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7 สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอ

ที่มา : (ชัชวาล ตัณฑกิตติ, 2544)

1. เครื่องอัดไอ (Compressor) มีหน้าที่ทำให้สารทำงานไหลวนเวียนในระบบ และอัดไอของสารทำงานให้มีความดันสูงมากพอที่จะกลั่นตัวเป็นของเหลวในอุปกรณ์ควบแน่นได้ และมีหน้าที่สร้างความดันในเครื่องควบแน่นกับเครื่องทำระเหย ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ และการดูดสารทำงานจากเครื่องทำระเหยเข้าเครื่องอัดไอนั้น จะต้องมีความเร็วพอดีกันกับการที่สารทำงานระเหยจากของเหลวเป็นไอในเครื่องทำระเหย ดังนั้นเครื่องอัดไอจึงเป็นตัวที่สร้างและรักษาความดันให้พอดีทั้งในเครื่องควบแน่นกับเครื่องทำระเหย โดยมีสมมุติฐานคือ กระบวนการอัดตัวของเครื่องอัดไอเป็นกระบวนการไอเซนทรอปิค (Isentropic Process)

2. เครื่องควบแน่น (Condenser) มีหน้าที่กลั่นสารทำงานที่มีสถานะเป็นไอที่ออกจากเครื่องอัดไอให้เป็นของเหลวเมื่อออกจากเครื่องควบแน่น ดังนั้นสารทำงานที่มีสถานะเป็นไอ เมื่อออกจากเครื่องอัดไอ จะคายความร้อนแฝงและกลั่นตัวเป็นของเหลวที่เครื่องควบแน่น การคายความร้อนจะต้องมีสารอื่นมารับความร้อน เช่น อากาศรอบๆเครื่องควบแน่นหรือใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. วาล์วลดความดัน (Expansion valve) เป็นอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของสารทำงานในระบบให้มีอัตราพอเหมาะกับความต้องการในการดูดความร้อนที่เครื่องทำระเหย และยังมีหน้าที่ทำให้ความดันทั้งสองด้านแตกต่าง โดยการที่สารทำงานผ่านกระบวนการทรอตทลิ่ง (Throttling Process) จากความดันในเครื่องควบแน่นซึ่งเป็นความดันสูง กลายเป็นสารทำงานความดันต่ำในเครื่องทำระเหยการที่สารทำงานเป็นของเหลวและมีความดันต่ำ จะสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนเพียงเล็กน้อย

4. เครื่องทำระเหย (Evaporator) มีหน้าที่ระเหยสารทำงาน โดยเมื่อสารทำงานไหลผ่านมาจากวาล์วลดความดันแล้วรับความร้อนจากสารอื่นๆที่อยู่รอบๆเครื่องทำระเหย ทำให้สารทำงานเดือดและระเหยกลายเป็นไอ ดังนั้นบริเวณรอบๆเครื่องทำระเหยจะมีอุณหภูมิต่ำ

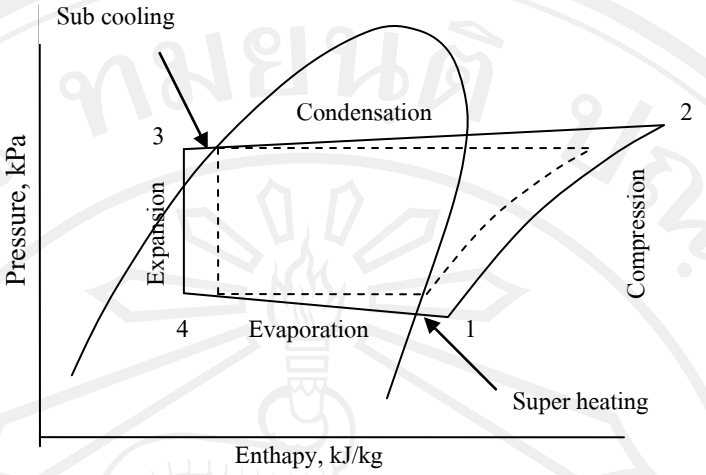
5. สารทำงาน (Working fluids) สารทำงานทำหน้าที่เป็นสื่อกลางที่ส่งผ่านความร้อนในวัฏจักร สำหรับสารทำงานที่ใช้สำหรับปั๊มความร้อน มักจะเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Hydro chlorofluorocarbon-HCFC) และ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydro fluorocarbon-HFC) ซึ่งได้เข้ามาแทนที่สารจำพวกคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon-CFC) ที่ได้ถูกจำกัดการผลิตและการใช้งาน โดยสารมอนทรีออล (Montreal Protocal)

ค. วัฏจักรปั๊มความร้อนแบบอัดไอ (Heat pump cycle)

วัฏจักรการทำงานของระบบปั๊มความร้อนแบบอัดไอสามารถอธิบายได้จากแผนภูมิความดันและเอนทัลปี ดังแสดงในรูปที่ 2.7 จะได้กระบวนการต่างๆดังต่อไปนี้

กระบวนการ 1-2 ในทางอุดมคติ ไออิ่มตัว (Saturated Vapor) ของสารทำงานจะถูกอัดตามกระบวนการเอนโทรปีคงที่ (Isentropic Process) ทำให้เอลทัลปี, อุณหภูมิ และความดันสารทำงานเพิ่มขึ้น แต่ในทางปฏิบัติการอัดไอเป็นไปตามกระบวนการโพลีทรอปิก (Polytropic Process) เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ย้อนกลับไม่ได้ (Irreversible Process) สาเหตุหลักมาจากการสูญเสียจากความเสียดทาน (Friction Loss) ของเครื่องอัดไอ นอกจากนี้ในความเป็นจริงสภาวะของสารทำงานที่เข้าเครื่องอัดไอจะอยู่ในสถานะไอร้อนยิ่งยวด (Superheat Vapor) มากกว่าสถานะไออิ่มตัว (Saturated Vapor)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.8 แผนภูมิแรงดันและเอนทัลปี (P-h Diagram) ของระบบปั๊มความร้อน
ที่มา : (พิชิต และสะพรั่ง, 2537)

กระบวนการ 2-3 ไอของสารทำงานจะคายความร้อนออกและควบแน่นเป็นของเหลว ซึ่งในทางอุดมคติจะเป็นตามกระบวนการความดันคงที่ ในทางปฏิบัติ ความดันและอุณหภูมิของสารทำงานจะไม่คงที่ตลอดทั้งเครื่องควบแน่น แต่จะลดลงไปตามระยะทางของท่อสารทำงาน และสารทำงานที่ไหลภายในท่อจะมีลักษณะเป็นสองสถานะ (two phase) สารทำงานก่อนเข้าสู่ถังพักและวาล์วลดความดันอาจอยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิสารทำงานลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิของของเหลวอิ่มตัว (Subcooled liquid) หรืออาจอยู่ในสภาวะของเหลวอิ่มตัว (Saturated liquid) ก็ได้

กระบวนการ 3-4 สารทำงานที่มีสถานะเป็นของเหลวถูกลดความดันตามกระบวนการเอนทัลปีคงที่ (Throttling process) โดยผ่านวาล์วลดความดัน ทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิและความดันลดต่ำลง และอยู่ในสถานะสารผสมระหว่างไอและของเหลว ซึ่งพร้อมที่จะรับความร้อนจากระบบ แต่ในทางปฏิบัติจะเกิดความดันตกภายในท่อของเหลว

กระบวนการ 4-1 สารทำงานผสมจะรับความร้อนและเปลี่ยนสถานะเป็นไออิ่มตัว ซึ่งในทางอุดมคติจะเป็นกระบวนการความดันคงที่ แต่ในทางปฏิบัติความดันสารทำงานจะลดลงไปตามระยะทางของการไหลในเครื่องทำระเหย และมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงสถานะไออิ่มตัวยิ่งยวดก่อนเข้าเครื่องอัดไอ

ในการวิเคราะห์วัฏจักรปั๊มความร้อนแบบอัดไอจะใช้กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ (1^{st} Law of Thermodynamic) โดยอาศัยสมมุติฐาน คือ ไม่คิดการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์, ไม่คิดความดันตกคร่อมในอุปกรณ์, สภาวะของสารทำงานก่อนเข้าและออกจากเครื่องอัดไอ มีสภาวะเป็นไออิ่มตัว และไอร้อนยิ่งยวดตามลำดับ, และสภาวะของสารทำงานที่ออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากเครื่องควบแน่น มีสภาวะเป็นของเหลวอิ่มตัว หรือของเหลวเย็นเยือก สำหรับอุปกรณ์ความร้อนต่างๆ จะถือว่าเป็นระบบปริมาตรควบคุม (Control Volume) มีสภาวะต่างๆเข้าสู่สภาวะสมดุล (Steady State) และมีการไหลของสารทำงานแบบสม่ำเสมอ (Steady Flow) ดังนั้นจากแผนภูมิความดันและเอนทัลปีดังในรูปที่ 8 พบว่าที่อุปกรณ์ต่างๆเกิดการถ่ายเทพลังงานเข้าและออกจากระบบจากการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีดังนี้

เครื่องอัดไอ ; $\dot{W}_c = \dot{m}_r(h_2 - h_1)$ (2.9)

เครื่องระเหย ; $\dot{Q}_c = \dot{m}_r(h_3 - h_2)$ (2.10)

วาล์วลดความดัน ; $h_3 = h_4$ (2.11)

เครื่องควบแน่น ; $\dot{Q}_e = \dot{m}_r(h_1 - h_4)$ (2.12)

โดยที่ $\dot{W}_c$ คือ กำลังงานของเครื่องอัดไอ, kW

$\dot{Q}_c$ คือ อัตราความร้อนทิ้งที่เครื่องควบแน่น, kW

$\dot{Q}_e$ คือ อัตราความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่เครื่องทำระเหย, kW

$\dot{m}_r$ คือ อัตราการไหลของสารทำงาน, kg/s

h_1, h_2, h_3, h_4 คือ เอนทัลปีจำเพาะของสารทำงานที่สภาวะต่างๆ, kJ/kg

การวิเคราะห์วัฏจักรของระบบทำความเย็นแบบ สามารถทำได้โดยการพิจารณาจากพลังงานที่เข้าและออกจากระบบซึ่งจะมีผลดังนี้

1. ปริมาณความร้อนที่ออกจากวัฏจักร คือความร้อนที่สารทำความเย็นถ่ายเทให้แก่คอนเดนเซอร์ ซึ่งเกิดขึ้นในขบวนการที่มีความดันคงที่ (ช่วง 2 – 3) ค่าของ h_2 และ h_3 สามารถอ่านค่าได้จากแผนภูมิ P-h

$$q_c = q_{23} = h_2 - h_3 \quad (2.13)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ปริมาณความร้อนเข้าสู่วัฏจักร เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าความสามารถในการทำความเย็น (Refrigerating Effect) เขียนย่อว่า R.E หมายถึงความร้อนที่สารทำความเย็นรับเข้าสู่ตัวเองภายในอีวาพอเรเตอร์ เกิดขึ้นในขบวนการที่มีความดันคงที่ (ช่วง 4 – 1) ค่าของ h_1 และ h_4 สามารถอ่านค่าได้จากแผนภูมิ P-h

$$q_e = q_{41} = h_1 - h_4 \quad (2.14)$$

3. งานเข้าสู่วัฏจักร คืองานของคอมเพรสเซอร์ เกิดขึ้นในขบวนการไอเซ็นโทรปิค (ช่วง 1 – 2) ค่าของ h_1 และ h_2 สามารถอ่านค่าได้จากแผนภูมิ P-h

$$w_c = w_{12} = h_2 - h_1 \quad (2.15)$$

4. กระบวนการขยายตัว คือ กระบวนการเอลทาลปีคงที่ ไม่มีงานเกิดขึ้น หรือการถ่ายเทความร้อน (ช่วง 3-4) บนแผนภูมิ P-h จะเป็นเส้นในแนวดิ่ง

$$h_3 = h_4 \quad (2.16)$$

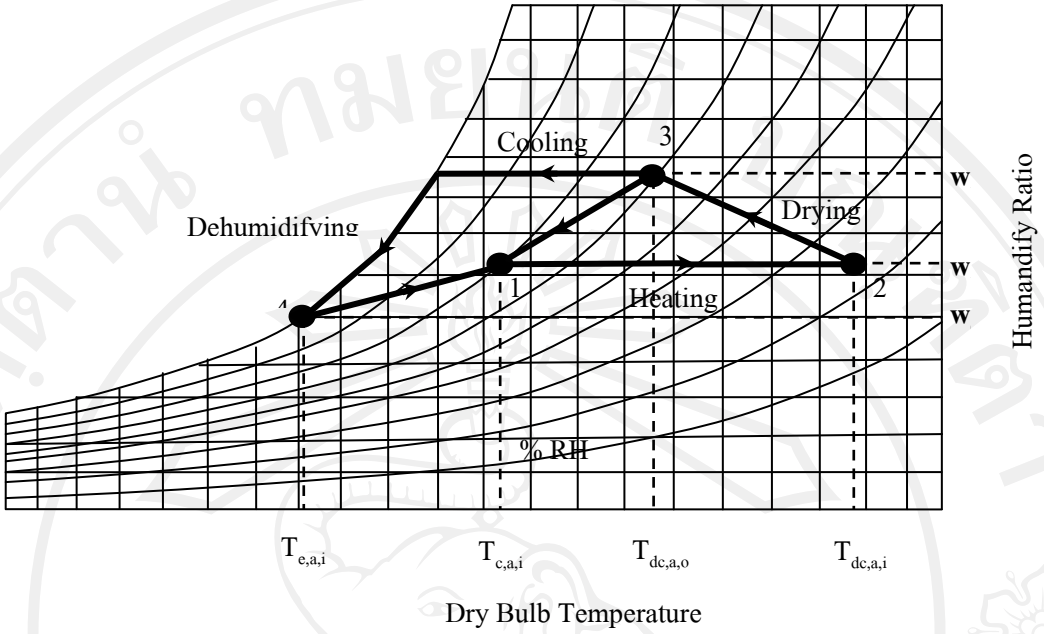
5. สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance) คืออัตราส่วนความสามารถในการทำความเย็นต่อกำลังงานที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์เรียกย่อ ๆ ว่า COP

$$cop = \frac{q_e}{w_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.17)$$

ง. คุณสมบัติของอากาศในระบบอบแห้งแบบปิด

การอบแห้งระบบปิดแบบใช้ปั๊มความร้อนลดความชื้นและนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ร่วมกัน จะมีประสิทธิภาพของระบบสูงกว่าแบบอื่น เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งสองส่วน สามารถควบคุมการทำงานของระบบ และไม่มีผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม (อุณหภูมิและความชื้น) อากาศที่ไหลในระบบดังรูป 2.9 จะไหลเป็นวงจรผ่านส่วนประกอบต่างๆ ตามกระบวนการดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของอากาศในระบบอบแห้งแบบปิด

ที่มา : (สมชาติ และศิวะ, 2543)

กระบวนการ 1-2 เป็นกระบวนการที่อากาศออกจากเครื่องทำระเหยผสมกับอากาศที่ไหลข้ามเครื่องทำระเหย แล้วไหลเข้าส่วนควบแน่นเพื่อเพิ่มอุณหภูมิที่สภาวะ 1 และออกจากส่วนควบแน่นไหลเข้าห้องอบแห้งที่สภาวะ 2 เมื่ออากาศออกจากเครื่องทำระเหยผสมกับอากาศที่ไหลข้ามเครื่องทำระเหย อัตราส่วนความชื้นเท่ากับอากาศที่เข้าไปยังห้องอบแห้งแต่มีอุณหภูมิน้อยกว่าจึงต้องให้อากาศไหลผ่านส่วนควบแน่นเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศ

กระบวนการ 2-3 เป็นกระบวนการที่อากาศเข้าห้องอบแห้งที่สภาวะ 2 แล้วออกจากห้องอบที่สภาวะ 3 ทำให้อุณหภูมิที่ออกจากห้องอบมีค่าลดลง แต่อัตราส่วนความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น

กระบวนการ 3-4 เป็นกระบวนการที่อากาศเข้าเครื่องทำระเหยที่สภาวะ 3 แล้วออกจากเครื่องทำระเหยที่สภาวะ 4 ทำให้อุณหภูมิและอัตราส่วนความชื้นของอากาศที่ออกจากเครื่องทำระเหยมีค่าลดลง

กระบวนการ 4-1 เป็นกระบวนการที่อากาศออกจากเครื่องทำระเหยที่สภาวะ 4 แล้วผสมกับอากาศที่ไหลข้ามเครื่องทำระเหยที่สภาวะ 1

กระบวนการ 3-1 เป็นกระบวนการที่อากาศออกจากห้องอบแห้งที่สภาวะ 3 แล้วไหลข้ามเครื่องทำระเหยไปผสมกับอากาศที่ออกจากเครื่องทำระเหยที่สภาวะ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 การประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อน

สมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนสามารถบอกได้ทั้งในด้านความสามารถในการอบแห้งและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

1. ประสิทธิผลของการใช้พลังงาน (Energy Effectiveness)

ประสิทธิผลของการใช้พลังงาน กำหนดด้วยค่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SMER)

$$\text{อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SEC)} = \frac{\text{พลังงานที่จ่ายให้เครื่องอัดไอ}}{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ}} \quad (2.18)$$

2. ความสามารถในการอบแห้ง (Capacity of drying)

ความสามารถในการอบแห้งกำหนดด้วยค่า อัตราการอบแห้งวัสดุ (Drying Rate, DR)

$$\text{อัตราการอบแห้ง (DR)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ}}{\text{เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง}} \quad (2.19)$$

3. สัมประสิทธิสมรรถนะของระบบปั๊มความร้อน (Coefficient of Performance, COP_{HP})

$$COP_{HP} = \frac{\text{ความสามารถในการระบายความร้อนของเครื่องควบแน่นทั้งหมด}}{\text{กำลังงานที่ให้กับเครื่องอัดไอ}} \quad (2.20)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ในการลงทุนทางด้านการเงิน มีเกณฑ์ต่างๆที่ใช้ในการตัดสินใจ โดยพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนของโครงการ และระยะเวลาคืนทุน

การหามูลค่าในอนาคต

$$FV_n = PV(1+r)^n \qquad (2.21)$$

เมื่อ FV คือ มูลค่าเงินต้นในปัจจุบัน, บาท
PV คือ มูลค่าเงินในอนาคต, บาท
i คือ อัตราดอกเบี้ย, บาท
n คือ จำนวนปีในอนาคต

การหามูลค่าปัจจุบัน

$$PV = FV_n / (1+r)^n \qquad (2.22)$$

เมื่อ FV คือ มูลค่าเงินต้นในปัจจุบัน, บาท
PV คือ มูลค่าเงินในอนาคต, บาท
i คือ อัตราดอกเบี้ย, บาท
n คือ ปีที่เงินในอนาคตได้เกิดขึ้น

เมื่อ FV_n หาได้โดยการคูณค่า PV ด้วย $(1+r)^n$ ค่า PV ก็จะหาได้โดยการหารค่า FV_n ด้วย $(1+r)^n$ ดังนั้นค่า $1/(1+r)^n$ จึงเป็นส่วนกลับของตัวคูณทบต้น ซึ่งเรียกว่า ค่าตัวลด (discount factor)

เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของเงินจำนวนหนึ่งๆที่จะได้รับในอนาคต ก็คือมูลค่าของเงินจำนวนดังหล่าวที่ทอนลงมาถึงเวลาปัจจุบันโดยอาศัยคิอัตราส่วนลด (discount rate) อัตราส่วนลดจึงนับได้ว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญยิ่งตัวหนึ่งที่จะมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันที่คำนวณได้อาจมีค่าสูงไปหรือต่ำไป ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่า อัตราส่วนลดที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทอนค่าในอนาคตลงเป็นค่าปัจจุบันคือ อัตราส่วนลดที่คิดจากค่าเสียโอกาส (opportunity discount rate)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.1 เกณฑ์การพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value; NPV) คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายได้และรายจ่ายตลอดอายุโครงการ การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิอาจทำได้โดยการหามูลค่าปัจจุบันของรายได้ทั้งหมด และมูลค่าปัจจุบันของรายได้ทั้งหมด แล้วนำมาหาค่าสุทธิ เพื่อดูว่าผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของรายได้ทั้งหมดมีค่ามากกว่าผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนหรือไม่ หรืออาจจะหาได้โดยการหาค่าสุทธิของรายได้และรายจ่ายในแต่ละปี แล้วนำมาหาค่าปัจจุบันหลังจากนั้นจึงรวมมูลค่ามูลค่าปัจจุบันของรายได้สุทธิในแต่ละปีเข้าด้วยกัน เพื่อดูว่ามูลค่าเป็นบวกหรือลบซึ่งไม่ว่าจะใช้วิธีแรกหรือวิธีหลัง ค่าที่คำนวณได้จะเป็นค่าเดียวกัน

$$NPV = PB-PC \quad (2.23)$$

$$NPV = P\,(B-C) \quad (2.24)$$

เมื่อ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ, บาท

PB คือ มูลค่าปัจจุบันของรายได้, บาท

PC คือ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน, บาท

เกณฑ์การตัดสินใจเมื่อพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิก็คือ ให้ลงทุนเฉพาะในโครงการที่มีค่า NPV > 0

2.5.2 เกณฑ์การพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนของโครงการ

อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return; IRR) เป็นอัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลได้ตลอดโครงการมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนตลอดโครงการ อัตราดังกล่าวจึงเป็นอัตราที่เพียงพอดีที่จะทำให้การลงทุนนั้นๆทำรายได้ได้คุ้มค่ากับเงินที่ลงทุนพอดี สูตรในการหาค่า IRR จะเขียนได้ว่า

$$C_0 = \sum_{n=1}^{n} \frac{R}{(1+IRR)^n} \quad (2.25)$$

เมื่อ C_0 คือ ทุนเริ่มแรกของโครงการ, บาท

IRR คือ อัตราผลตอบแทนของโครงการ, เปอร์เซ็นต์

PC คือ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน, บาท

R คือ รายได้สุทธิรายปีซึ่งมีค่าเท่ากันทุกปี, บาท/ปี

n คือ ระยะเวลาของโครงการ, ปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกณฑ์ในการตัดสินใจการลงทุนเมื่อพิจารณาจากค่า IRR ก็คือการเลือกลงทุนในโครงการที่มีค่า IRR สูงกว่าอัตราต้นทุนของเงินทุน ในกรณีที่หน่าวยธุรกิจกู้เงินมาลงทุน อัตราดังกล่างก็คืออัตราดอกเบี้ยที่ผู้ให้กู้คิดจากหน่วยธุรกิจ แต่ถ้าหน่วยธุรกิจใช้เงินของตนเองในการลงทุน อัตราดังกล่าวจะต้องคิดจากค่าเสียโอกาส

2.5.2 เกณฑ์การพิจารณาจากระยะคืนทุน

ระยะคืนทุน (Payback Period) คือระยะเวลาที่หน่าวยุรกิจจะได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนคุ้มจำนวนที่ลงทุนไปพอดี

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = C_0 / R \qquad (2.25)$$

เมื่อ C_0 คือ ทุนเริ่มแรกของโครงการ, บาท

R คือ รายได้สุทธิรายปีซึ่งมีค่าเท่ากันทุกปี, บาท/ปี

โดยการพิจารณาโครงการลงทุนจากระยะคืนนทุนนี้ โดยปรกติจะใช้กับธุรกิจที่มีเสี่ยงสูงซึ่งต้องการผลตอบแทนกลับมาโดยเร็ว หรือในกรณีที่การผลิตหรือการนำสินค้าใหม่ออกสู่ตลาดเสี่ยงต่อการลอกเลียนแบบได้ง่าย ในธุรกิจเหล่านี้ผู้ลงทุนจะเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนกลับมาโดยเร็วที่สุด หรือเจ้าของโครงการอาจกำหนดระยะเวลาคืนทุนไว้ระยะหนึ่ง เป็นต้นว่า 3 ปี ดังนั้นโครงการใดที่มีระยะเวลาการคืนทุนนานกว่า 3 ปี ก็จะเป็นโครงการที่ไม่ได้รับการพิจารณาลงทุน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved