Agricultural Sci. J. 33 : 6 (Suppl.) : 23-26 (2002) **ว. วิทย. กษ. 33 : 6 (พิเศษ) : 23-26 (2545)**

แนวทางที่เหมาะสมสำหรับออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด สำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มขิงผงสำเร็จรูป

An Approach for Design and Development of an Infrared Dryer for Instant Ginger-Powder

เสรี วงส์พิเชษฐ[1] และ คำนึง วาทโยธา[1]

บทคัดย่อ

การแปรรูปขิงเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มขิงผงสำเร็จรูป มีเกษตรกรจำนวนมากนิยมผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าและรายได้ของเกษตรกร โดยมีเกษตรกรรวมตัวกันเป็นกลุ่มเพื่อผลิตมากกว่า 60 กลุ่ม จากการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์จากหลายกลุ่มมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากใช้วิธีลดความชื้นผลิตภัณฑ์โดยการตากด้วยแสงแดด ทำให้ยากต่อการดูแลไม่ให้มีฝุ่นละอองเจือปนในบางช่วง และในฤดูฝนมักไม่สามารถลดความชื้นได้ตามมาตรฐานจึงมีอายุเก็บรักษาสั้นกว่าที่ควร

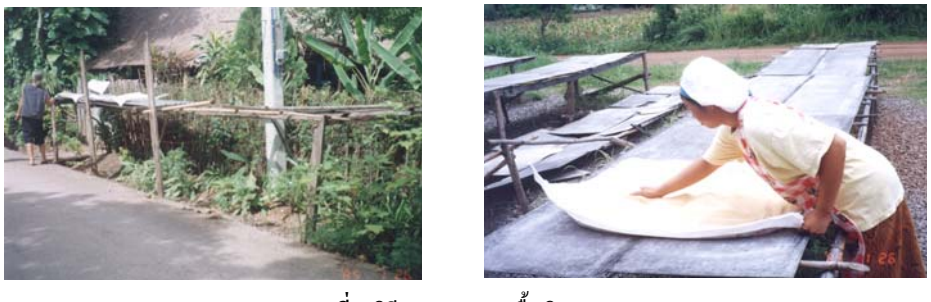
โครงการวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด (Infrared dryer) ต้นแบบ ที่เหมาะสมสำหรับเงื่อนไขการผลิตและเงินทุนของกลุ่มเกษตรกร โดยศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งด้วยการทดสอบจากชุดทดสอบ เพื่อสรุปแนวทางการออกแบบและพัฒนา แล้วประเมินสมรรถนะการทำงาน คุณภาพของผลิตภัณฑ์และค่าใช้จ่าย เปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบอากาศร้อนชนิดถาดคงที่ (Fixed-tray dryer) และวิธีการตากด้วยแสงแดด

ผลการศึกษาพบว่าควรออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด โดยการอบแบบชั้นบางและควบคุมให้รับรังสีอินฟราเรดเป็นเวลาไม่เกิน 90 วินาที แล้วปล่อยให้เย็นตัวในตู้อบ ใช้รูปแบบการอบแบบต่อเนื่อง โดยมีอัตราการอบแห้งไม่ต่ำกว่า 80 กก.ขิงผง/วัน ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขิงผงภายหลังการอบ ต้องมีความชื้นไม่เกิน 2.5%wb มีสีสม่ำสมอ และไม่มีสิ่งแปลกปลอม

ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรดที่ออกแบบตามแนวทางข้างต้นจะใช้พลังงานประมาณไม่เกิน 1.180 เมกกะจูล/กก.ขิงผง หรือ 0.67 บาท/กก.ขิงผง ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าเครื่องอบแบบอากาศร้อนที่เกษตรกรใช้งานประมาณ 13%

คำนำ

การแปรรูปขิงเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มขิงผงสำเร็จรูปเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่ง ที่มีเกษตรกรนิยมผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าและรายได้ของเกษตรกร โดยมีเกษตรกรรวมตัวกันเป็นกลุ่มเพื่อผลิตเป็นจำนวนมากกว่า 60 กลุ่ม ซึ่งมีเงินทุนในช่วง 20,000–700,000 บาท/กลุ่ม จากการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์จากหลายกลุ่มมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ไม่เหมาะสมในบางขั้นตอน กล่าวคือ อบแห้งผลิตภัณฑ์โดยการตากด้วยแสงแดด (ภาพที่ 1) ซึ่งในช่วงที่มีการผลิตจำนวนมากอาจมีฝุ่นละอองเจือปนเพราะไม่สามารถควบคุมความสะอาดของผลิตภัณฑ์ได้เท่าที่ควร และในช่วงฤดูฝนมักไม่สามารถลดความชื้นให้ได้ตามมาตรฐาน ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถเก็บรักษาได้นานเท่าที่ควร และบ่อยครั้งที่ไม่สามารถผลิตได้ทันตามคำสั่งซื้อที่เข้ามาในช่วงฤดูฝน จึงอาจสูญเสียลูกค้าไปอย่างไม่สมควร



<u>ภาพที่ 1</u> วิธีการลดความชื้นขิงผง

ปัจจุบันผู้ผลิตบางกลุ่มได้ทดลองนำเอาตู้อบแบบอากาศร้อนมาใช้งานในช่วงที่ไม่สามารถตากแดดได้ และบางกลุ่มต้องหยุดการใช้งานเนื่องจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานค่อนข้างสูง ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้นอาจ

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

แก้ไขได้โดยการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรดขึ้นมาใช้ในงานอบแห้งขิงผง เนื่องจากมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนดีกว่าแบบอากาศร้อน

วิธีการ

1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาเครื่องอบแห้งอินฟราเรด

2. ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้ง โดยการทดสอบจากชุดทดสอบ เพื่อสรุปแนวทางการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด

3. ประเมินความเหมาะสมของการใช้เครื่องอบแบบอินฟราเรด ในประเด็นของสมรรถนะการทำงาน คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และค่าใช้จ่าย เปรียบเทียบกับ วิธีการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบอากาศร้อนชนิดถาดคงที่ (Fixed-tray dryer) และวิธีการตากด้วยแสงแดด

ผลและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาเครื่องอบแห้งอินฟราเรด

ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาเครื่องอบแห้งอินฟราเรด พบว่า

1. ลักษณะของขิงผงก่อนการอบลดความชื้น มีความชื้นโดยเฉลี่ย 4.4%db มีสีน้ำตาลอ่อนปนเหลืองเช่นเดียวกับสีของขิง

2. ควรพัฒนาเครื่องอบแห้งฯให้สามารถลดความชื้นขิงผงได้ถึง 2.5%wb

3. ควรพัฒนาเครื่องอบแห้งฯให้มีอัตราการอบแห้งไม่ต่ำกว่า 80 กก.ขิงผง/วัน จึงจะได้อัตราการทำงานที่ครอบคลุมปริมาณการผลิตสูงสุด

4. ควรพัฒนาเครื่องอบแห้งฯสำหรับการใช้งานอย่างน้อยประมาณ 6 เดือน/ปี จึงจะครอบคลุมช่วงเวลาที่มีฝนตกค่อนข้างมาก

5. ควรพัฒนาเครื่องอบแห้งฯแบบใช้แก๊สปิโตเลียมเหลว (LPG) เป็นแหล่งพลังงานของหลอดผลิตอินฟราเรด เนื่องจากเกษตรกรมีความคุ้นเคยและจัดหาได้ง่าย

2. ผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งด้วยอินฟราเรด

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งด้วยอินฟราเรด เพื่อสรุปแนวทางการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด ประกอบด้วย

2.1 ผลการศึกษาลักษณะการกระจายของรังสีอินฟราเรดในตู้อบ

จากการศึกษาลักษณะการกระจายของรังสีอินฟราเรดในตู้อบ โดยการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบขนาดห้องอบ (กว้าง x สูง x ลึก) 750 x 1,100 x 450 มม. พบว่าการกระจายของรังสีอินฟราเรดบริเวณที่ห่างหลอดฯ ในช่วง 550-850 มม.มีค่าสม่ำเสมอมากกว่าบริเวณอื่นๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการวางวัสดุที่จะอบที่ระนาบในบริเวณนี้ วัสดุจะมีโอกาสได้รับรังสีอินฟราเรดสม่ำเสมอมากกว่าบริเวณอื่นๆ เล็กน้อย

2.2 ผลการศึกษาเพื่อหาเวลาที่ต้องใช้ในการอบ

จากการทดสอบเบื้องต้น โดยการอบขิงผงอย่างต่อเนื่องในตู้อบที่ระยะห่างจากหลอดอินฟราเรด 575 825 และ 1,050 มม. พบว่า

1. การอบขิงผงอย่างต่อเนื่อง ขิงผงจะมีความเปลี่ยนแปลงและเกิดความเสียหายไม่ควรอบต่อไปภายในช่วงเวลาอันสั้น เนื่องจากได้รับพลังงานมากเกินไป ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการที่อุณหภูมิของขิงผงมีค่าสูงมาก ดังนั้น ต้องมีกลไก/วิธีการสำหรับควบคุมปริมาณพลังงานที่ขิงผงจะได้รับระหว่างการอบ ไม่ให้มีค่าสูงเกินไป

2. จากการสังเกตลักษณะของความเสียหายของขิงผง รอยไหม้/สีเข้มคล้ำจะลึกจากผิวหน้าประมาณไม่เกิน 3, 5, และ 8 มม. เมื่ออบที่ระยะห่างจากหลอดอินฟราเรด 575 825 และ 1,050 มม.ตามลำดับ โดยสีของขิงผงที่อยู่ลึกจากระดับดังกล่าวยังคงไม่เปลี่ยนแปลง แม้ว่าจะอบต่อเนื่องเป็นเวลานาน ดังนั้นการอบขิงผงด้วยรังสีอินฟราเรด ควรเลือกใช้วิธีการอบแบบชั้นบาง มีความหนาในช่วง 3-8 มม.ทั้งนี้ขึ้นกับระยะห่างจากหลอดอินฟราเรด ซึ่งการเลือกอบด้วยชั้นที่บางและพลิกวัสดุระหว่างการอบจะช่วยให้ขิงผงทุกเม็ดมีโอกาสได้รับพลังงานเท่ากัน ทำให้ควบคุมคุณภาพขิงผงได้มากกว่า แต่อาจมีข้อจำกัดด้านอัตราการทำงาน

จากผลการทดสอบเบื้องต้นและผลการศึกษาลักษณะการกระจายของรังสีอินฟราเรดดังกล่าวข้างต้น จึงเลือกศึกษาเพื่อหาเวลาที่ต้องใช้ในการอบ โดยการอบขิงผงด้วยความหนาประมาณ 3 มม. อบที่ระยะห่างระหว่างขิงผงกับหลอดอินฟราเรด 825 และ 1,050 มม. และควบคุมปริมาณพลังงานระหว่างการอบด้วยการเปิด-ปิดแหล่งพลังงานของหลอดอินฟราเรด (ก๊าซ LPG) ซึ่งผล

การศึกษาชี้ให้เห็นว่า การควบคุมให้ขิงผงรับรังสีอินฟราเรดเป็นเวลาไม่เกิน 90 วินาที แล้วปล่อยขิงผงเย็นตัวในตู้อบ จะได้ขิงผงแห้งที่มีลักษณะปกติไม่แตกต่างกัน สามารถนำไปใช้งานได้ ดังนั้นการจะควบคุมให้ขิงผงรับรังสีอินฟราเรดเป็นเวลา 30 หรือ 60 หรือ 90 วินาที จะขึ้นกับข้อจำกัดของกลไกที่ใช้ในการลำเลียงขิงผงระหว่างการอบ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป (ข้อ 2.3) และกลไกลำเลียงดังกล่าวจะทำหน้าที่ควบคุมเวลาที่ขิงผงจะรับรังสีอินฟราเรด

2.3 ผลการศึกษากลไกลำเลียงขิงผงระหว่างการอบ

จากผลการศึกษาในข้อ 2.2 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าควรอบขิงแบบชั้นบางโดยมีความหนาในช่วง 3-8 มม.ทั้งนี้ขึ้นกับระยะห่างหลอดอินฟราเรดกับขิงผง ควรพลิกขิงผงระหว่างการอบ และควรอบโดยการควบคุมให้ขิงผงรับรังสีอินฟราเรดเป็นเวลาไม่เกิน 90 วินาที แล้วปล่อยขิงผงเย็นตัวในตู้อบ ดังนั้นกลไกสำหรับลำเลียงขิงผ่านห้องอบจะทำหน้าควบคุมเวลาการอบดังกล่าว ซึ่งกลไกที่เป็นไปได้ คือการลำเลียงด้วยสายพานลำเลียงและการลำเลียงด้วยรางโยก สำหรับการลำเลียงด้วยสายพานลำเลียงเป็นกลไกที่คุ้นเคยกันทั่วไป ในที่นี้จึงเลือกศึกษาการลำเลียงด้วยรางโยกแบบใช้ลูกเบี้ยวเพื่อเป็นกลไกทางเลือก ซึ่งการลำเลียงด้วยรางโยกเป็นวิธีการลำเลียงด้วยแรงเขย่า จากผลการศึกษาในสภาพที่ยังไม่ติดตั้งหลอดอินฟราเรดเหนือรางลำเลียง พบว่า ที่แต่ละมุมของรางการลดความเร็วของการโยกในช่วงแรก จะช่วยลดความเร็วของการเคลื่อนที่ของขิงผงได้เพียงเล็กน้อย ในช่วงนี้ขิงผงจะมีความเร็วของการเคลื่อนที่ประมาณ 80 มม./วินาที และถ้ายังคงลดความเร็วของการโยกต่อไป จะช่วยลดความเร็วของการเคลื่อนที่ของขิงผงให้มีค่าต่ำกว่าประมาณ 80 มม./วินาทีได้มาก แต่สามารถกระทำได้ในขอบเขตจำกัด เพราะถ้ายังคงลดความเร็วของการโยกต่อไปอีก จนกระทั่งขิงผงเคลื่อนที่ช้ากว่าประมาณ 15 มม./วินาที ขิงผงโดยเฉพาะส่วนที่อยู่ติดกับผิวรางมักจะไม่เคลื่อนที่ และเมื่อติดตั้งหลอดอินฟราเรดฯ พบว่า พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของขิงคล้ายเดิม แต่จะเกิดขึ้น ณ ช่วงที่ความเร็วของการโยกรางลำเลียงเพิ่มขึ้นจากเดิมอีก 5 มม./วินาที

จากเวลาที่ต้องการใช้ในการอบให้ขิงผงมีความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 2.5%db พบว่าต้องใช้รางโยกที่มีความยาวของรางไม่ต่ำกว่า 2.52 ม. ซึ่งเครื่องอบจะมีขนาดใหญ่มาก ดังนั้น จึงในกรณีที่เลือกใช้รางโยก ควรเลือกใช้เฉพาะการอบในช่วงแรกซึ่งเป็นช่วงที่ขิงผงรับรังสีอินฟราเรด หลังจากนั้นควรเลือกใช้สายพานลำเลียงสำหรับการอบในช่วงหลังซึ่งเป็นช่วงระหว่างที่รอให้ขิงผงเย็นตัวในห้องอบ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการลดขนาดของเครื่องอบ ซึ่งในช่วงนี้อุณหภูมิในห้องอบมีค่าไม่เกิน 70 °ซ.

3. ผลการประเมินความเหมาะสมของวิธีการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรด

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาในข้อ 2 ได้สร้างชุดทดสอบเพื่อจำลองสภาพเครื่องอบแบบอินฟราเรด เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานสำหรับการประเมินความเหมาะสมของวิธีการลดความชื้นแบบนี้ ซึ่งผลการศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีการลดความชื้นที่เกษตรใช้งานในปัจจุบัน (ตารางที่ 1) ซึ่งประกอบด้วยการตากแสงแดดและการใช้เครื่องอบแบบอากาศร้อน (ใช้ก๊าซ LPG) ชี้ให้เห็นว่า การอบแบบอินฟราเรดมีแนวโน้มที่จะใช้พลังงานน้อยกว่าการอบแบบอากาศร้อน จึงมีค่าใช้จ่ายพลังงานต่ำกว่า และเมื่อพิจารณาเวลาของการลดความชื้น จะพบว่า การอบแบอินฟราเรดเป็นการทำงานแบบต่อเนื่อง ซึ่งเอื้อต่อการทำงานในขั้นตอนต่อเนื่องมากกว่า โดยเฉพาะรูปแบบการทำงานแบบอุตสาหกรรมที่ต้องทำการผลิตครั้งละมากๆ

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบวิธีการลดความชื้นผลิตภัณฑ์ขิงผง

วิธีการลดความชื้น	ความสามารถในการทำงาน	เวลาของการลดความชื้น	ลักษณะของขิงผง		ค่าใช้จ่ายพลังงาน
			ความชื้น	ความสะอาด	
ตากด้วยแสงแดด	-	2-6 ชม./ครั้ง	1.8-2.5%db	บางครั้งมีฝุ่นเจือปน	0 บาท/กก.ขิงผง
เครื่องอบแบบอากาศร้อน (ใช้ก๊าซ LPG)[1]	40 กก./ชม.	1 ชม./ครั้ง	2.2-2.6%db	ไม่มีสิ่งเจือปน	0.77 บาท/กก.ขิงผง
เครื่องอบแบบอินฟราเรด[2]	22 กก./ชม.	อบต่อเนื่อง	2.5%db	ไม่มีสิ่งเจือปน	0.67 บาท/กก.ขิงผง

หมายเหตุ: 1. เป็นตู้อบขนาดบรรจุขิงผงครั้งละ 40 กก. อบขิงผงที่ความหนา 15 มม. โดยอบด้วยอุณหภูมิ 70 °C นาน 0.5 ชม.และปล่อยให้เย็นตัวในตู้อบอีก 0.5 ชม.

ใช้พลังงาน 1.311 เมกกะจูล/กก.ขิงผง

2. เป็นการอบขิงผงหนา 3 มม. ด้วยระยะห่างฯ 825 มม. โดยให้ขิงผงรับรังสีอินฟราเรดเป็นเวลา 60 วินาที หลังจากนั้นปล่อยให้ขิงผงเย็นตัวในตู้อบ 375

วินาที ซึ่งใช้พลังงาน 1.180 เมกกะจูล/กก.ขิงผง

สรุป

จากผลการศึกษา สามารถสรุปแนวทางที่เหมาะสมสำหรับออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรดสำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มขิงผงสำเร็จรูป ได้ดังนี้

1) ควรอบขิงผงแบบชั้นบางโดยมีความหนาในช่วง 3-8 มม.ทั้งนี้ขึ้นกับระยะห่างหลอดอินฟราเรดกับขิงผงซึ่งมีค่าในช่วง 800-1,000 มม. ควรพลิกขิงผงระหว่างการอบ และควบคุมให้รับรังสีอินฟราเรดเป็นเวลาไม่เกิน 90 วินาที แล้วปล่อยให้เย็นตัวในตู้อบ

2) ควรมีรูปแบบการอบแบบต่อเนื่อง โดยมีอัตราการอบแห้งไม่ต่ำกว่า 80 กก.ขิงผง/วัน และมีช่วงเวลาการใช้งานอย่างน้อยประมาณ 6 เดือน/ปี ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกมาก

3) ใช้แก๊สปิโตเลียมเหลว (LPG) เป็นแหล่งพลังงานในการอบ โดยมีค่าใช้จ่ายพลังงานในการอบน้อยกว่า 0.77 บาท/กก.ขิงผง

4) ลักษณะของขิงผงภายหลังการอบ ต้องมีความชื้นไม่เกิน 2.5%wb มีสีสม่ำสมอ และสะอาด

เครื่องอบแห้งแบบอินฟราเรดที่ออกแบบตามแนวทางข้างต้น จะใช้พลังงานประมาณไม่เกิน 1.180 เมกกะจูล/กก.ขิงผง หรือ 0.67 บาท/กก.ขิงผง ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าเครื่องอบแบบอากาศร้อนที่เกษตรใช้งานประมาณ 13%

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2528. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ขิงผงสำเร็จรูป (มอก. 584-2528). กระทรวงอุตสาหกรรม.

สินี ช่วงฉ่ำ และ หริรักษ์ พ่อเพียโคตร. 2544. รายงานผลการศึกษากรณี: กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรทรัพย์สมบูรณ์. สถาบันวิจัยและพัฒนา. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.