บทที่ 2

ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

2.1 ผลงานวิจัยในประเทศไทย

สุรศักดิ์ ปำรุงวงศ์ (1980) ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการบ่มใบยาสูบที่เชียงใหม่ ประเทศไทย โดยทดลองกับโรงบ่มยาสูบต้นแบบขนาด 3.6 m^3 ซึ่งมี flat plate collector ขนาด 2.8 m^2 ใช้ระบบการบ่มแบบพาความร้อนแบบธรรมชาติโดยไม่มี thermal storage และใช้พลังงานจากไฟฟ้าเป็นแหล่งให้พลังงาน จากการทดลองแสดงว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ 14% เมื่อใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม และยังสรุปว่าพลังงานจากแสงอาทิตย์สามารถใช้ได้ทุกระยะการบ่มใบยาสูบยกเว้นช่วง yellowing stage ซึ่งต้องการอุณหภูมิต่ำ 32-38^{o}C และมีความชื้นสูง 80-95% เนื่องจากควบคุมเงื่อนไขที่ทางออกของ collector ยากจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าจะได้อุณหภูมิสูงและมีความชื้นต่ำกว่าที่ต้องการในช่วง yellowing stage ซึ่งทดลองและสรุปผลโดยการทดลอง 3 การบ่มใบยาสูบจริง

กองวิชาการและพัฒนา ฝ่ายวิจัยและพัฒนา การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย(1982) ได้ศึกษาการใช้ LPG ในอุตสาหกรรมบ่มใบยาสูบ เนื่องจากขณะนั้นโรงบ่มใบยาสูบประสบปัญหาการหาเชื้อเพลิงเป็นพลังงานในการบ่มใบยาสูบ ซึ่งแต่เดิมจะใช้ไม้ แต่เนื่องจากกรมป่าไม้เข้มงวดต่อการตัดไม้ทำลายป่า จึงหาเชื้อเพลิงอื่นมาใช้แทน เช่นลิกไนท์ แต่ก็ต้องประสบกับปัญหาอีก เช่น คุณภาพลิกไนท์ไม่สม่ำเสมอ การเก็บไว้เป็นเวลานานๆ จะทำให้ลิกไนท์แตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ สูญเสียคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงและอาจสันดาบกับอากาศเกิดลุกไหม้เองได้ มลภาวะจากการเผาไหม้ของถ่านลิกไนท์ ซึ่งอันตรายต่อสุขภาพ และมีข้อจำกัดและสถานที่และกำลังการผลิตลิกไนท์ของประเทศด้วย ดังนั้นกองวิชาการจึงเสนอให้ใช้ LPG ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดและบริสุทธิ์กว่า แต่จะต้องมีการปรับปรุงโรงบ่มใบยาสูบใหม่ ซึ่งจะใช้เงินลงทุนประมาณ 30,000 บาท อันจะทำให้ผู้บ่มประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตด่างๆลงไปได้ เช่น ค่าเชื้อเพลิง และค่าจ้างแรงงาน โดยที่ผู้บ่มจะได้รับผลตอบแทน (Internal Rate of Return) จากการลงทุนนี้โดยเฉลี่ยประมาณ 31.7% และมีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) โดยเฉลี่ยประมาณ 3.8 ปี สำหรับผู้บ่มที่ใช้ฟืนไม้เป็นเชื้อเพลิง และสำหรับผู้บ่มที่ใช้ถ่านลิกไนท์มีผลตอบแทน (Internal Rate of Return) จากการลงทุนนี้โดยเฉลี่ยประมาณ 14.1% และมีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)โดยเฉลี่ยประมาณ 6.1 ปี

ทดลองและสรุปว่า พลังงานสูญเสียจากการบ่มใบยาสูบประกอบด้วยส่วนสำคัญๆ คือ 1. พลังงานสูญเสียจากการระบายอากาศ 2. พลังงานสูญเสียจากโครงสร้าง 3. พลังงานสูญเสียจากก๊าซร้อนทิ้ง 4. พลังงานสูญเสียจากความร้อนที่ถ่ายเทหน้าเตา และได้ทำการทดลองกับโรงบ่มใบยาสูบ 3 แบบ คือ โรงบ่มใบยาสูบที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง, โรงบ่มใบยาสูบที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง, โรงบ่มใบยาสูบที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจากการทดลองจะได้ประสิทธิภาพทางความร้อนเป็น 15%, 11% และ 45% ตามลำดับ เหตุที่โรงบ่มใบยาสูบที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่าโรงบ่มใบยาสูบที่ใช้ฟืนและถ่านลิกไนท์เป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากโรงบ่มใบยาสูบที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงไม่มีพลังงานสูญเสียจากก๊าซร้อนทิ้ง และพลังงานสูญเสียจากความร้อนที่ถ่ายเทหน้าเตา จากนั้นทางคณะผู้ทำการวิจัยได้ทำการปรับปรุงเพื่อลดพลังงานสูญเสียต่างๆ โดยเพิ่มฉนวนกันความร้อนโดยใช้ fiberglass sheet หนา 16 mm. มีค่า k=0.254 W/mK ซึ่งคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และสามารถประหยัดพลังงานสูญเสียได้ 11% ของพลังงานสูญเสียทั้งหมด หลังจากนั้นมีการเพิ่มแผ่นปิด-เปิดที่หน้าเตาซึ่งจากการทดลองจะประหยัดพลังงานสูญเสียได้ 22% ของพลังงานสูญเสียทั้งหมด ด้วยการลงทุนที่ไม่มากนักและมีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี การประหยัดพลังงานได้ 22% ของพลังงานสูญเสียทั้งหมดเดิม หมายถึง การใช้ฟืนลดลง 66,000 ตัน/ปี และทางผู้ทำการวิจัยได้เสนอเทคนิคใหม่ในการบ่มใบยาสูบโดยใช้พัดลมพาลมร้อนผ่านชั้นใบยาสูบ ซึ่งทางผู้ทำการวิจัยได้ได้อ้างอิงบทความทางวิชาการของ M.J. Morgan และ A.J.Judd(1986)ซึ่งใช้ระบบดังกล่าวในการบ่มใบยาสูบเรียกว่า "Forced-draught bulk curing system" จะประหยัดพลังงานได้โดยลดพลังงานสูญเสียได้มากกว่า 50% ของแบบเดิม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และ Institute for Science and technology Research and Development ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่(1994) ได้ทดลองนำระบบการบ่มใบยาสูบแบบ bulk-curing มาจากออสเตเลีย เพื่อนำมาบ่มใบยาสูบไทย ซึ่งระบบจะเป็นแบบใช้หม้อน้ำร้อนในการผลิตน้ำร้อนเพื่อผ่านตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ซึ่งจากการทดลองระบบมีประสิทธิภาพทางความร้อน 45.7% ซึ่งสูงกว่าระบบการบ่มใบยาสูบแบบธรรมชาติที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในประเทศไทยซึ่งมีประสิทธิภาพทางความร้อน 13-15%

A. Hiran คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (1986) ได้ทำศึกษา การบ่มใบยาสูบแบบ "forced-draught bulk curing" ซึ่งใช้กันแพร่หลายในประเทศที่มีใบยาสูบเป็นพืชเศรษฐกิจ โดยศึกษาถึงเทคนิคในการประหยัดพลังงานในการบ่มใบยาสูบ โดยใช้วิธีการบ่มใบยาสูบแบบ forced-draught bulk curing นี้ จากการศึกษา พบว่าปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อการใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบแบบ forced-draught bulk curing นี้

คือ อัตราการระบายอากาศออกจากห้องบ่มใบยาสูบซึ่งในที่นี้ A. Hiran ได้แสดงอยู่ในรูป Airchange/hr คือ อัตราการระบายอากาศออกจากห้องบ่มใบยาสูบต่อชั่วโมง เมื่อเทียบกับปริมาตรห้องบ่มใบยาสูบ โดยจากการทดลองโดยใช้ SKY bulk curing barn ที่สถานีบ่มใบยาสูบนอร์ไทย อ.แม่โจ้ จ.เชียงใหม่ และจากการจำลองแบบจะได้ว่าอัตราการระบายอากาศออกที่เหมาะสมคือ 15, 21, 30, 5 Airchange/ hr สำหรับช่วงการเปลี่ยนสีหรือทำสี (Yellowing), ช่วงตรึงสี (Colour Fixing), ช่วงทำใบแห้ง (Leaf Drying), ช่วงทำก้านแห้ง (Stem Drying) ตามลำดับโดยจะใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบ 29.3 MJ/kg ใบยาแห้ง

2.2 ผลงานวิจัยในต่างประเทศ

T.C. Bridge, L.R. Walton และ I.J. Ross (1981) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ Relative Humidity และอุณหภูมิของอากาศในโรงบ่มใบยาสูบพันธุ์เบอร์เลย์แบบอัตแน่น ได้มีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยสมมุติให้การระเหยของน้ำในโรงบ่มใบยาสูบระเหยแบบ adiabatic cooling และเป็นแบบชั้นๆ ตามความสูงของโรงบ่มใบยาสูบ ซึ่งมีลักษณะเดียวกับการระเหยน้ำแบบเดียวกับการอบแห้งเมล็ดพืชและได้ทดลองเปรียบเทียบเพื่อประเมินแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศในโรงบ่มใบยาสูบที่ไม่เหมาะสมจะมีผลทำลายคุณภาพของใบยาสูบ จึงต้องมีการศึกษาเพื่อปรับเปลี่ยนลักษณะโรงบ่มเพื่อจัดการ ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศในโรงบ่มใบยาสูบให้เหมาะสม โดยเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองและการทดลองจะได้ว่ามีแนวโน้มเหมือนกัน โดยตัวแปรที่มีผลกับการทำนายความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศในโรงบ่มใบยาสูบคือทิศทางและความเร็วในการไหลของลมภายนอกโรงบ่มใบยาสูบซึ่งยากที่จะทำนาย

John S. Cudiff (1983) ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการใช้พลังงาน สำหรับการบ่มใบยาสูบ โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นตัวช่วย และได้ทดลองการใช้พลังงานจริงกับห้องบ่มขนาด 1/5 ของห้องบ่มใบยาสูบจริง โดยใช้ flat plate collector และ rock storage system เป็นอุปกรณ์ในการเพิ่มอุณหภูมิในการเพิ่มอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม เฉลี่ยแล้วจะได้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็น 37% ของพลังงานทั้งหมดที่ต้องการในการบ่มใบยาสูบ และได้เปรียบเทียบการใช้พลังงานจริงกับการใช้พลังงานที่คำนวนจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการใช้พลังงานค่อนข้างจะถูกต้องโดยมีความคลาดเคลื่อน 3% จากนั้นทดลองเพิ่มอัตราการระเหยความชื้นออกในช่วงเวลากลางวันมากเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด โดยถ้าเพิ่มอัตราการระเหยความชื้นช่วงกลางวันสามารถเพิ่มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 5% นอกจากนั้นยังได้เปรียบเทียบพลังงานในการบ่มจริงกับพลังงานความร้อนที่ใช้ทางทฤษีที่ใช้น้อยที่สุดจะได้ว่าพลังงานที่ใช้จริงมากกว่า 21-39% ของพลังงานที่น้อยที่สุดที่ใช้ทางทฤษฎี

ซึ่งได้แนะนำอัตราการระบายความชื้นของกระบวนการบ่มที่ใช้ 6 วันดังนี้ 20,35,50,70,40,20% ตามลำดับ และกระบวนการบ่ม 5 วัน ดังนี้ 30,30,50,40,25% ตามลำดับ

Suggs ,C.W.และ Mohapatra,S.C.(1986) ได้ทำการศึกษาการหายไปของมวลใบยาแห้งระหว่างการบ่มใบยาสูบ โดยทดลอง 4 การทดลองที่อิสระต่อกัน สรุปว่ามวลใบยาแห้งหายไปอยู่ในช่วง 12.9-19.7% โดยค่าสูงสุดจะมีแนวโน้มที่ชั้นสูงสุดของใบยาสูบและอุณหภูมิของช่วง yellowing stage สูง แต่ความแตกต่างก็มีไม่มากนัก ดังนั้นจึงสรุปว่าอัตราการหายไปของมวลใบยาสูบแห้งจะหายไป 15% ต่อวันตลอดการบ่ม 6 วันโดยวันสุดท้ายถือว่าการลดลงของมวลใบยาสูบแห้งเป็นศูนย์

Kiranoudis, C.T.และ Maroulis, Z.B.(1990) ได้ทำการศึกษาความชื้นสมดุลย์ (Equilibrium Moisture Content)ของใบยาสูบพันธุเวอร์จิเนียโดยทำการทดลองและสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็น function ของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ไหลผ่าน ซึ่งได้สมการดังสมการ

$$MC_e = \frac{2.62}{T(1-\phi)^{0.637}} - 3.05 \times 10^{-4} \times T \times \phi$$

เมื่อ MC_e = ความชื้นสมดุลย์ของใบยาสูบมาตรฐานแห้ง (d.b.)

T = อุณหภูมิอากาศกระเปาะแห้ง ($^{\circ}C$)

ϕ = ความชื้นสัมพัทธ์

Charles W.Suggs (1980) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านใบยาสูบ เพื่อหาจุดที่เหมาะสมของอัตราการไหลของอากาศ โดยทดลองกับ container สูง 1.52 ถึง 1.83 เมตร และมีความหนาแน่นของใบยาสูบ 208 kg/m^2 จากการศึกษาของ Charles W.Suggs ได้สรุปว่าอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมที่ประหยัดค่าใช้จ่ายเป็น 0.0312 $m^3/(min.\ kg\ fresh\ tobacco)$

M.J. Morgan และ A.J. Judd (1995) ได้ศึกษาการบ่มใบยาสูบแบบ bulk curing โดยศึกษาตั้งแต่ห้องบ่มใบยาสูบ, การใช้พลังงานในการบ่มใบยาสูบ, อุปกรณ์ที่แขวนใบยาสูบและอัตราการไหลของอากาศผ่านใบยาสูบเป็นต้น ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลการใช้งานจริงจากประสบการณ์ที่ได้ทำการบ่มใบยาสูบจริง เมื่อพิจารณาอัตราการไหลของอากาศผ่านใบยาสูบ M.J. Morgan และ A.J. Judd ได้เสนอค่าอัตราการไหลของอากาศที่มากที่สุดที่ 0.3 m/s ส่วนค่าน้อยที่สุดไม่มีกำหนด

Chin C.Yang และ William H. Johnson (1984) ได้ทำการศึกษาหาพลังงานสูญเสียผ่านพื้นห้องห้องบ่มใบยาสูบ โดยการคำนวณโดย Finite element พิจารณาเป็น 2 มิติและมีการพิสูจน์ผลการคำนวณโดย Finite element โดยใช้ข้อมูลของ chang et al, ซึ่งคำนวณโดย Finite element พิจารณาเป็น 1 มิติ ปรากฏว่าค่าใกล้เคียงกันได้คำนวณหาแบบของพื้นห้องบ่มใบยาสูบฯ ที่มีพลังงานสูญเสียผ่านพื้นน้อยที่สุด และยังคำนวณพลังงานสูญเสียผ่านพื้นห้องบ่มใบยาสูบเปรียบเทียบระหว่างแบบห้องบ่มใบยาสูบเดียวกับหลายห้องบ่มใบยาสูบ และได้สรุปว่า

1. สำหรับห้องบ่มใบยาสูบเดียวการติดฉนวนที่ด้านข้างและด้านล่างของพื้นห้องบ่มใบยาสูบ มีความสำคัญในการลดพลังงานสูญเสียผ่านพื้นห้องบ่มใบยาสูบ โดยจากการคำนวณสามารถลดลงได้ 16% ของพลังงานสูญเสียเดิม

2. เมื่อพิจารณาพลังงานสูญเสียผ่านพื้นห้องใบยาสูบ แบบหลายห้องบ่มใบยาสูบจะมีพลังงานสูญเสีย ประมาณ 86% ของพลังงานสูญเสียผ่านพื้นห้องบ่มใบยาสูบแบบห้องเดียว

A.E. Delsante(1988) ได้ศึกษาพลังงานสูญเสียผ่านพื้นห้องแบบ slab-on-ground ซึ่งจากการพิจารณาจะเป็นฟังก์ชันของความกว้างของพื้น, ความหนาของพื้น, ground conductivity และ surface film conductance โดยพิจารณาเป็น 3 มิติ และมีการเปรียบเทียบผลการคำนวณกับการทดลองที่ผ่านมาซึ่งแสดงว่ามีค่าและแนวโน้มใกล้เคียงกัน แสดงว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใช้ทำนายพลังงานสูญเสียผ่านพื้นห้องบ่มใบยาสูบได้ถูกต้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย