

ชื่อโครงการ “การพัฒนาตู้อบแห้งขนม Development of The Snack Dryer ”

กำธร อนุใจ, เกรียงศักดิ์ ปัญญาหลวง ¹⁾ และ ยศธนา คุณภาพ ²⁾

ชื่อผู้วิจัย ¹⁾ และ ชื่อหัวหน้าโครงการ ²⁾

- 1) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- 2) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Email : piakman@dome.eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงลักษณะการไหลเวียนของอากาศร้อนภายในตู้อบแห้งขนม ของบริษัทเบญจพรณโพรดักท์ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการ โดยได้มีการนำเอาวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของของไหล (Computation Fluid Dynamics) มาช่วยในการออกแบบเพื่อหาลักษณะที่เหมาะสมของอุปกรณ์ช่วยในการปรับปรุงลักษณะการไหลของอากาศร้อนในตู้อบ จากการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม CFDRC[®] พบว่าใบบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนมีลักษณะ เป็นแผ่นโค้งจะสามารถช่วยแบ่งและบังคับการกระจายของอากาศร้อนให้ทั่วถึงได้และมีการเจาะช่องระบายอากาศความกว้าง 8 เซนติเมตร เพื่อลดการเกิดกระแสหมุนวนของอากาศร้อนได้ใบ ซึ่งเป็นใบบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนที่เหมาะสมที่สุด

ผลการทดสอบวัดค่าความชื้นของขนมหลังผ่านการอบแห้งหลังการติดตั้งใบบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อน พบว่า ค่าความชื้นเฉลี่ยของขนมทั้งตู้อยู่ระหว่าง 7 - 12 % ซึ่งขนมบริเวณกลางตู้อบนั้นให้ค่าความชื้นเฉลี่ยสม่ำเสมอมากที่สุด การกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศร้อนหลังการติดตั้งอุปกรณ์พบว่า ขนมแถวบริเวณกลางตู้อบมีความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยกว่าก่อนการติดตั้ง สำหรับขนมแถวด้านในสุดและนอกสุดของตู้อบ การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศร้อนไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างก่อนและหลังการติดตั้ง

ภายหลังการติดตั้งใบบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนพบว่าสามารถลดปริมาณของขนมที่เคยมีความชื้นสูงลงได้เฉลี่ยเท่ากับ 50 กิโลกรัมต่อตู้ ซึ่งเมื่อเทียบเป็นพลังงานแล้วสามารถลดปริมาณเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม (LPG) ที่ใช้ในการต้มน้ำเพื่อใช้เป็นสารทำงานในกระบวนการอบแห้งขนม จาก 8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เป็น 7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้เท่ากับ 284 บาทต่อวัน

คำสำคัญ Snack Dryer, Drying Process, Guide Vane, CFD

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมการทำขนมขบเคี้ยวจากแป้ง เช่น ข้าวเกรียบได้มีรายได้มีมูลค่ากว่า 10,000 ล้านบาทต่อปีซึ่งส่วนมาก ส่วนแบ่งทางตลาดจะเป็นของกลุ่มผู้ประกอบการรายย่อย (อุตสาหกรรมขนาดเล็ก) และในอุตสาหกรรมประเภทนี้ต้องมีการใช้พลังงานต่าง ๆ เช่น ไฟฟ้า , น้ำมันเชื้อเพลิง หรือก๊าซหุงต้ม ซึ่งจะ

เห็นได้ว่าปริมาณการใช้พลังงานของประเทศไทยสูงมาก ขณะที่ความสามารถในการผลิตพลังงานในประเทศไทยมีปริมาณน้อยจึงต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนมากในการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ เพื่อผลิตพลังงาน ถ้าหากว่าเราสามารถนำพลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นก็จะสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้

ในอุตสาหกรรมการทำขนมขบเคี้ยว จะมีบางกระบวนการที่ต้องใช้ความร้อนในการอบแห้งด้วยตู้อบ โดยอากาศจะถูกให้ความร้อนและถูกส่งผ่านไปยังขนมที่ต้องการให้อบแห้งและจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำที่อยู่ในขนม และในระหว่างกระบวนการนี้จะมีการสูญเสียความร้อนเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากประสิทธิภาพของตู้อบและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นถ้าเราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของตู้อบและอุปกรณ์ต่างๆให้สูงขึ้น ก็จะทำให้การสูญเสีย ความร้อนโดยเปล่าประโยชน์ลดน้อยลงและทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้

ในโครงงานวิจัยครั้งนี้จะศึกษาแต่เพียงในส่วนของขนมที่ผ่านการอบแห้งอย่างต่อเนื่องโดยตู้อบแห้งขนมได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.1 ซึ่งส่วนประกอบของขนมประกอบไปด้วย แป้งมัน, แป้งสาลี, เกลือ และ ผงเคมี



รูปที่ 1.1 ขนมหลังผ่านการอบแห้ง

โดยกระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ ได้แก่ 1. การผสมส่วนผสม (Mixing) 2. การทำให้สุก (Cooking) 3. การอบแห้ง (Drying) โดยกระบวนการผลิตที่เราสนใจศึกษานั้นจะเป็นส่วนของการอบแห้งอย่างต่อเนื่องโดยตู้อบแห้งขนม (Dryer) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.2



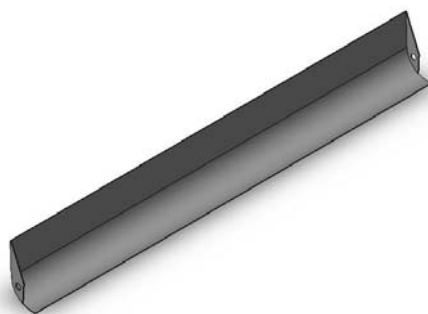
รูปที่ 1.2 ตู้อบแห้งขนม (Dryer)

หลังจากที่ผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการอบแห้งอย่างต่อเนื่องโดยตู้อบแล้วก็จะทำการบรรจุเพื่อส่งไปผ่านกระบวนการทอดและปรุงรสเพื่อนำออกจำหน่ายต่อไป

ในการอบขนมนั้นตู้อบได้ถูกตั้งเวลาให้ทำการอบแห้งขนมอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังครบ 6 ชั่วโมงพบว่าขนม ที่ได้แห้งไม่เท่ากันโดยพบว่าขนมในชั้นกลางของถาดขนมจะแห้งกว่าถาดด้านบนและด้านล่าง ทำให้ผู้ประกอบการต้องนำขนมที่ไม่แห้ง (มีความชื้นสูง) มาเข้าตู้อบอีกครั้ง ทำให้เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและเสียเวลาเป็นอย่างมาก จากปัญหาที่พบน่าจะเกิดจากลักษณะการไหลเวียนของอากาศร้อนที่ไม่ทั่วถึงภายในตู้อบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการประดิษฐ์อุปกรณ์ที่จะนำไปติดตั้งในตู้อบแห้งขนมเพื่อปรับปรุงลักษณะการไหลของอากาศร้อนในตู้อบซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวไว้ในหัวข้อต่อไป

2. การออกแบบและปรับปรุงตู้อบแห้งขนม

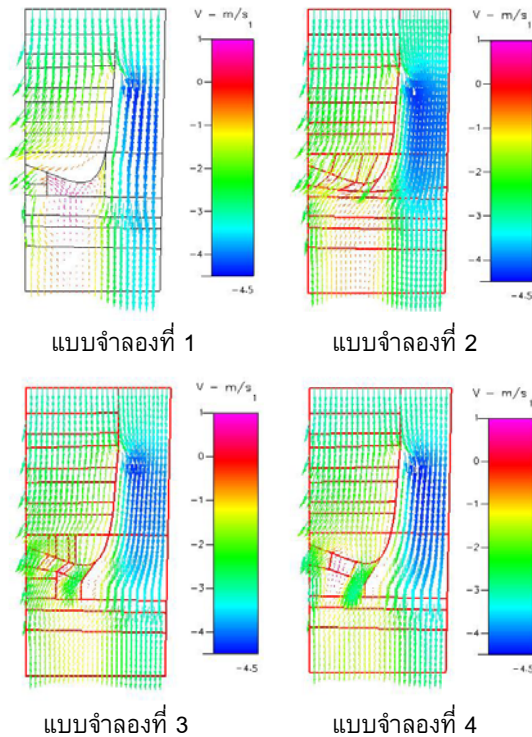
จากผลการทดสอบวัดค่าความชื้นของขนม พบว่าในบริเวณถาดด้านบนของแต่ละถาดขนมจะมีความชื้นสูง ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะติดตั้งช่องบังคับทิศทางอากาศร้อนเพื่อบังคับให้มีการไหลผ่านถาดขนมบริเวณ 6 ถาดบนและนำความชื้นออกไป โดยลักษณะของใบบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนนั้นได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แบบจำลองใบบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อน

ก่อนที่จะทำการสร้างจริงใบบังคับทิศทางการไหลที่ออกแบบไว้ถูกทดสอบหาการกระจายตัวของอากาศร้อนด้วยโปรแกรมการคำนวณทางพลศาสตร์ของของ

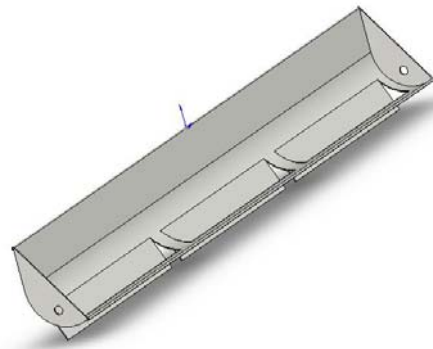
ไหล (CFDRC[©]) ภายหลังการออกแบบและสร้างแบบจำลองทั้งหมด 4 แบบ การคำนวณให้ผลดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม CFDRC[©]

พบว่าแบบจำลองที่ 1 นั้นบริเวณใต้ใบเกิดกระแสหมุนวนของอากาศร้อน เมื่อสังเกตจากแถบสีแดง ความเร็วจะมีความเร็วเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่เกิดการไหลของอากาศผ่านถาดขนมบริเวณใต้ใบ ภายหลังการเจาะใต้ใบจำนวน 2 ช่องตามแบบจำลองที่ 2 พบว่าสามารถลดปริมาณกระแสหมุนวนของอากาศร้อนลงได้บ้าง เมื่อทำการปรับปรุงโดยการเจาะช่องระบายอากาศให้กว้างขึ้นตามแบบจำลองที่ 3 นั้น จะเห็นได้ว่า สามารถลดการเกิดกระแสหมุนวนของอากาศร้อนได้ดีที่สุดแต่เนื่องจากการเจาะเป็นบริเวณกว้างทำให้ใบขาดความแข็งแรง ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงโดยการ เจาะใต้ใบบังคับทิศทาง 1 ช่อง กว้าง 6 เซนติเมตร ดังแบบจำลองที่ 4 จากการเจาะช่องนั้นสามารถช่วยลดการเกิดกระแสหมุนวนของอากาศร้อนใต้ใบได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าบริเวณที่อากาศร้อนมีความเร็ว

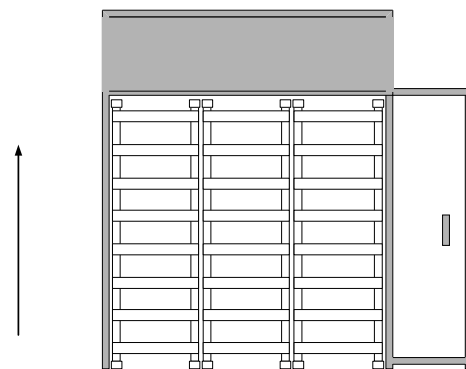
เป็นศูนย์นั้นเกิดเพียงเล็กน้อยดังนั้นในการจัดสร้างจริงทางผู้วิจัยจึงได้ทำการเจาะเพิ่มขนาดช่องเป็น 8 เซนติเมตรเพื่อที่อากาศร้อนสามารถไหลเวียนผ่านได้มากขึ้น และวัสดุที่เลือกใช้คือ สแตนเลส เนื่องจากไม่มีการปนเปื้อนของสนิมในสภาวะการใช้งานที่ความชื้นและอุณหภูมิสูง โดยช่องบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนที่จัดสร้างจริงมีลักษณะดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แบบช่องบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนที่จัดสร้างจริง

3. วิธีการทดสอบ

ในการทดลองนั้นได้ทำการทดสอบวัดค่าความชื้นของขนมและบันทึกอุณหภูมิของอากาศร้อนเพื่อสังเกตลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิทั้งก่อนและหลังการติดตั้งช่องบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อน โดยการกำหนดลำดับถาดและถาดของขนมนั้นได้อ้างอิงจากรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การจัดลำดับถาดและถาดขนมในตู้อบ

3.1 การทดสอบวัดค่าความชื้นของขนม

ในการทดสอบวัดค่าความชื้นของขนมนั้นได้ทำการวัดค่าความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น Moisture determination balance (FD-620) และเครื่องวัดความชื้น Grain Moisture tester (PM-400) เนื่องด้วยในการทดสอบจริงนั้นค่าความชื้นที่ได้จากเครื่องวัดความชื้น FD-620 นั้นให้ค่าที่แม่นยำกว่าแต่เวลาที่ใช้ในการวัดนั้นใช้เวลาประมาณ 40 นาทีต่อหนึ่งตัวอย่างทดสอบ ซึ่งนานกว่าเครื่องวัดความชื้น PM-400 ที่ใช้เวลาเพียง 5 นาทีต่อตัวอย่างทดสอบ ดังนั้นเราจึงเลือกใช้เครื่องวัดความชื้น PM-400 ซึ่งใช้เวลาในการวัดสั้นกว่า แล้วปรับแก้ค่าเทียบกับเครื่องวัดความชื้น FD-620 ก่อนนำค่าที่ได้ไปใช้งานจริง โดยทำการวัดค่าความชื้นของขนมถาดที่ 1, 5, 10, 15, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32 ของขนมทุกแถว และเมื่อทำการติดตั้งไปบั้งคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนดังรูปที่ 3.1.1 แล้วทำการวัดค่าความชื้นของขนมถาดที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32 ของทุกแถวอีกครั้ง เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความชื้นของขนมก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์



รูปที่ 3.1.1 การติดตั้งไปบั้งคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนในตู้อบ

3.2 การทดสอบวัดค่าอุณหภูมิของอากาศร้อน

การทดสอบวัดค่าอุณหภูมิของอากาศร้อนนั้น สายเทอร์โมคัปเปิล (Type K) จะถูกติดตั้งบริเวณช่องว่างระหว่างถาดขนมถาดที่ 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 32 ทั้ง 2 ด้านของตู้อบ เมื่อตู้อบเริ่มทำงานในช่วง 30 นาทีแรก อุณหภูมิของอากาศร้อนจะถูกบันทึกทุกๆ 30

วินาที และหลังจากนั้นจะถูกบันทึกทุกๆ 10 นาทีจนจบกระบวนการอบแห้ง โดยวิธีการทดสอบนั้นจะทำให้เช่นเดียวกัน ทั้งก่อนและหลังการติดตั้งไปบั้งคับทิศทางการไหลของอากาศร้อน หลังจากนั้นจึงได้ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้โดยการแสดงผลนั้นได้ทำการแบ่งกลุ่มการแสดงผลเป็น 3 กลุ่มคือ

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ ถาดที่ 1, 5, 10

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ ถาดที่ 15, 20, 25

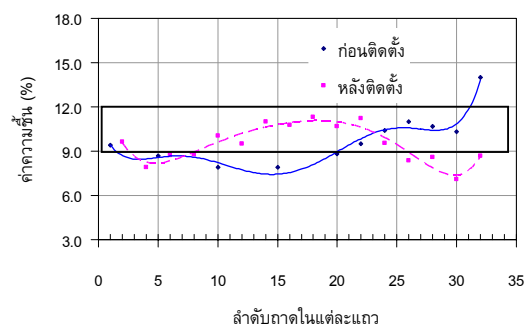
กลุ่มที่ 3 ได้แก่ ถาดที่ 30, 32

โดยผลการทดสอบจะได้กล่าวไว้ในหัวข้อต่อไป

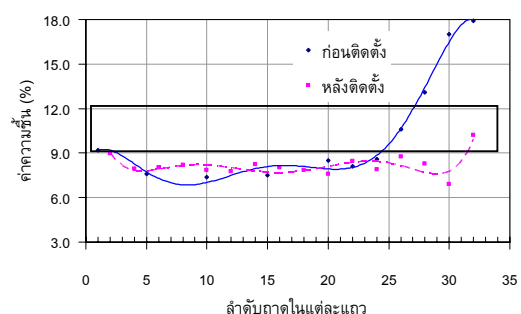
4. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดสอบวัดค่าความชื้นก่อนและหลังการติดตั้งช่องบั้งคับทิศทางการไหลของอากาศร้อน

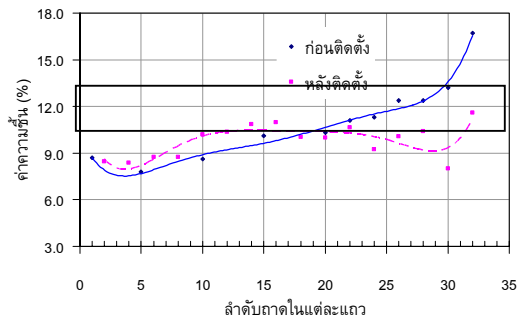
ภายหลังจากการทดสอบวัดค่าความชื้นของขนมแล้ว จึงได้ทำการเปรียบเทียบค่าความชื้นขนมทั้ง 3 แถวทั้งก่อนและหลังการติดตั้ง โดยพื้นที่ที่เราจะดูคือความชื้นของขนมที่เหมาะสมสำหรับการนำไปทอด



รูปที่ 4.1.1 การเปรียบเทียบค่าความชื้นขนม ก่อนและหลังการติดตั้ง (แถวที่ 1)



รูปที่ 4.1.2 การเปรียบเทียบค่าความชื้นขนม ก่อนและหลังการติดตั้ง (แถวที่ 2)

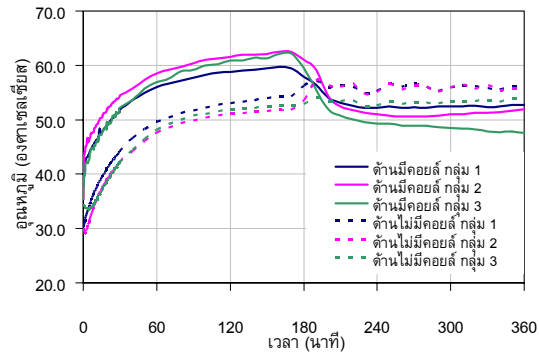


รูปที่ 4.1.3 การเปรียบเทียบค่าความชื้นขนม ก่อนและหลังการติดตั้ง (แถวที่ 3)

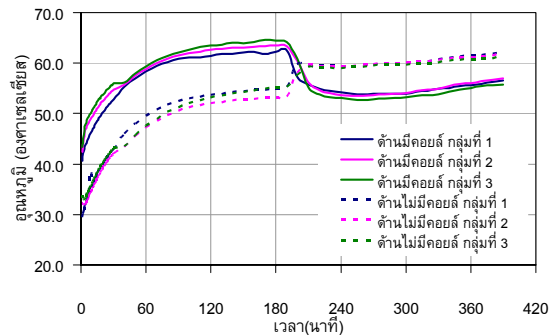
จากการสร้างกราฟเปรียบเทียบพบว่าค่าความชื้นของขนมแต่ละแถวดังได้แสดงในรูปที่ 4.1.1 – 4.1.3 นั้นพบว่าขนมแถวที่ 2 หลังการติดตั้งช่องบังคับทิศทางทางไหลของอากาศร้อนให้ค่าความชื้นของขนมสม่ำเสมอมากที่สุดซึ่งสังเกตได้จากเส้นกราฟที่ค่อนข้างจะคงที่ อยู่ระหว่าง 7 – 9 % และสามารถลดค่าความชื้นของขนมบริเวณภาคด้านบนลงได้ ส่วนในแถวที่ 1 นั้น หลังการติดตั้ง กลุ่มภาคขนมด้านล่าง ภาคที่ 1 – 10 ให้ค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 7 – 10 % ส่วนขนมบริเวณภาคที่ 11 – 25 นั้นค่าความชื้นจะอยู่ระหว่าง 9 – 12 % ซึ่งในบริเวณนี้แนวโน้มของค่าความชื้นของขนมจะสูงกว่าก่อนการติดตั้งซึ่งสังเกตได้จากเส้นกราฟ และขนมบริเวณภาคด้านบน ภาคที่ 26 – 32 นั้นจะมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 7 – 9 % ซึ่งลดต่ำลงกว่าก่อนการติดตั้ง และเมื่อสังเกตจากเส้นกราฟแล้วความชื้นของขนมแถวที่ 1 นั้นยังมีความไม่สม่ำเสมออยู่ ส่วนขนมในแถวที่ 3 นั้น บริเวณภาคด้านล่าง ภาคที่ 1 – 10 นั้น ค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 8 – 11 % ส่วนภาคที่ 11 – 28 นั้นค่าความชื้นค่อนข้างจะคงที่และสม่ำเสมอ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 9 – 11.5 % ซึ่งเมื่อพิจารณาจากเส้นกราฟแล้วนั้นพบว่าตั้งแต่ภาคที่ 1 – 22 นั้นค่าความชื้นของขนมมีค่าค่อนข้างจะใกล้เคียงกันระหว่างก่อนและหลังการติดตั้ง ส่วนตั้งแต่ภาค 29 – 32 นั้นค่าความชื้นจะไม่คงที่ซึ่งค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง 8 – 12 % แต่มีค่าความชื้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการติดตั้งช่องบังคับทิศทางทางไหลของอากาศร้อน

4.2 ผลการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิอากาศร้อน ก่อนและหลังการติดตั้ง

ภายหลังการทดสอบทางผู้วิจัยได้นำตัวอย่างผลการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิของอากาศร้อนของขนมแถวที่ 2 มาเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 4.2.1 – 4.2.2



รูปที่ 4.2.1 อุณหภูมิของอากาศร้อนภายในตู้บ่อนก่อนการติดตั้งของขนมแถวที่ 2



รูปที่ 4.2.2 อุณหภูมิของอากาศร้อนภายในตู้บ่อนหลังการติดตั้งของขนมแถวที่ 2

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศร้อนที่หมุนเวียนในตู้บ่อนทั้งด้านมี คอยล์ร้อนและด้านที่ไม่มี คอยล์ร้อน พบว่าขนมแถวที่ 2 ภายหลังการติดตั้งช่องบังคับทิศทางอากาศร้อน อุณหภูมิของอากาศร้อนในแต่ละกลุ่มภาคมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันมากกว่าก่อนการติดตั้งโดยจะมีความแตกต่างกันไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้ค่าความชื้นของขนมแถวที่ 2 มีค่าที่สม่ำเสมอมากกว่า

5. สรุปผลการวิจัย

ในการพัฒนาและปรับปรุงตู้อบแห้งขนมของ บริษัท เบญจพรณ์โปรดักท์ เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตโดยการลดปริมาณของขนมที่มีความชื้นสูงนั้น พบว่าภายหลังการติดตั้งช่องบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนแล้ว ค่าความชื้นของขนมหลังจากการอบแห้งโดยตู้อบนั้น ขนมแถวที่ 2 ให้ค่าความชื้นที่คงที่ และสม่ำเสมอมากที่สุด โดยค่าความชื้นอยู่ในช่วง 7 - 9 % สำหรับแถวที่ 1 และ 3 นั้น สามารถลดค่าความชื้นลงได้แต่ยังมีความไม่สม่ำเสมอ โดยการกระจายตัวของค่าความชื้นอยู่ในช่วงกว้าง ระหว่าง 7 - 12 %

จากผลการวัดค่าการกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศร้อนภายหลังการติดตั้งใบบังคับทิศทางการไหล พบว่าลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศร้อนของขนมแถวที่ 2 นั้นเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงทุกถาด โดยมีค่าความต่างเฉลี่ยของอุณหภูมิอยู่ในช่วง 2 องศาเซลเซียส น้อยกว่าก่อนการติดตั้ง ซึ่งมีความต่างเฉลี่ยเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส สำหรับขนมแถวที่ 1 และ 3 นั้น การกระจายตัวจะอยู่ในช่วงกว้างและไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ โดยค่าความต่างเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศร้อนจะอยู่ในช่วง 5 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาค่าความชื้นของขนมและการกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศร้อนในตู้อบ แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงลักษณะการไหลเวียนของอากาศร้อนภายในของตู้อบในกระบวนการอบแห้งโดยการติดตั้งใบบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อน ส่งผลให้ค่าความชื้นของขนมมีความสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น แต่พบค่าความชื้นที่ได้ของขนมแถวที่ 2 มีแนวโน้มต่ำกว่าค่าความชื้นที่เหมาะสม ดังนั้นถ้าสามารถปรับปรุงให้ขนมแถวที่ 1 และ 3 มีค่าความชื้นที่สม่ำเสมอและใกล้เคียงกับขนมแถวที่ 2 ได้ ก็จะสามารถลดเวลาในการอบขนมเพื่อให้ขนมมีความชื้นสูงขึ้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้ ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานในการอบแห้ง ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการได้อีกทาง โดยข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการปรับปรุงนั้น ถ้าสามารถปรับปรุงลักษณะการกระจายตัวของอากาศร้อน

ที่ไหลผ่านช่องว่างหน้าตัดระหว่างผนังตู้และถาดขนมให้มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งหน้าตัดได้ โดยการติดตั้งอุปกรณ์กระจายลม (Diffuser) ก็จะสามารถช่วยแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิอากาศร้อนที่ไหลเวียนในตู้อบให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิต่ำลง ซึ่งส่งผลให้ค่าความชื้นของขนมแถวที่ติดด้านในตู้และด้านที่ติดประตูมีความสม่ำเสมอเพิ่มมากขึ้นได้

ภายหลังการติดตั้งช่องบังคับทิศทางการไหลของอากาศร้อนแล้วสามารถลดปริมาณของขนมที่มีความชื้นสูงลงได้ โดยปริมาณเฉลี่ยที่สามารถลดได้เท่ากับ 50 กิโลกรัมต่อตู้ เมื่อคิดเป็นอัตราการใช้พลังงานแล้วพบว่าสามารถลดอัตราการใช้ก๊าซหุงต้มลงได้จาก 8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เหลือ 7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นจำนวนเงินที่สามารถประหยัดได้เท่ากับ 284 บาทต่อวัน เมื่อต้นทุนในการติดตั้งนั้นเท่ากับ 12,000 บาทต่อตู้ ดังนั้นถ้าติดตั้งครบทั้ง 8 ตู้ จะใช้ระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 43 วันของการใช้งานตู้อบ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ยศธนา คุณาทร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาจนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คุณวิชัย อังศุฤทธิ์ ประธานกรรมการบริษัท เบญจพรณ์โปรดักท์ จำกัด ผู้ให้ความสนับสนุนช่วยเหลือในการศึกษาวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบคุณ คุณสุธี สงวนเกียรติ วิศวกรควบคุมและ คุณกาญจนา แสนโกติก ผู้จัดการทั่วไป บริษัท เบญจพรณ์โปรดักท์ จำกัด ที่ได้ให้การช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กิจจาวล ตันรัตนกุล. (2542). การศึกษาการอบแห้ง

ต้นหอมโดยเครื่องอบแห้งสุญญากาศ.
ปริญญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กฤษฎา วังหมื่น, จักรกฤษณ์ ไชยสมบัติ. (2544). การ
ประยุกต์ใช้ระบบสุญญากาศสำหรับการอบ
แห้งเกษตรดอกไม้. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รวีศ ทศคร. (2543). หลักวิศวกรรมอาหาร. เชียงใหม่.
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะ
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Y. Khunatorn, N. Vorayos, N. Jantan, Numerical
Modeling of Air Flow inside Tobacco
Curing Barn, Proceeding of the
Engineering and Technology conference
2003 – EnTech 2003, July 30 – Aug 1,
Sarawak, Malaysia, 2003