การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
Drying of Agricultural Producs Using Heat Energy from Steam Boiler

ถาวร ราชรองเมือง[1] สุรศักดิ์ จิตประเสริฐ[2] ทวีวัฒน์ สุภารส[3]
Thaworn Ratrongmuang[1] Surasak Jitparsert[2] Taveewat Suparos[2]

[1,2]แผนกวิชาช่างยนต์ สังกัด วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย จังหวัดหนองคาย รหัสไปรษณีย์ 43000
[3]ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร 2 ชนิด คือ กล้วยและพริกสด โดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ระบบประกอบด้วยหม้อไอน้ำ 200 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตู้อบแห้งขนาดความจุ 0.75 m^3 ทำจากเหล็กสเตนเลสหุ้มฉนวนป้องกันความร้อนอย่างดี ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้านล่างไอน้ำความดัน 0.5, 1.0 และ 2 บาร์ ไหลผ่านตู้อบแห้งเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับตัวอย่างทดลอง โดยการพาความร้อนแบบอิสระ และการพาความร้อนแบบบังคับ จากการทดลองพบว่าความดันหม้อไอน้ำที่เหมาะสมคือ 0.5 บาร์ สามารถสร้างอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งชนิดการพาความร้อนแบบบังคับ เฉลี่ย 68-72 $^{\circ}C$ ใช้เวลาอบแห้งเฉลี่ย 8 ชั่วโมง และความดัน 1.0 บาร์ สำหรับการพาความร้อนแบบอิสระ อุณหภูมิเฉลี่ย 65-70 $^{\circ}C$ ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ย 10 ชั่วโมง

คำสำคัญ : การอบแห้ง, ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร, ไอน้ำ, การพาความร้อนแบบบังคับ, การพาความร้อนแบบธรรมชาติ

Abstract

The paper presents the drying study of agricultural producs using energy from steam. Two producs of banana and chili The system consisted of boiler at 200 kg/hr of capacity and a stainless steel dryer (volume 0.75m^3) with insulation system. Heat exchanger was installed at the bottom of dryer for circulated steam at 0.5, 1.0 and 2 bar of steam pressure. Heat exchangd between agricultural product and steam was by force convection and natural convection heat transfer. The results show that the optimized force convection process of 0.5 bar steam pressure and temperature 0f 68-72 $^{\circ}C$ for 8 hr drying time yieided the best result. For the natural convection process at pressure of 1.0 bar steam pressure and dryer chamber temperature about 65-70 $^{\circ}C$ for 10 hr drying time

Keyword: Drying, Agricultural product, Steam, Force Convection, Natural Convection

1. บทนำ

ในปัจจุบันการถนอมอาหารหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ด้วยวิธีการตากแห้งหรืออบแห้งเป็นกรรมวิธีที่ทำกันแพร่หลายเพื่อเป็นการถนอมอาหาร และแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้มีการเก็บรักษาไว้ให้ยาวนานขึ้น หรือเป็นการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรในช่วงที่ราคาตกต่ำเก็บไว้ในรูปของการอบแห้ง หรือเก็บรักษาผลิตผล เอาไว้ขายในช่วงที่ราคาสูงซึ่งเป็นการเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรให้สูงขึ้น การเลือกวิธีการถนอมอาหารด้วยวิธีการตากแดดเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต พลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านเรามีมากมายและมีความร้อนที่เพียงพอต่อการทำให้แห้ง แต่ก็มีจำกัดในบางช่วงเวลา เช่น ตอนกลางคืน และช่วงฝนตกท้องฟ้าปิดจะเป็นอุปสรรคในการตากแห้งที่ไม่ต่อเนื่อง การใช้พลังงานความร้อนจากแหล่งอื่นจึงเป็นทางเลือกใหม่เพื่อจะเพิ่มประสิทธิภาพต่อการอบแห้ง เช่น พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงอื่น ๆ พลังงานความร้อน

จากไฟฟ้า พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ซึ่งสามารถให้ความร้อนได้ตลอดเวลาและต่อเนื่อง

การนำความร้อนจากพลังงานไอน้ำ โดยใช้น้ำมันดีเซล หรือน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ให้ความร้อนแก่หม้อไอน้ำ แล้วนำความร้อนที่ได้จากไอน้ำไหลผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนภายในตู้อบเพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร และใช้เวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารที่สั้นกว่าการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งต้นทุนในการผลิตไอน้ำที่ความดัน 0.5 บาร์ จะให้ความร้อนภายในตู้อบอยู่ที่ 50-75 ℃ สิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลชั่วโมงละ 0.49 ลิตร การผลิตไอน้ำที่ความดัน1 บาร์ จะให้ความร้อนภายในตู้อบอยู่ที่ 60-80 ℃ สิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลชั่วโมงละ 0.57 ลิตร ค่าไฟฟ้าจากพัดลมเป่าลมร้อนภายในตู้ชั่วโมงละ 1 หน่วย และในการผลิตไอน้ำที่ความดัน 2 บาร์ จะให้ความร้อนภายในตู้อบอยู่ที่ 70-95 ℃ สิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลชั่วโมงละ 0.83 ลิตร ค่าไฟฟ้าจากพัดลมเป่าลมร้อนภายในตู้อบชั่วโมงละ 1 หน่วย

R.G.Moreira, ได้ศึกษาแบบจำลองการอบแห้งอาหาร เพื่อเปรียบเทียบสมการการเปลี่ยนแปลงพลังงาน มวล และโมเมนตัม ของกระบวนการอบแห้ง โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนและมวล พบว่าการเปลี่ยนแปลงพลังงาน มวล และโมเมนตัมเป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้ง

Shrikant Baslingapa etal. ได้ศึกษาคุณลักษณะคุณภาพและการพาความร้อนของอากาศร้อนในการอบแห้ง โดยการใช้อุณหภูมิ 30 ,50 และ 70 ℃ อากาศมีความเร็ว 0.6, 1.0 และ 1.4 m/s โดยความสัมพันธ์ของความเร็วอากาศและอุณหภูมิอากาศ พิจารณาจากสมการ Arrhenius (r=0.995) พบว่าช่วงเหมาะสมของอุณหภูมิสำหรับการอบแห้ง คือ 59 - 63 ℃ ที่ความเร็วอากาศ 0.9 – 1.05 m/s

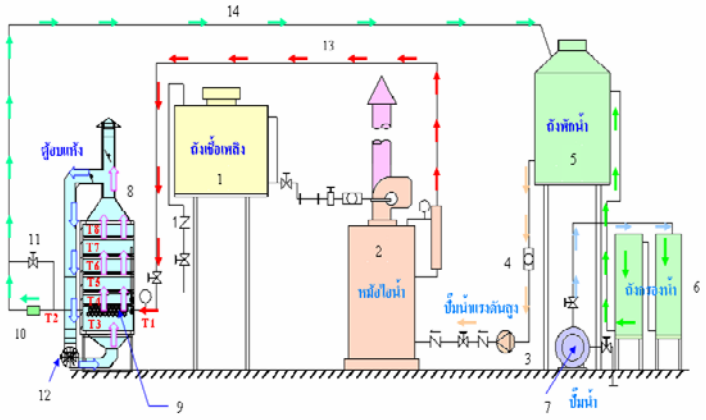
งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยไอน้ำ โดยใช้หลักการถ่ายเทความร้อน แบบการพาความร้อนแบบอิสระและการพาความร้อนแบบบังคับ

2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาออกแบบสร้าง และทดสอบตู้อบแห้งแบบการถ่ายเทความร้อนโดยการพา แบบบังคับ (Forced Convection) และการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural or Free Convection) โดยใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำขนาด 200 กิโลกรัม/ชั่วโมง
2. เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ ของตู้อบแห้งพลังงานไอน้ำที่ใช้อบแห้งด้วยวิธีการพาความร้อนแบบธรรมชาติ และการพาความร้อนแบบบังคับ
3. ศึกษาสมรรถนะของตู้อบแห้งและขบวนการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร 2 ชนิด คือ กล้วยและพริกสด ที่ผ่านการอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำที่ไหลผ่านแผงแลกเปลี่ยนความร้อนภายในตู้อบ

3. อุปกรณ์การวิจัย

ตู้อบแห้งผลิตภัณฑ์กล้วยและพริก ที่ใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วยไอน้ำแบบท่อไฟ ขนาดการผลิตไอน้ำ 200 kg/hr ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ติดตั้งท่อส่งไอน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm. หุ้มฉนวนกันความร้อนอย่างดี ตู้อบแห้งทำจากเหล็กสเตนเลสขนาดความจุ 0.75 m^3 หุ้มฉนวนกันความร้อนอย่างดี ด้านล่างติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ติดครีบระบายความร้อน พัดลม และชุดปรับอัตราการไหลอากาศ ปริมาณความชื้นและอุณหภูมิตู้อบวัดโดย เครื่องวัดความเร็วลมความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ VELOI CALC และเทอร์โมคับเปิ้ลชนิด K

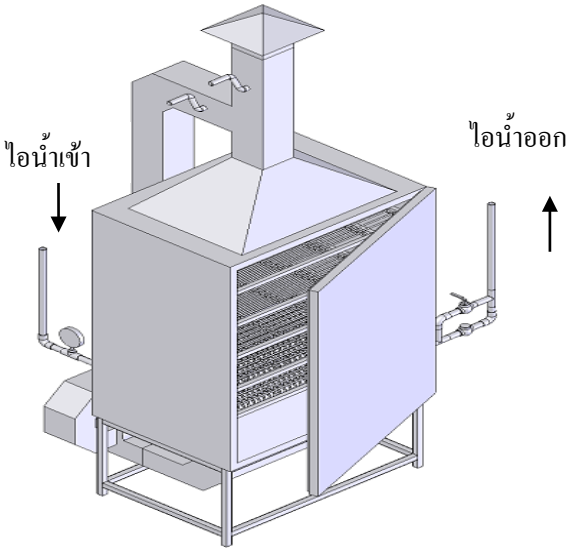


รูปที่ 1 การผลิตไอน้ำของหม้อน้ำให้แก่ตู้อบแห้ง

1. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง
2. หม้อไอน้ำ
3. ปั๊มแรงดันสูง
4. มาตรวัดอัตราการไหลน้ำป่อน
5. ถังน้ำ
6. ถังกรองน้ำป่อน
7. ปั๊มน้ำป่อน
8. ตู้อบแห้ง
9. ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน
10. สตีมแทรป
11. วาวล์
12. โบล์พัดลม
13. ท่อไอน้ำ
14. ท่อน้ำคอนเดนแสท

3.1 การออกแบบและสร้างตู้อบแห้ง

ซึ่งได้สร้างตู้อบแห้งขนาดความจุ 0.75 m^3 ผนังของตู้อบกันความร้อนประกอบด้วยแผ่นสเตนเลส 2 ชั้น แต่ละแผ่นหนา 0.8 mm และชั้นกลางเป็นฉนวนกันความร้อนทำจากใยหินมีความหนาของแผ่นฉนวนเท่ากับ 2 นิ้ว ซึ่งกั้นอยู่ระหว่างผนังภายในตู้อบแห้งอุณหภูมิ 70 ℃ และอากาศภายนอกตู้อบแห้งอุณหภูมิ 27 ℃

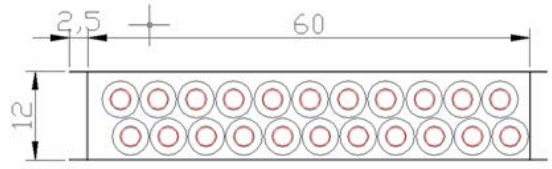


รูปที่ 2 ตู้อบแห้งที่ได้จากการคำนวณ

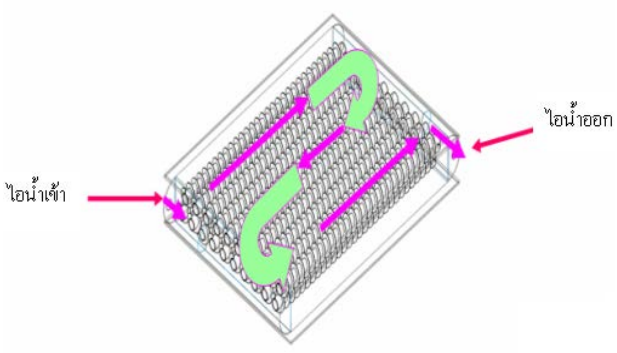
รูปที่ 3 ตู้อบแห้งที่ได้สร้างจากออกแบบ

3.2 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

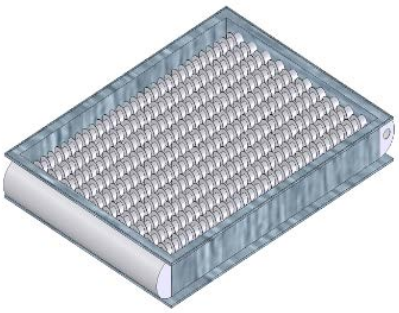
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดพื้นที่ 0.6m × 0.8m (0.48m^2) ทำจากท่อสเตนเลส ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 22 ท่อ ติดครีบแบบเกลียวและจัดวางท่อเป็น 2 แถว แบบเลื่อมท่อประกอบเป็นชุดแลกเปลี่ยนความร้อน



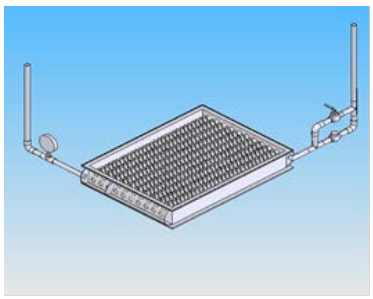
รูปที่ 4 ก) จำนวนท่อติดครีบและการจัดว่างของท่อในชุดแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 4 ข) แสดงทิศทางการไหล่ของไอน้ำผ่านท่อชุดแลกเปลี่ยนความร้อน



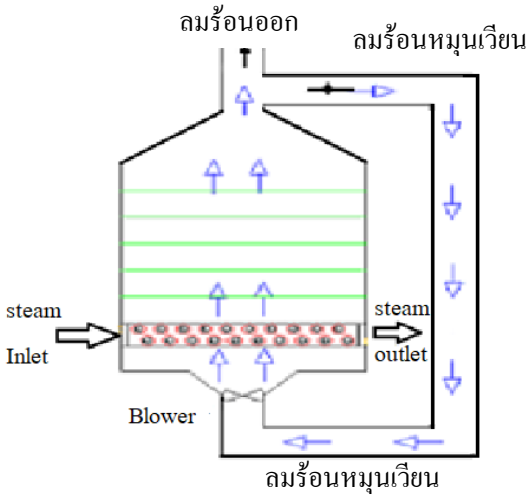
รูปที่ 5 ก) แผงแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers)



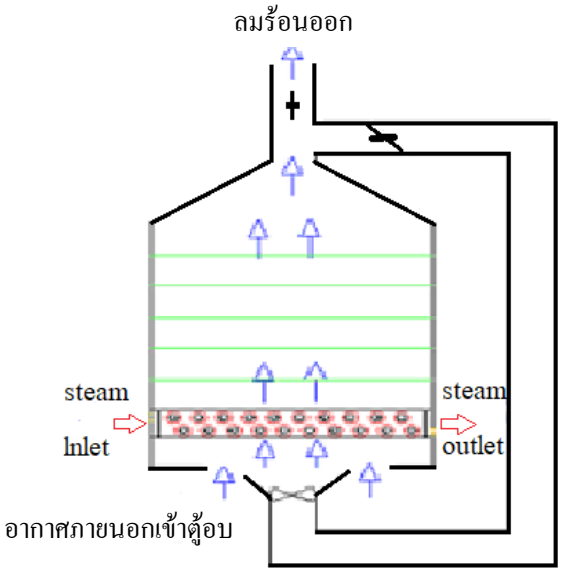
รูปที่ 5 ข) แผงแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers)

รูปที่ 6 แผงแลกเปลี่ยนความร้อนได้จากการออกแบบสร้าง (Heat Exchangers)

3.3 การควบคุมการไหลของอากาศภายในตู้อบแห้ง



รูปที่ 7 ก) ทิศทางการพาความร้อนแบบบังคับ



รูปที่ 7 ข) ทิศทางการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

จากรูปที่ 7 ก) การอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบบังคับ (Froced Convection) ใช้พัดลมช่วยในการพาความร้อนภายในเครื่องอบแห้ง โดยมีการออกแบบให้มีความสามารถในการกำหนดทิศทางและอัตราการไหลของอากาศในเครื่องอบแห้งได้ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง และรูปที่ 7 ข) คือการอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) เป็นเครื่องอบแห้งที่ไม่มีการใช้พัดลม เพื่อการระบายอากาศ การระบายอากาศภายในเครื่องอบแห้ง จะอาศัยหลักการของความหนาแน่นของอากาศ โดยอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งจะลอยตัวสูงขึ้น และถูกแทนที่ด้วยเย็นภายนอกเครื่องอบแห้ง

3.4 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้ง

ตู้อบแห้งใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำโดยมีระบบผลิตไอน้ำประกอบด้วยหม้อไอน้ำขนาดกำลังผลิตไอน้ำที่200 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตู้อบแห้งขนาดความจุ 0.75 m^3 ทำจากเหล็กสเตนเลส หุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนอย่างดี และติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนขนาดความกว้าง 0.60 m. x 0.80 m. ซึ่งมีขนาดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำจากท่อสเตนเลสเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 cm ติดครีบท่อแบบเกลียว ซึ่งจะจัดว่างท่อเป็น 2 แถว แบบเลื่อมท่อไว้ด้านล่างของตู้อบ โดยให้ไอน้ำร้อนจากระบบผลิตไอน้ำ ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนภายในตู้อบแห้ง เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ อุณหภูมิของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนภายในตู้อบแห้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น หลังจากนั้นอากาศร้อนจะไหลผ่านผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้งถูกระเหยน้ำออกด้วยความร้อนจากอากาศร้อนและความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงในที่สุด อากาศที่ไหลผ่านผลิตภัณฑ์แล้วจะถ่ายเทมวลน้ำที่ระเหยออกไปด้วยและไหลออกสู่ช่องระบายอากาศทิ้ง ในกรณีที่ไม่ต้องการนำอากาศที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ หรือเรียกว่าขบวนการอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบอิสระ แต่ถ้าในกรณีที่ต้องการนำอากาศร้อนไหลผ่านผลิตภัณฑ์ไปแล้ว ซึ่งยังมีความร้อนสูงพอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและทำให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถทำได้โดยปรับลดขนาดของช่องระบายอากาศทิ้ง และปรับลดขนาดช่องดูดของอากาศที่จะเข้าพัดลม (Blower) อากาศที่ใช้แล้วจะถูกดูดโดยพัดลมผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Reheat) ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่นำกลับมาใช้ใหม่มี

อุณหภูมิสูงขึ้น และถูกนำไปใช้อบแห้งอีกครั้งโดยผสมกับอากาศจากภายนอกที่บริเวณทางเข้าของพัดลมดูดอากาศ โดยขบวนการอบแห้งด้วยการพาความร้อนแบบบังคับ และไอน้ำที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกควบคุมด้วยวาล์วชนิดพิเศษ สตรีมแทรป (Steam Trap) ซึ่งจะทำให้เกิด กลั่นตัวของไอน้ำเป็นคอนเดนเสต ไหลกลับคืนสู่ถังพักน้ำซึ่งจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนให้สูงขึ้นเพื่อช่วยให้

กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนของระบบไอน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุด และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตของระบบไอน้ำ

3.5 วิธีการทดลอง

1. คัดเลือกกล้วยน้ำว้าสุกงอมซึ่งสังเกต ได้จากสีเหลืองจัดของเปลือกกล้วยไม่มีจุดดำและมีกลิ่นหอมนำมาล้างหรือฉีดด้วยน้ำทำความสะอาดทิ้งไว้ให้แห้งแล้วปอกเปลือกและดึงเส้นใยออกให้หมด

รูปที่8ก)ล้างทำความสะอาดกล้วย ข)ปอกเปลือกและดึงเส้นใยกล้วย

2. ชั่งน้ำหนักกล้วยน้ำว้าก่อนอบแห้ง ด้วยเครื่องชั่งละเอียด ลำเลียงเข้าตู้เพื่อทำการอบแห้ง

รูปที่ 9 ก) ชั่งน้ำหนักกล้วยก่อนอบ ข) ลำเลียงกล้วยเข้าตู้

3. ทำการสตาร์ทเดินเครื่องระบบผลิตไอน้ำ แล้วปรับตั้งระดับแรงดันของหม้อไอน้ำ ที่ 1 บาร์ และ 2 บาร์ สำหรับการอบกล้วย และปรับตั้งระดับแรงดันของหม้อไอน้ำ ที่ 0.5 บาร์ และ 1 บาร์ สำหรับ การอบพริก พร้อมทั้งทำการบันทึกค่าอัตราการไหลของน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ และอัตราการสิ้น เปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง

4. ทำการเปิดวาล์วควบคุมให้ไอน้ำไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ภายในตู้อบแห้ง

5. ทำการอบแห้งกล้วยที่เต็มความจุตู้ 50 กิโลกรัม และพริกชี้ฟ้า 25 กิโลกรัม ด้วยกระบวนการอบแห้งแบบการพาความร้อนแบบอิสระ และกระบวนการอบแห้งแบบการพาความร้อนแบบบังคับที่มีอัตรา การไหลเวียนกลับของอากาศ 90 %

6. ขณะทำการอบแห้ง ทำการบันทึกค่าต่างๆ ตามที่ต้องการ

7. เก็บผลิตภัณฑ์อบแห้งมาชั่งน้ำหนักในขณะทำการอบแห้งในทุกๆ 1 ชั่วโมง แล้วบันทึกข้อมูลและทำการสลับถาดผลิตภัณฑ์ทุกๆ 1 ชั่วโมง

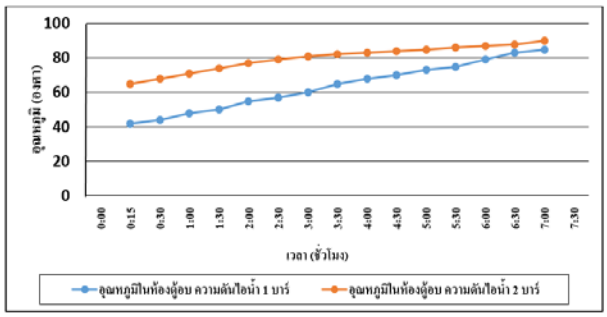
รูปที่ 10 ก) สุ่มกล้วยชั่งน้ำหนักกล้วย ข) ชั่งน้ำหนักกล้วย

8. เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์อบแห้งระหว่างกระบวนการอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบอิสระ และการอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบบังคับ

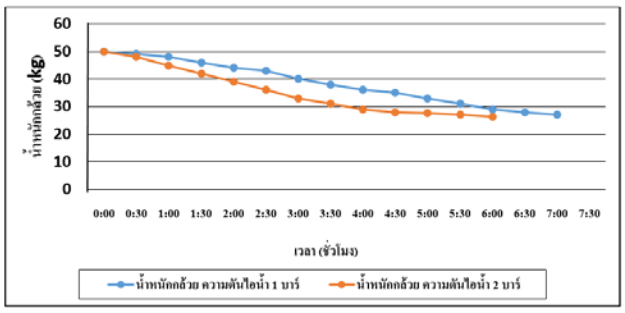
9. ทดลองไปจนกระทั่งได้ปริมาณความชื้นของกล้วยตรงกับค่าที่ต้องการ (50% dry basis)

4. ผลการวิจัย และวิจารณ์

ผลการทดลองอบแห้งกล้วยน้ำว้า โดยใช้วิธีการอบแห้งด้วยการพาความร้อนแบบบังคับที่ระดับแรงดันไอน้ำที่ 1บาร์ และ 2บาร์ ซึ่งใช้พัดลมเป่าอากาศไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นแล้วส่งผ่านถาดอบกล้วย อากาศยังมีความร้อนเหลืออยู่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการใช้พลังงานไอน้ำของระบบแล้วทำการสลับถาดทุกๆ 2 ชั่วโมง เพื่อให้กล้วยในตู้อบแห้งมีความสม่ำเสมอ



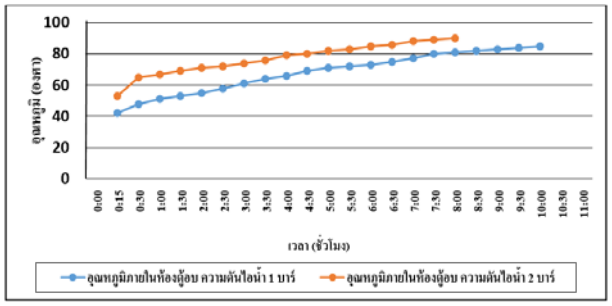
รูปที 11 ก) อุณหภูมิอบกล้วยทีความดันไอน้า 1 bar และ 2 bar



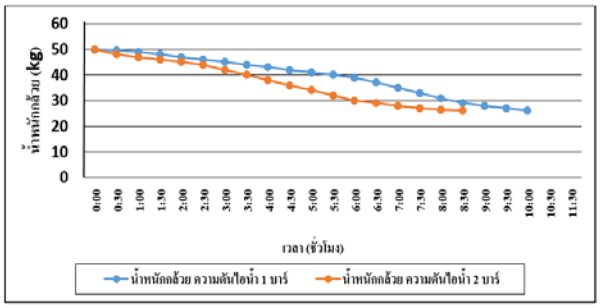
รูปที่ 11 ข) น้ำหนักอบกล้วยที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar

รูปที่ 11 ก และ ข) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิ และน้ำหนักภายในตู้อบกล้วย ที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar เวลาการอบกล้วยน้ำว้าโดยการพาความร้อนแบบบังคับ

จากรูปที่ 11ก และ ข) พบว่าการอบกล้วยน้ำว้าโดยการพาความร้อนแบบบังคับที่ความดันไอน้ำที่ 1 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยนอยู่ที่ 70 – 75 ℃ ใช้เวลาในการอบ 7 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 4.03 ลิตร และการอบกล้วยน้ำว้าที่ความดันไอน้ำที่ 2 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยอยู่ที่ 75–80 ℃ ใช้เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 4.26 ลิตร



รูปที่ 12 ก) อุณหภูมิอบกล้วยที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar

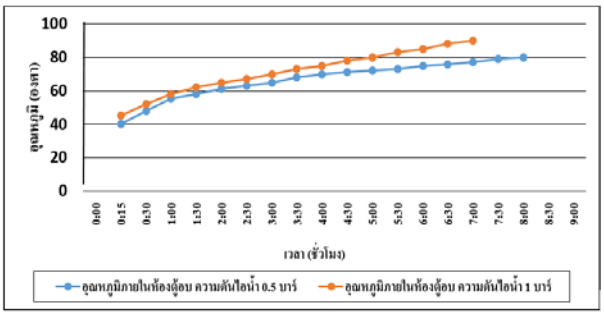


รูปที่ 12 ข) น้ำหนักอบกล้วยที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar

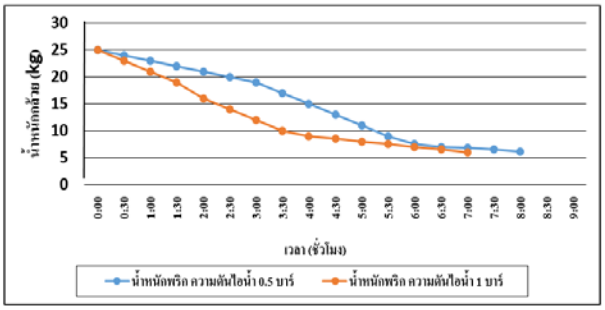
รูปที่ 12 ก และ ข) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิ และน้ำหนักภายในตู้อบกล้วย ที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar เวลาการอบกล้วยน้ำว้าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

จากรูปที่ 12 ก และ ข พบว่าการอบกล้วยน้ำว้าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติที่แรงดันไอน้ำ 1 บาร์ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบอยู่ที่ 65–70 ℃ ใช้เวลาในการอบแห้ง 10 ชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 5.4 ลิตร และการอบกล้วยน้ำว้าที่ ความดันไอน้ำที่ 2 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยอยู่ที่ 75–78 ℃ ใช้เวลาในการอบกล้วย 8 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 7.08 ลิตร จากรูปที่ 11 และรูปที่ 12 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิ และน้ำหนักภายในตู้อบกล้วย ที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar จะเห็นได้ว่าการอบกล้วยด้วยวิธีการพาความร้อนแบบบังคับ (Froced Convection) จะใช้ระยะเวลาในการอบกล้วยที่สั้นกว่า การอบกล้วยน้ำว้าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) และยังช่วยประหยัดเชื้อเพลิงซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย

ผลการทดลองอบแห้งพริกชี้ฟ้า โดยใช้วิธีการอบแห้งด้วยการพาความร้อนแบบบังคับที่ระดับแรงดันไอน้ำที่ 0.5 บาร์ และ 1 บาร์ ซึ่งใช้พัดลมเป่าอากาศไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นแล้วส่งผ่านถาดอบพริกอากาศยังมีความร้อนเหลืออยู่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำของระบบ ทำการสลับถาดทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพื่อให้พริกในตู้อบแห้งมีความสม่ำเสมอ



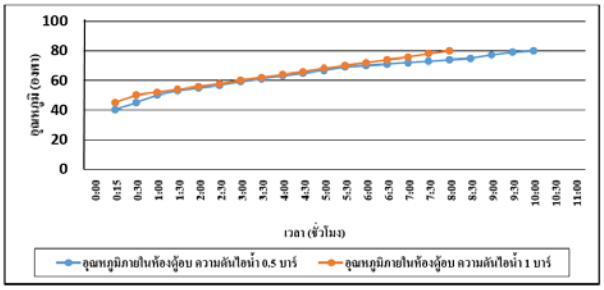
รูปที่ 13 ก) อุณหภูมิอบพริกที่ความดันไอน้ำ 0.5 bar และ 1 bar



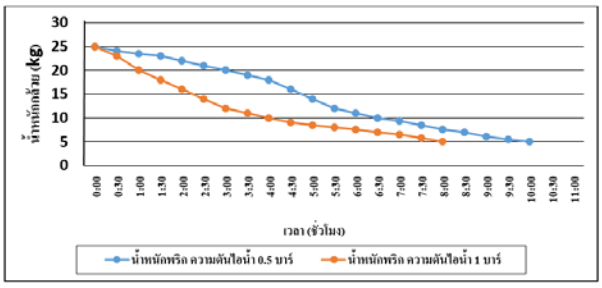
รูปที่ 13 ข) น้ำหนักอบพริกที่ความดันไอน้ำ 0.5 bar และ 1 bar

รูปที่ 13 ก และ ข) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิ และน้ำหนักภายในตู้อบพริก ที่ความดันไอน้ำ น้ำ 0.5 bar และ 1 bar เวลาการอบพริกชี้ฟ้าโดยการพาความร้อนแบบบังคับ

จากรูปที่ 13 พบว่าการอบพริกชี้ฟ้าโดยการพาความร้อนแบบบังคับที่ความดันไอน้ำที่ 0.5 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยนอยู่ที่ 68 – 72 ℃ ใช้เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 4.98 ลิตร และการอบพริกชี้ฟ้า ที่ความดันไอน้ำที่ 1 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยอยู่ที่ 70 – 75 ℃ ใช้เวลาในการอบ 7 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 3.66 ลิตร



รูปที่ 14 ก) อุณหภูมิอบพริกที่ความดันไอน้ำ 0.5 bar และ 1 bar



รูปที่ 14 ข) น้ำหนักอบพริกที่ความดันไอน้ำ 0.5 bar และ 1 bar

รูปที่ 14 ก และ ข) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิและน้ำหนักภายในตู้อบพริก ที่ความดันไอน้ำ น้ำ 0.5 bar และ 1 bar เวลาการอบพริกชี้ฟ้าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

จากรูปที่ 14 พบว่าการอบพริกชี้ฟ้าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติที่แรงดันไอน้ำ 0.5 บาร์ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบอยู่ที่ 60 – 65 ℃ ใช้เวลาในการอบแห้ง 10 ชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 5.68 ลิตร และการอบพริกชี้ฟ้าที่ ความดันไอน้ำที่ 1 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยอยู่ที่ 65 –70 ℃ ใช้เวลาในการอบพริก 8 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 5.8 ลิตร จากรูปที่ 13 และ รูปที่ 14 เปรียบเทียบ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเทียบกับเวลาการอบพริกชี้ฟ้า จะเห็นได้ว่าการอบพริกชี้ฟ้าด้วยวิธีการพาความร้อนแบบบังคับ (Froced Convection) จะใช้ระยะเวลาในการอบrพริกชี้ฟ้าที่สั้นกว่า การอบพริกชี้ฟ้าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) และยังช่วยประหยัดเชื้อเพลิงซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย

5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองการอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบบังคับ ซึ่งใช้พัดลมช่วยในการพาความร้อนในเครื่องอบแห้งไหลผ่าผลิตภัณฑ์อบแห้ง แล้วนำอากาศร้อนกลับมาอบแห้งอีกครั้ง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งให้สูงขึ้น และทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งระเหยได้เร็วขึ้น ซึ่งจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งแบบพาความร้อนแบบธรรมชาติ ที่อาศัยหลักการของความหนาแน่นของอากาศ โดยปล่อยให้อากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งลอยตัวสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการอบแห้งจึงจำเป็นต้องเลือกปรับแรงดันไอน้ำและอุณหภูมิในการอบที่เหมาะสม เช่นการอบกล้วยน้ำว้าใช้แรงดันไอน้ำที่ 1 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อบ 70-75 ℃ และพริกชี้ฟ้าที่แรงดันไอน้ำที่ 0.5 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้จะอยู่ที่ 68-72 ℃ จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของตลาด

6. พฤติกรรมการอบแห้งผลิตภัณฑ์

รูปที่ 15 ก) อบกล้วยที่ความดันไอน้ำ P = 1 bar

รูปที่ 15 ข) อบกล้วย ที่ความดันไอน้ำ P = 2 bar

รูปที่ 15 ค) อบพริกที่ความดันไอน้ำ P = 0.5 bar

รูปที่ 15 ง) อบพริกที่ความดันไอน้ำ P = 1 bar

จากรูปที่ 15 ก) เป็นการอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่แรงดันไอน้ำ 1 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง 65-70 และน้ำหนักกล้วยที่ใช้ในการอบแห้งจำนวน 50 กิโลกรัม หลังอบแห้งจะเหลือ 26.85 กิโลกรัม คิดเป็นมาตรฐานแห้ง (Md) 86.2 % ลักษณะของสีผิวของกล้วยน้ำว้า หลังอบแห้งจะออกสีเหลืองเหมาะสมกับความต้องการของตลาด รูปที่ 15 ข) เป็นการอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่แรงดันไอน้ำ 2 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง 75-78 °C เป็นสภาวะอุณหภูมิในการอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่สูงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ชั้นล่างของตู้อบแห้งอยู่ใกล้กับชุดแลกเปลี่ยนความร้อน จะได้รับความร้อนสูงมากเกินไป เป็นผลทำให้กล้วยน้ำว้าหลังอบแห้งจะมีลักษณะของสีออกแดงเข้มและแห้งเกินไปไม่เหมาะสมกับความต้องการของตลาด รูปที่ 15 ค) เป็นการอบแห้งพริกชี้ฟ้าที่แรงดันไอน้ำ 1 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง 68-72 °C และน้ำหนักพริกชี้ฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง จำนวน 25 กิโลกรัม หลังอบแห้งจะเหลือ 6.54 กิโลกรัม คิดเป็นมาตรฐานแห้ง (Md) 282.09 % ลักษณะของสีผิวของพริกหลังอบแห้งจะออกสีแดง คงสภาพสีเหมือนเดิมเหมาะสมกับความต้องการของตลาด รูปที่ 15 ง) เป็นการอบแห้งพริกชี้ฟ้าที่แรงดันไอน้ำ 2 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง 70-75 °C เป็นสภาวะอุณหภูมิในการอบแห้งพริกชี้ฟ้าที่สูง ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์พริกที่อยู่ชั้นล่างของตู้อบแห้งจะมีลักษณะของสีพริกออกแดงคล้ำไม่สวยและแห้งกรอบเกินไป

7. กิตติกรรมการประกาศ

ขอขอบพระคุณแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย ที่ให้การสนับสนุน หม้อไอน้ำ และ สถานที่ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวัด และ นายชัชวาล ปานสอน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการรวบรวมข้อมูล

8. เอกสารอ้างอิง

R.G Moreieng ," Modeling of Drying Process of Food ", USDA. NC 136 Regional Project Modeling Sumwavis,1997.

Shikant Baslingappa Swami, S.K.Das, B.maiti, " Convection hot air drying and quality Characteristics of boric " Journal of food Engineering, Vol, 79, 2007, pp.225-233.

สุเมธ รุจินินนาท, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และสมเกียรติ ปรัชญาวรากร, 2545, " การปรับปรุงลักษณะการไหลของอากาศในเครื่องอบแห้งแบบตู้", การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรเกษตรแห่ง ประเทศไทย ครั้งที่ 3, 23-24 พฤษภาคม, โรงแรมอิมพีเรียลแม่ปิง, จ.เชียงใหม่, หน้า 42-48.

จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์, อดิศักดิ์ นาถกรณกุล, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และสมเกียรติ ปรัชญาวรากร, 2546, "การศึกษาเปรียบเทียบการอบทุเรียนด้วยอากาศร้อนและไอน้ำร้อนยวดยิ่ง", การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4, 13-14 มีนาคม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 213-221.