การอบแห้งลำไยแบบถังหมุนโดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

Rotary-Drum Longan Drying by Using LPG

เวชยันต์ รางศรี[1] **และ วิวัฒน์ คล่องพานิช**[1]

Wetchayan Rangsri[1] and Wiwat Klongpanich[1]

Abstract

This research aims to design the longan rotary-drum dryer and to perform the drying experiments. The maximum capacity of the dryer prototype is 200 kg of fresh longan. The rotary-drum is designed to be able to rotate by hand or motor powered system by which the rotational frequency can be controlled. Hot air is generated by using LPG as an energy source. The main experiment was carried out at the Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Chiang Mai University and the field experiment was carried out under real commercial operation by a group of farmers at Tambon Don Kaew, Sarapee District, Chiangmai. The results show that the quality of dried longan is satisfactory, a whole longan is good quality and smooth, the product drying distribution is reasonably homogeneous and the dried product is acceptable to the client. The economic analysis shows that use of this dryer is economically feasible, with an investment return within one year, if the rotary-drum dryer is designed with sufficient capacity.

Key words: drying, longan, LPG

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและทดลองอบแห้งลำไยแบบถังหมุน เตาอบต้นแบบมีขนาดอบลำไยครั้งละไม่เกิน 200 กิโลกรัม ถังได้ถูกออกแบบให้สามารถควบคุมการหมุนได้ทั้งระบบมือหมุน และระบบมอเตอร์ซึ่งสามารถกำหนดช่วงเวลาการหมุนเป็นระยะๆได้ ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงในการอุ่นอากาศร้อน การทดลองอบลำไยได้ดำเนินการที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และได้ให้เกษตรกรได้ทดลองอบและขายตามกลไกตลาด ที่ตำบลดอนแก้ว อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ผลการทดลอง พบว่าคุณภาพลำไยเป็นที่น่าพอใจ ผิวสวยเกลี้ยง ความเสียหายน้อยมาก ความแห้งค่อนข้างสม่ำเสมอ เป็นที่ยอมรับของผู้ซื้อ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ แสดงให้เห็นว่าสามารถคืนทุนได้ภายในหนึ่งปี หากมีการพัฒนาให้เตาอบมีขนาดการอบเพิ่มขึ้นให้เหมาะสมถือว่าคุ้มค่าต่อการลงทุน

คำสำคัญ การอบแห้ง ลำไย ก๊าซหุงต้ม

คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศ แต่ละฤดูกาลของลำไยทำให้เกิดกระแสเศรษฐกิจหมุนเวียนประมาณ 3,000-5,000 ล้านบาท แหล่งผลิตร้อยละประมาณ 85 อยู่ทางภาคเหนือของประเทศ อย่างไรก็ดีปัจจุบันลำไยสามารถปลูกและให้ผลได้ที่ภาคอื่นๆ เช่นกัน เช่นมีการปลูกที่จังหวัดจันทบุรี (27,000 ไร่) และ (22,000 ไร่) จากพื้นที่เพาะปลูกรวมทั้งประเทศประมาณ 700,000 ไร่ (นิษณะ, 2546)

ผลผลิตลำไยแต่ละปีค่อนข้างแปรผันมาก เนื่องจากธรรมชาติของลำไยเป็นไม้ผลที่ติดผลดกปีเว้นปีหรือสองปี (ในปัจจุบันเกษตรกรบางส่วนใช้สารเร่งผลโปรแตสเซียมคลอเรต สามารถทำให้ลำไยออกผลนอกฤดูได้ แต่ในท้องตลาดเดือนที่ถือว่าเป็นฤดูลำไยอยู่ในช่วงมิถุนายน-สิงหาคม) อย่างไรก็ตามถือว่าผลผลิตลำไยมีปริมาณเกินสำหรับการบริโภคภายในประเทศ รัฐบาลได้สนับสนุนการส่งออกหรือแปรรูปเพื่อบริโภคนอกฤดูกาล ปัจจุบันการแปรรูปลำไยที่มีผลต่อเศรษฐกิจมากที่สุดคือทำลำไยกระป๋องและทำลำไยแห้ง การทำลำไยกระป๋องเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องการเทคโนโลยีและการลงทุนในระดับสูง แต่การทำลำไยแห้งทำได้ตั้งแต่ระดับครัวเรือนไปถึงระดับอุตสาหกรรม

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1] Department of Mechanical Engineering, Chiangmai University, Chiangmai 50200

การทำลำไยแห้ง สามารถทำได้โดยการลำไยออกมาตากกลางแจ้ง หากเป็นวันที่ท้องฟ้าโปร่งใสและแดดดีก็ใช้เวลาประมาณ 3-4 วัน ลำไยก็แห้งสนิท แต่ดังที่ทราบว่าลำไยให้ผลผลิตในช่วงฤดูฝนก็เป็นปัญหาที่อาจทำให้ลำไยเสียหายได้ หากขนย้ายไม่ทันหรือไม่มีแสงแดดเพียงพอ เกษตรกรบางรายอาจจะลงทุนเพิ่มขึ้นโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ในการอบแห้งลำไยปริมาณมากตู้อบลำไยแบบที่เรียกกันว่า แบบไต้หวันซึ่งเป็นที่นิยมมาก เพราะสามารถอบได้ครั้งละประมาณ 2 ตัน แต่ที่เป็นปัญหาใหญ่ก็คือ ต้องมีการดูแลอย่างดี คอยพลิกลำไยให้อากาศร้อนกระจายอย่างทั่วถึง ถึงกระนั้นก็ดี ลำไยมีโอกาสเสียหายเนื่องจากแตกและแห้งไม่ทั่วถึงกัน ปัญหาเหล่านี้ทำให้ขายลำไยอบแห้งไม่ได้ราคา ถ้าลำไยในท้องตลาดมีปริมาณมากก็เสี่ยงต่อการขาดทุน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการอบแห้งลำไยในเตาอบแบบถังหมุน ที่ถูกออกแบบให้มีกลไกการพลิกลำไยที่สามารถลดปัญหาความเสียหายและการแห้งไม่ทั่วถึงซึ่งเกิดจากการพลิกลำไยในแบบเดิม

อุปกรณ์และวิธีการ

<u>เตาอบแห้งแบบถังหมุน</u> เตาอบแห้งต้นแบบสำหรับการทดลองมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 (Figure 1, Figure 2) ใช้สำหรับการการอบลำไยสดครั้งละไม่เกิน 200 กิโลกรัม มีชิ้นส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่

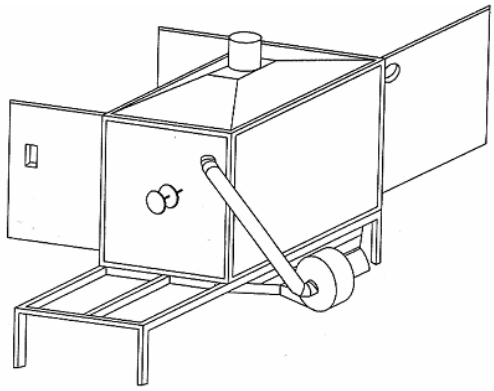
ถังหมุน ตัวถังทำด้วยแผ่นเหล็กรวงผึ้ง ขึ้นรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร ยาว 1.20 เมตร คั่นกึ่งกลางตัวถังด้วยแผ่นเหล็กรวงผึ้งขนาดเดียวกัน จะได้ช่องบรรจุลำไยสองช่องแต่ละช่องจะมีประตูขนถ่ายลำไยได้ ทำให้อากาศร้อนไหลผ่านสะดวกมากขึ้น

โครงเตาอบ มีความกว้าง 1.10 เมตร ยาว 1.42 เมตร และสูง 1.42 เมตร ทำด้วยแผ่นสังกะสีโดยบุด้วยฉนวนกันความร้อน ข้างล่างมีช่องให้ลมร้อนผ่าน ข้างบนมีปล่องให้ลมร้อนขึ้นออก มีประตูเปิดออกสำหรับถ่ายเทลำไยเข้าออกจากถังหมุน

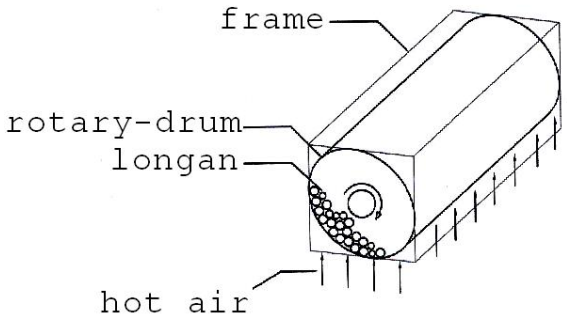
ระบบให้ความร้อน ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง มีหัวเผาก๊าซควบคุมด้วยวงจรอิเลคทรอนิกส์เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในให้สม่ำเสมอที่สุด

ระบบควบคุมการหมุน ใช้ระบบเฟืองทดและโซ่ ควบคุมการหมุนด้วยมอเตอร์ ต่อวงจรไฟฟ้าตั้งเวลาเปิด-ปิดไว้ มีระบบถอดล๊อคเพื่อให้หมุนถังอบด้วยมือได้

ระบบอุ่นอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ มีการออกแบบให้ท่อรับอากาศเย็นผ่านเตาอบเพื่อรับความร้อนจากภายในเตาก่อนรับความร้อนโดยตรงจากหัวเผา เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการอุ่นอากาศ



<u>Figure 1</u> Rotary-drum dryer



<u>Figure 2</u> Rotary-drum in the oven

<u>การทดลองในห้องปฏิบัติการ</u> ดำเนินการโดยนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (นเรศ และสมชาติ, 2542) สถานที่ทดลองใช้อาคารตึกเทอร์โมไดนามิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ดำเนินการโดยสุ่มตัวอย่างลำไย 300 กรัม ไปอบในตู้อบมาตรฐานเพื่อหาความชื้นเริ่มต้น แล้วทำการทดลองอบลำไยสองครั้ง การทดลองครั้งที่หนึ่งใช้ลำไย 140 กิโลกรัม การทดลองครั้งที่สองใช้ลำไย 180 กิโลกรัม ในแต่ละครั้งของการอบลำไยตัวอย่างถูกแบ่งลงในถุงตาข่าย 4 ถุง ถุงละประมาณ 800 กรัม หลังจากนั้นจึงชั่งลำไยทั้งหมดก่อนนำไปบรรจุในถังหมุนพร้อมทั้งถุงตัวอย่าง วางสุ่มในถังพร้อมกัน อุณหภูมิอากาศเข้าสู่เตาอบ ถูกควบคุมให้อยู่ในช่วง 70-90 ^{o}ซ ความเร็วลมที่ใช้คือ 2.0เมตรต่อวินาที ได้ปริมาณลมประมาณ 210 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง การหมุนถังจะทำทุกๆ 1 ชั่วโมง (สำหรับการทดลองครั้งแรก) และทุกๆ 2 ชั่วโมง (สำหรับการทดลองครั้งที่ 2) ถังจะหมุนใช้เวลา 10 นาทีในการหมุนแต่ละครั้งด้วยอัตราเร็ว 0.25 รอบต่อ

นาที การบันทึกมวลตัวอย่าง มวลของก๊าซ พลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์ไฟฟ้าทุกๆ 4 ชั่วโมง

การทดลองในพื้นที่ ผู้วิจัยได้นำเตาอบต้นแบบให้เกษตรกรตำบลดอนแก้ว อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ได้ทดลองอบลำไยในปี 2543 – 2546 การอบแห้งใช้วิธีควบคุมการหมุนถังด้วยมือ แต่เป็นไปตามความสะดวกไม่ได้กำหนดระยะเวลาแน่นอน การควบคุมอุณหภูมิก็สังเกตจากเทอร์โมมิเตอร์ที่ติดที่เตาอบ แล้วปรับปริมาณก๊าซให้เหมาะสม

ผลและวิจารณ์

เตาอบแบบถังหมุนต้นแบบ เนื่องจากการผ่านลมร้อนเข้าสู่ถังที่มีลำไยนั้น มีความร้อนบางส่วนรั่วไหลผ่านช่องว่างระหว่างถังกับโครงเตาอบ หากมีการป้องกันรอยรั่วตามช่องว่างได้ดี จะทำให้ประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ประสิทธิภาพของเตายังสามารถเพิ่มขึ้นได้ หากมีการวิจัยเพิ่มเติมในรายละเอียดของการดูดอากาศจากภายนอกให้ผ่านส่วนบนของถังลำไยเพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากลมร้อนที่ผ่านลำไย (ก่อนออกปล่องอากาศ) ให้กับอากาศใหม่ ซึ่งในเครื่องต้นแบบสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 3-4 ^{o}ซ ก่อนรับความร้อนจากเปลวไฟ

การทดลองในห้องปฏิบัติการ ในการทดลองอบลำไยทั้งสองครั้ง คุณภาพลำไยที่ได้อยู่ในชั้นดีถึงดีมาก ลำไยทุกลูกมีผิวสวย ลำไยแตกแทบจะไม่มีถือว่าน้อยมาก อาจเป็นเพราะตู้อบต้นแบบอบได้ไม่เกิน 200 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับเตาใต้หวัน เมื่อพิจารณาความแห้งจากลำไยตัวอย่างยังถือว่ามีความแตกต่างกันอยู่บ้าง กรณีนี้อาจจะขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ของลำไยตัวอย่างไม่เป็นอิสระเพราะอยู่ในถุงตาข่าย หรือจังหวะการหมุนยังไม่เหมาะสมพอ อีกประการหนึ่งการหยุดเครื่องเพื่อนำลำไยตัวอย่างออกมาชั่งทุกๆ 4 ชั่วโมง เป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน ข้อมูลที่ได้อาจจะคลาดเคลื่อนจากข้อมูลในการอบจริงไปบ้างผลการอบลำไยทั้งสองครั้ง นำมาสรุปดังในตารางที่ 1 (Table 1)

Table 1 Main (in the laboratory) experiment conclusion

Drying test	1	2
1. Sample (kg)	140	180
2. Average initial moisture content (% wet basis)	72.0	72.9
3. Average final moisture content (% wet basis)	27.6	20.3
4. Average temperature (^{o}C)	80	80
5. Air consumption (m^3/hr)	216	216
6. LPG consumption (kg)	25.7	29.1
7. Electricity consumption (kW.hr)	9.45	9.40
8. Product quality	good	good

การทดลองในพื้นที่ เกษตรกรรายงานผลว่าลำไยที่อบได้มีคุณภาพดี ผิวเกลี้ยงสวย (เกิดจากการขัดสีกันขณะหมุน) เสียหายน้อยมาก ขายได้ราคาดี พ่อค้าคนกลางรับซื้อหมด ในการอบแต่ละครั้ง หากมีการควบคุมดูแลระดับอุณหภูมิและการหมุนได้ดี สามารถอบแห้งได้โดยใช้เวลาไม่เกิน 40 ชั่วโมง

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากการอบลำไยในเตาอบแบบถังหมุนให้ลำไยอบแห้งที่มีคุณภาพสูงกว่าลำไยที่อบจากเตาประเภทอื่น ซึ่งสามารถลดอัตราการเสี่ยงต่อการสูญเสียลำไยที่ไม่ได้คุณภาพ ข้อได้เปรียบนี้จึงเป็นปัจจัยหนึ่งในการนำมาพิจารณาในด้านความคุ้มทุนในการสร้างใช้งานจริง อย่างไรก็ตามเตาต้นแบบขนาด 200 กิโลกรัม อาจไม่สอดคล้องกับความต้องการของเกษตรกรส่วนใหญ่ที่ต้องการอบลำไยไว้บริโภคเองภายในครอบครัว คงไม่พร้อมที่จะลงทุนสร้างเครื่อง ส่วนในโรงงานอบแห้งขนาดใหญ่นั้น มีความต้องการเตาอบที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ (2 ตันขึ้นไป) ข้อได้เปรียบด้านคุณภาพลำไยอบแห้งอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอในการตัดสินใจเลือก เนื่องจากการออกแบบเตาอบแห้งแบบถังหมุนที่มีขนาดใหญ่ จำเป็นที่ต้องมีการออกแบบระบบกลไกใหม่ให้เหมาะสม การใช้พลังงานในการหมุนถัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าต้องการให้มีการหมุนอัตโนมัติก็ต้องใช้พลังงานมากขึ้น นอกจากนั้นระบบเชื้อเพลิงอาจต้องปรับเปลี่ยนไปจากก๊าซหุงต้มไปเป็นระบบน้ำมันดีเซล หรืออาจต้องใช้ระบบหม้อไอน้ำ จึงต้องทบทวนให้รอบครอบ สำหรับพ่อค้าคนกลางระดับย่อยเตาอบขนาด 200 กิโลกรัม ก็ยังมีขนาดที่เล็กเกินไป แต่ถ้ามีการออกแบบเตาอบแบบถังหมุนที่มีขนาดเหมาะสม ก็อาจจะทำให้เกิดการคุ้มทุนได้ในเวลาที่รวดเร็ว เตาอบแบบถังหมุนที่มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานของพ่อค้าคนกลางในระดับย่อยเตาอบแบบถังหมุน น่าจะมีขนาดประมาณ 500-1,000 กิโลกรัม การลงทุนจะไม่สูงนักและง่ายต่อการควบคุมดูแล ในการวิเคราะห์ต่อไปนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะคุ้มทุนของการ

ใช้งานเตาอบแบบถังหมุนในระดับนี้ โดยใช้สมมุติฐานต่อไปนี้ ต้นทุนสร้างเตาอบขนาด 500 กิโลกรัม (Fixed cost) 50,000 บาท อบลำไยสดปีละ 7500 กิโลกรัม ราคาลำไยสด (fresh price) 15 บาทต่อกิโลกรัม รวม 112,500 บาทต่อปี ค่าพลังงาน (ก๊าซ + ไฟฟ้า 2.50 บาทต่อกิโลกรัมลำไยสด อ้างอิงจากการใช้ก๊าซและไฟฟ้าในตารางที่ 1 (Table 1)) รวม 18,750 บาทต่อปี ค่าแรงงานและการดำเนินการ (Operating cost) ประมาณ 17,000 บาท ราคาลำไยแห้ง (dry price) 80 บาทต่อกิโลกรัม รวม 200,000 บาทต่อปี เครื่องอบแห้งแบบถังหมุนใช้งานได้ 5 ปี อัตราดอกเบี้ยธนาคาร 10 % อัตราเงินเฟ้อ (Inflation) 3 % เมื่อคำนวณระยะคืนทุน (Duffie, 1980) สามารถคำนวณออกมาได้ว่าการอบแห้งแบบถังหมุนสามารถคืนทุนได้ภายใน 1 ปี แต่ในความเป็นจริงทุกปัจจัยมีความไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับสภาวะการณ์ของลำไยในแต่ละปี ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นสิ่งที่ควรคำนึงอย่างยิ่งในการลงทุน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลงทุนในระดับสูง ในกรณีการอบแห้งลำไยเมื่อพิจารณาในรูปที่ 3 (Figure 3) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแปรเปลี่ยนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งกับค่าการเปลี่ยนแปลงภายใน (IRR) กราฟที่มีความชันมาก แสดงถึงความอ่อนไหวหรือมีอิทธิพลต่อการลงทุนสูง จากกราฟดังกล่าว จะเห็นว่าราคาลำไยมีผลเป็นอย่างมากต่อผลตอบแทน หากปัจจัยอื่นเปลี่ยนแปลงไปในทางลบด้วย อาจจะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนเลย เมื่อพิจารณาปัจจัยอื่นๆ เช่น ค่าลงทุนสร้างเตาอบหรือค่าดำเนินการ หากเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 30-40% ก็ยังถือว่าคุ้มทุนอยู่ ในส่วนของอัตราเงินเฟ้อนั้นเป็นปัจจัยที่มีผลน้อยมากต่อผลตอบแทน อย่างไรก็ดีถ้ามีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 2 ปัจจัยพร้อมกันขึ้นไป จำเป็นจะต้องมีการคำนวณใหม่

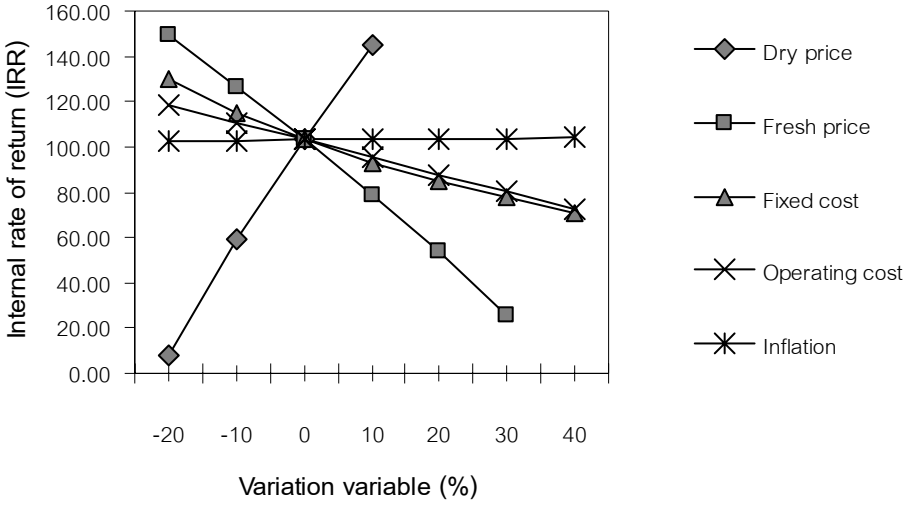


Figure 3 Sensitivity of parameters variation of drying operation in the rotary-drum dryer

สรุป

ผลจากการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการและให้เกษตรกรในพื้นที่ได้ทดลองอบ คุณภาพลำไยแห้งที่ได้อยู่ในชั้นน่าพอใจ ผิวสวย ความแห้งค่อนข้างสม่ำเสมอ ผลที่ได้เสียหายน้อยมาก จากการวิเคราะห์ความคุ้มทุน พบว่าคุ้มค่าต่อการลงทุนและขนาดที่น่าจะเหมาะต่อการใช้เตาอบแบบถังหมุนควรประมาณ 500-1,000 กิโลกรัมลำไยสด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณฉัตรมงคล คุณยศยิ่ง ที่ได้ทำการควบคุมดูแลเครื่องอบแห้งในระหว่างทดสอบใช้งานในพื้นที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการให้ทุนสนับสนุนการทำงานวิจัยนี้ และสถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการสนับสนุนค่าใช้จ่ายเพื่อเข้าร่วมการสัมมนา

เอกสารอ้างอิง

นเรศ บัวลา และสมชาติ อารยพิทยา. 2542. การศึกษาและพัฒนาเครื่องอบลำไยแห้งแบบถังหมุน โครงงานนักศึกษา .ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล . มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิษณะ ทวีพาณิชย์ .พฤษภาคม .2546. ลำไย. สำนักบริการส่งออก .กองเศรษฐกิจการตลาด .กรมการค้าภายใน .กระทรวงพาณิชย์.

Duffie, J.A., and Beckman, W.A.1980. Solar Engineering of Thermal Process. John Wiley & Sons, Inc., New York.