

แบบรายงานเรื่องเต็ม ผลการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2560

1. ชื่อแผนงานวิจัย วิจัยและพัฒนาพืชเศรษฐกิจเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออก
2. โครงการวิจัย ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่ภาคตะวันออก
กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป
ผลิตภัณฑ์จากมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ด
มะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) Study on suitable time and temperature set of pellicle
cashew nut drying with hot air dryer
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง: นายธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต สังกัดศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
ผู้ร่วมงาน นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายศุภวรรณภามาตย์ สังกัดศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายบัณฑิต จิตรจางค์ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายอนุสรณ์สุวรรณเวียง สังกัดศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นางสาวสุชาดา ศรีบุญเรือง สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

5. บทคัดย่อ

ศึกษาชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตเพื่อการแปรรูป โดยเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งด้วยอุณหภูมิเดี่ยวคงที่ซึ่งเป็นวิธีการเดิมที่ใช้ในปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาการปฏิบัติงาน การใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิง และต้นทุนค่าใช้จ่ายทำการศึกษาศูตอุณหภูมิการอบแห้ง 5 กรรมวิธี ได้แก่กรรมวิธีที่ 1 อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส คงที่ 12 ชั่วโมง, กรรมวิธีที่ 2 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมงและ 75 องศาเซลเซียส 11 ชั่วโมง, กรรมวิธีที่ 3 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมงและ 75 องศาเซลเซียส 9 ชั่วโมง, กรรมวิธีที่ 4 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมงและ 75 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมงและกรรมวิธีที่ 5 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมงและ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าชุดอุณหภูมิการอบลดความชื้นกรรมวิธีที่ 5 มีความเหมาะสมที่สุด ใช้เวลาสั้น ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง โดยที่คุณภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นที่ยอมรับของผู้ประกอบการ

Abstract

Study on suitable temperature set for cashew nut dehumidified drying that is part of the production process for processing with hot air. They were compared with the constant temperature conventional method. The objectives were to decrease operating time, power consumption, fuel consumption and cost. The study was carried out on 5 concept of dehumidified drying set, the first concept was constant 75 °C 12 hr, the second concept was 80° C 1 hr and continued 75 °C 11 hr, the third concept was 80° C 2 hr and continued 75 °C 9 hr, the fourth concept was 85° C 1 hr and continued 75 °C 10 hr, the fifth concept was 85° C 2 hr and continued 75 °C 8 hr

The results showed that the fifth concept was optimal method. It used least time, saved power and fuel cost, in addition, the quality of cashew nuts could be accepted by entrepreneur.

Keywords: dehumidified drying, cashew nut, processing

6. คำนำ

มะม่วงหิมพานต์เป็นพืชอุตสาหกรรมชนิดหนึ่ง ในปีพ.ศ. 2555 มีการบริโภคมะม่วงหิมพานต์ภายในประเทศ 11,268 ตัน คิดเป็นมูลค่าตลาดประมาณ 2,700 ล้านบาทโดยเป็นผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผลิตในประเทศสนองความต้องการบริโภคได้ร้อยละ 49 ของปริมาณการบริโภคทั้งหมดส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 51 ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศได้แก่ประเทศเวียดนามอินเดียและพม่า โดยมีการบริโภคเพิ่มขึ้นในทุกปีและจากการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนหรือ AEC ทำให้ผู้ประกอบการธุรกิจเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ต้องเผชิญการแข่งขันกับผลิตภัณฑ์นำเข้ามากยิ่งขึ้น (สถาบันอาหารกระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องพัฒนาตัวเองในทุกๆด้าน เพื่อให้สามารถแข่งขันและลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้งจากต่างประเทศได้ เช่นกระบวนการผลิตต้องผลิตได้เร็วขึ้นมีคุณภาพดีและลดการสูญเสียลง จึงจะสามารถแข่งขันกับสินค้านำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านซึ่งมีราคาถูก ในขณะที่แรงงานภายในประเทศประสบภาวะขาดแคลนและมีราคาแพงขึ้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อการแปรรูปสูง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนากระบวนการผลิตโดยอาศัยเครื่องจักรกลเข้ามาช่วยในขั้นตอนการผลิตมากขึ้น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้มีการวิจัยและพัฒนาด้านเครื่องอบแห้งลมร้อนมาอย่างต่อเนื่องทำให้ได้ต้นแบบที่สามารถอบแห้งผักและผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมีการกระจายลมร้อนสม่ำเสมอ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแปรรูปขั้นตอนการอบลดความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เพื่อให้ได้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้งสำหรับนำไปเป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ต่างๆและการส่งจำหน่ายสู่ผู้บริโภค ปัจจุบันผู้ประกอบการใช้วิธีการอบลดความชื้นที่อุณหภูมิเดียวคงที่ 70 องศาเซลเซียสซึ่งใช้เวลานาน คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิโดยใช้อุณหภูมิสูงในช่วงแรกและอบต่อเนื่องจากอุณหภูมิลดลงตามความชื้นที่ลดลง ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาการ

อบแห้งลงทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตในด้านแรงงาน พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้าได้ โดยเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีคุณภาพที่ดี

7. วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล 100 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล 2 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า
5. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
6. เครื่องวัดความเร็วลม
7. นาฬิกาจับเวลา

วิธีดำเนินการ

1. ทำการสำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการจัดการเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ กระบวนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สำหรับจำหน่ายเพื่อการแปรรูป และศึกษาทดสอบวิธีการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน อุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้น โดยร่วมมือกับเกษตรกรผู้ผลิตและผู้ประกอบการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง

2. ศึกษาคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดของเมล็ดค่าสี และคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น (Moisture content; %), ค่าโภชนาการของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

3. ทำการทดสอบหาปริมาณลมและชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม โดยแต่ละการทดลองใช้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 40 กิโลกรัม แบ่งเป็น 4 ถาด ถาดละ 10 กิโลกรัม ในสถานที่ของผู้ประกอบการ เพื่อให้ผู้ประกอบการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในแต่ละช่วงเวลาการอบ

4. นำชุดอุณหภูมิที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้นในข้อ 3 มาทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องและเทคโนโลยีการอบของผู้ประกอบการ โดยบรรจุเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เต็มตู้ อบครั้งละ 200 กิโลกรัม เท่ากันในทุกการทดลอง และเก็บข้อมูลผลการทดสอบได้แก่ค่าความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายหลังอบของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (เปอร์เซ็นต์), ค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (L^* , a^* , b^*), อัตราการลอกเยื่อ (กิโลกรัม/ชั่วโมง), ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ชั่วโมง), และการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)

5. ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเครื่องอบแห้งต้นแบบให้มีความเหมาะสม และปลอดภัยในการใช้งานในการอบแห้งเห็ดห่มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เช่น เปลี่ยนระบบการจุดแก๊สจากการใช้หัวล่อแก๊สเป็นแบบสปาร์คด้วยไฟฟ้า และทำการปรับปรุงระบบควบคุมให้สามารถตั้งเวลาได้เองอัตโนมัติ โดยที่ไม่ต้องใช้คนมาตั้งอุณหภูมิใหม่

6. ทำการทดสอบเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ และทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งของผู้ประกอบการ

7. จัดทำรายงานผลการวิจัย วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

8. เผยแพร่ผลงานวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด)

ตุลาคม 2558 - กันยายน 2560

สถานที่ดำเนินการ

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี อ.เมือง จ.จันทบุรี
- ผู้ประกอบการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ จ.ชลบุรี
- กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะม่วงหิมพานต์วัดเนินสูง จ.ตราด

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการสำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการจัดการเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และกระบวนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อการแปรรูปสำหรับจำหน่าย ของผู้ประกอบการและกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีขั้นตอนดังนี้

1.1 การเก็บผลผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ จะไม่เก็บเมล็ดที่สุกบนต้น แต่จะเก็บเมล็ดที่สุกจัดจนร่วงหล่นแล้วเท่านั้น (ภาพที่ 1) จึงจะได้เมล็ดที่แก่จัดเหมาะแก่การแปรรูปหลังจากนั้นจะนำเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาตากแดดประมาณ 2-3 แดด จนแห้งสนิท (ภาพที่ 2) ซึ่งเกษตรกรจะทำการทดสอบโดยการโยนและฟังเสียงกระทบกันจะมีเสียงดังกังวาน แสดงถึงความแห้งและแกร่งของเมล็ด ซึ่งจะสามารถเก็บไว้ได้นาน 5-6 เดือน หลังจากนั้นจะนำเมล็ดไปต้มในน้ำเดือดประมาณครึ่งชั่วโมง (ภาพที่ 3) แล้วนำมาแกะเปลือกแข็งด้วยเครื่องแกะเทาะแบบเท้าเหยียบ (ภาพที่ 4) ซึ่งจะได้เมล็ดในของมะม่วงหิมพานต์ที่มีเห็ดห่มเมล็ดอยู่ (ภาพที่ 5) หลังจากนั้นจะนำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด (ภาพที่ 6) โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำไปลอกเยื่อหุ้มเมล็ด (ภาพที่ 7) และนำไปคัดขนาดเมล็ด (ภาพ 8) บรรจุถุงเพื่อจำหน่ายต่อไป



ภาพที่ 1 เก็บเมล็ดที่สุกจัดจนวนร่วงหล่น



ภาพที่ 2 นำเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาตากแดดประมาณ 2-3 แดด



ภาพที่ 3 ต้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในน้ำเดือด ครึ่งชั่วโมง



ภาพที่ 4 เครื่องกะเทาะเปลือกแข็งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเท้าเหยียบ



ภาพที่ 5 เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีเชื้อหุ้มเมล็ดอยู่



ภาพที่ 6 เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด



ภาพที่ 7 ลอกเยื่อหุ้มเมล็ด



ภาพที่ 8 คัดขนาดเมล็ด

1.2 อุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อการแปรรูป ซึ่งพบในหลายขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนของการตากเมล็ดซึ่งต้องใช้เวลา 2-3 วัน ในพื้นที่จังหวัดตราดหรือจังหวัดที่มีฝนตกชุกพบปัญหาต้องคอยเก็บเมล็ดเวลาฝนตก ขั้นตอนการต้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จะมีปัญหาเรื่องเชื้อเพลิงขาดแคลนหรือมีต้นทุนเชื้อเพลิงราคาสูง โดยปกติผู้ประกอบการหรือเกษตรกรผู้ผลิตที่อยู่ในเขตใกล้ชุมชนจะใช้ไม้ฟืนซึ่งมีราคาแพงและหายากในการต้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ในขณะที่เชื้อเพลิงต้นทุนต่ำได้แก่เศษเหลือใช้จากกระบวนการผลิตคือเปลือกแข็งของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ซึ่งให้ค่าพลังงานความร้อนสูงและราคาถูก ไม่สามารถใช้ได้ในเขตใกล้ชุมชน เนื่องจากควันที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เปลือกแข็งของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จะมีฤทธิ์เป็นกรด เมื่อลอยไปสัมผัสคน จะทำให้เกิดอาการแพ้เช่นแสบตา แสบจมูก เกิดผื่นคัน และในควันที่เกิดจากการเผาไหม้มียางดำหรือทาร์ ซึ่งจะไปติดตามเสื้อผ้าที่ตากไว้หรือติดตามผนังบ้านทำให้บ้านใกล้ๆ เต็มร้อน ดังนั้นผู้ประกอบการที่จะใช้เปลือกแข็งของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นเชื้อเพลิงต้องไปตั้งโรงต้มเมล็ดให้ไกลจากบริเวณชุมชน และในกระบวนการต่อมาคือการกะเทาะเปลือกแข็งซึ่งไม่มีเครื่องจักรที่กะเทาะเปลือกแข็งทดแทนแรงงานคน มีแต่เครื่องที่ช่วยให้ใช้แรงงานคนกะเทาะได้เร็วขึ้น เช่นเครื่องกะเทาะแบบเท้าเหยียบ (ภาพที่ 4) และเครื่องกะเทาะแบบใช้มือโยก ในขั้นตอนการอบแห้งเมล็ดในของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ผู้ประกอบการยังใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดร่อนเก่า (ภาพที่ 6) ซึ่งมีการกระจายลมร้อนไม่ดี ทำให้ใช้เวลาในการอบเมล็ดมะม่วงหิมพานต์นาน และถาดอบที่อุณหภูมิสูงจำเป็นต้องกลับเมล็ดทุกๆ 1 ถึง 2 ชั่วโมง นอกจากนั้นเครื่องอบชนิดนี้ยังมีปัญหาเรื่องระบบการควบคุมไฟหั่วเตา ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ประกอบการยังใช้หั่วเตาแบบเตาแก๊สหัวเร่ง ซึ่งถ้าไฟฟ้าดับ พัดลมจะไม่ทำงานและหั่วเตาแก๊สจะไม่ตัด ทำให้เมล็ดภายในห้องอบไหม้ ทำให้ผู้ประกอบการบางรายเปลี่ยนมาใช้ในการตัดต่อหั่วเตาด้วยโซลินอยวาล์วและมีหั่วล่อไฟ แต่ในกรณีที่หั่วล่อไฟดับ ในจังหวะที่โซลินอยด์เปิดแก๊สเข้า หั่วเตาจะไม่ตัดไฟทำให้แก๊สเกิดการสะสมภายในตู้อบ ซึ่งหากเกิดประกายไฟหรือมีคนมาจุดไฟโดยไม่ทำการระบายแก๊สในห้องอบแห้งออกก่อนก็จะเกิดการระเบิดขึ้นได้ และในขั้นตอนต่อไปคือการลอกเยื่อเมล็ดใน ยังไม่มีเครื่องลอกเยื่อที่ทำงานได้ดี ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับคน โดยเครื่องลอกเยื่อที่มีใช้ส่วนใหญ่จะมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดค่อนข้างสูง

2. ผลการศึกษาคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทางกายภาพและทางเคมี มีดังนี้

2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

- ขนาดของเมล็ด ค่าเฉลี่ยขนาดของเมล็ดที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จากผู้ประกอบการ 2 ราย ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี (ภาพที่ 9) แสดงไว้ในตารางที่ 1 และตารางที่ 2



ภาพที่ 9 การวัดหาขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

ตารางที่ 1 ขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

เมล็ดที่	ขนาดเมล็ดของผู้ประกอบการรายที่ 1 (ม.ม.)			ขนาดเมล็ดของผู้ประกอบการรายที่ 2 (ม.ม.)		
	a	b	c	a	b	c
1	29.00	11.65	12.70	25.60	10.60	12.80
2	22.90	10.00	11.66	25.80	10.00	15.30
3	26.00	9.70	10.55	26.40	10.70	10.85
4	25.40	10.70	10.90	26.50	10.30	10.90
5	25.30	10.25	11.40	24.90	11.20	10.60
6	25.65	9.80	10.25	25.30	9.60	12.20
7	26.80	11.70	11.60	25.70	10.30	10.50
8	30.90	10.75	11.60	31.30	11.90	10.80
9	28.80	10.60	12.70	24.50	10.35	12.40
10	24.90	9.30	11.85	24.80	8.50	13.15
11	26.40	9.40	12.40	14.20	9.90	13.80
12	25.10	10.75	11.80	26.40	10.75	12.00
13	24.25	10.50	12.40	22.50	9.90	11.80
14	28.40	9.90	13.20	26.60	9.50	12.00
15	23.90	9.30	13.10	24.40	8.10	11.80
16	26.90	10.80	12.35	27.20	9.30	13.00
17	28.00	10.70	13.60	26.80	10.70	10.35
18	26.80	11.30	11.45	24.25	9.50	11.80
19	29.40	10.80	13.50	26.85	9.60	15.45
20	23.85	9.00	10.60	27.80	11.90	11.05
เฉลี่ย	26.43	10.35	11.98	25.39	10.13	12.33

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

ผู้ประกอบการรายที่	a	b	c
1	26.43	10.34	11.980
2	25.39	10.13	12.33
เฉลี่ย	25.91	10.24	12.16

ขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยเฉลี่ยของผู้ประกอบการทั้ง 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรีพบว่า

a คือความสูงของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยมีความสูงเฉลี่ย 25.91 ม.ม.

b คือความกว้างของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยมีความกว้างเฉลี่ย 10.24 ม.ม.

c คือความหนาของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยมีความหนาเฉลี่ย 12.16 ม.ม.

การแบ่งขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในการซื้อขายของโรงงานวีระพงษ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี มีดังนี้

1. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดจัมโบ้ AA ขนาดไม่เกิน 40 เมล็ด/100 กรัม
2. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรด A ขนาดไม่เกิน 60 เมล็ด/100 กรัม
3. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดรวม
4. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดผ่าซีก
5. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดท่อนใหญ่
6. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดท่อนกลาง (เหมาะสำหรับทำขนมหรือเบเกอรี่ต่างๆ)
7. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดงา (เหมาะสำหรับทำขนมหรือเบเกอรี่ต่างๆ)



ภาพที่ 10 ลักษณะของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดต่างๆ
(โรงงานวีระพงษ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์, 2559)

- ค่าสี การวัดสีเมลิตมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรี โดยใช้เครื่องวัดสีรุ่น Konica Minolta CR-400 (ภาพที่ 11) ของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรมวิชาการเกษตร โดยวัดสีในรูปแบบ $L^*a^* b^*$ ตามมาตรฐานของ CIE (Commission Internationale d' Eclairage) ได้ผลออกมาแสดงในตารางที่ 3 - ตารางที่ 5



ภาพที่ 11 เครื่องวัดสี

ตารางที่ 3 ค่าสีเมลิตมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

จำนวนตัวอย่าง	ซ้ำที่	ผู้ประกอบการราย 1			ผู้ประกอบการราย 2		
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	1	77.5	1.7	21.2	77.00	1.00	25.30
	2	76.2	3.5	23.5	78.30	1.40	27.70
	3	71	4	23.8	76.20	3.00	19.90
	เฉลี่ย	74.9	3.1	22.8	77.20	1.80	24.30
2	1	77.9	2.6	21.2	79.50	1.30	23.80
	2	77.5	2.1	25	77.40	1.80	27.40
	3	79.2	2.5	23.3	75.20	2.00	27.90
	เฉลี่ย	78.2	2.4	23.2	77.40	1.70	26.40
3	1	78.6	2.2	23.8	76.30	2.00	23.90
	2	75.2	2.8	20.6	73.60	2.40	23.50
	3	79.3	2.3	26.8	72.40	2.30	23.70
	เฉลี่ย	77.7	2.4	23.7	74.10	2.20	23.70
4	1	75.3	3	26.5	77.80	1.50	23.40
	2	65.2	6.2	29.3	75.80	2.40	25.00
	3	76	2	21.3	78.30	1.50	24.10
	เฉลี่ย	72.2	3.7	25.7	77.30	1.80	24.20
5	1	79	2.9	22.9	81.00	1.00	20.00
	2	79.1	2.8	27	78.60	2.10	25.10
	3	77.2	3.6	22	77.70	1.20	30.70
	เฉลี่ย	78.4	3.1	24	79.10	1.40	25.30
เฉลี่ยรวม		76.3	2.9	23.9	77.00	1.80	24.80

ตารางที่ 4 ค่าสีเฉลี่ยเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

ผู้ประกอบการรายที่	หลังอบเมล็ดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์		
	L*	a*	b*
1	76.30	2.90	23.90
2	77.00	1.80	24.80
รวม	76.75	2.35	24.35

L* = 100 คือค่าความขาวมากที่สุด

a* = คือค่าสีทางสีแดง

b* = คือค่าสีทางสีเหลือง

L* = 0 คือค่าความขาวน้อยที่สุด

-a* = คือค่าสีทางสีเขียว

-b* = คือค่าสีทางสีน้ำเงิน

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าสีระหว่างเมล็ดดีกับเมล็ดไม่ได้คุณภาพ

เมล็ดที่	สีเนื้อดี			เนื้อสีเหลืองไม่ได้คุณภาพ		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	76.9	0.8	33.3	74.0	3.4	32.0
2	77.5	2.8	2.4	71.8	3.6	25.6
3	75.5	2.7	26.9	72.1	5.0	31.6
4	72.2	2.5	27	74.0	5.8	31.0
5	76.1	2.2	27.2	67.8	3.6	28.7
เฉลี่ย	75.64	2.2	23.36	71.94	4.28	29.78

สีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีคุณภาพดีควรมีค่าสีดังนี้ (ภาพที่ 12)

$L^* \geq 75$, $a^* \leq 3.5$, $b^* \leq 26$



เมล็ดได้คุณภาพ (ขาว)



เมล็ดไม่ได้คุณภาพ (เหลือง)



เมล็ดเสีย (ไหม้)

ภาพที่ 12 ลักษณะสีเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังอบที่มีคุณภาพแตกต่างกัน

- ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density)

ตารางที่ 6 แสดงค่าความหนาแน่นรวมของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ก่อนอบแห้งและหลังอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในจังหวัดชลบุรี

ครั้งที่	ความแน่นรวมก่อนอบ (ก.ก./ลบ.ม.)	ความแน่นรวมหลังอบ (ก.ก./ลบ.ม.)
1	474.75	473.25
2	468.50	464.75
3	478.50	477.00
เฉลี่ย	473.92	471.67

2.2 คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ได้แก่

- ค่าความชื้น (Moisture content; %)

ซาฟินี ลาเต้ และคณะ (2552) ได้รายงานว่ามีเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้รับการบรรจุควรมีความชื้นประมาณร้อยละ 5 โดยผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการจังหวัดชลบุรีจำนวน 2 รายแสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการจังหวัดชลบุรี

ตัวอย่างที่	ผู้ประกอบการรายที่ 1		ผู้ประกอบการรายที่ 2	
	ก่อนอบเยื่อหุ้มเมล็ด	หลังอบเยื่อหุ้มเมล็ด	ก่อนอบเยื่อหุ้มเมล็ด	หลังอบเยื่อหุ้มเมล็ด
1	14.04	7.78	10.56	8.71
2	12.82	6.95	10.76	8.67
3	10.35	4.95	11.11	8.71
เฉลี่ย	12.40	6.56	10.81	8.70

จากผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนของเกษตรกรพบว่าเมล็ดมีค่าความชื้นประมาณ 6.5-8.7% เนื่องจากเกษตรกรใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนที่มีการกระจายลมร้อนไม่ดีและหัวเตามีขนาดเล็กไม่สามารถเร่งอุณหภูมิได้ตามต้องการ ทำให้ได้ค่าความชื้นของเมล็ดหลังการอบแห้งที่สูงเกินค่าแนะนำ

- ค่าโภชนาการของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ จากมาตรฐานของ USDA Nutrient Database 2016 (<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>) แสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์/100 กรัม

พลังงาน	2,314 กิโลจูล (553 กิโลแคลอรี)
คาร์โบไฮเดรต	30.19 กรัม
น้ำตาล	5.91 กรัม
ใยอาหาร	3.3 กรัม
ไขมัน	43.85 กรัม
โปรตีน	18.22 กรัม
วิตามิน	
ไทอามีน (บี 1)	0.42 มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน (บี 2)	0.06 มิลลิกรัม
ไนอาซิน (บี 3)	1.06 มิลลิกรัม
กรดแพนโทเทนิค (บี 5)	0.83 มิลลิกรัม
วิตามินบี (บี 6)	0.42 มิลลิกรัม
โฟเลต (บี 9)	25 ไมโครกรัม
วิตามินซี	0.5 มิลลิกรัม
โลหะรอง	
แคลเซียม	37 มิลลิกรัม
เหล็ก	6.68 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	292 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	593 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	660 มิลลิกรัม
สังกะสี	5.78 มิลลิกรัม

3. จากการทดสอบหาปริมาณลมที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม (ภาพที่ 13) พบว่าความเร็วลมที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1-1.5 เมตร/นาที่ ถ้าความเร็วลมต่ำกว่า 1 เมตร/นาที่ จะเป็นความเร็วลมที่ต่ำเกินไปทำให้ลมร้อนกระจายไม่ทั่วห้องอบ สำหรับการหาชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในห้องทดลองนั้น ได้ใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม โดยใช้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 40 กิโลกรัมแบ่งเป็น 4 ถาดถาดละ 10 กิโลกรัม ทุกการทดลองที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 13 ทำการทดสอบในห้องทดลองด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

การทดสอบอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ครั้งที่ 1

มี 4 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อบที่อุณหภูมิ 70°C คงที่ 13 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 อบที่อุณหภูมิ 75°C คงที่ 12 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 อบที่อุณหภูมิ 80°C 1 ชั่วโมง และ 70°C คงที่ 12 ชั่วโมง รวม 13 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 อบที่อุณหภูมิ 90°C 1 ชั่วโมง และ 70°C คงที่ 12 ชั่วโมง รวม 13 ชั่วโมง

ผลการทดสอบพบว่ากรรมวิธีที่ 1 การอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อุณหภูมิ 70°C คงที่ ซึ่งเป็นตัวแทนเทคโนโลยีการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรใช้เวลา 13 ชั่วโมง ส่วนกรรมวิธีที่ 2 การอบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C คงที่ ซึ่งใช้อุณหภูมิสูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 อยู่ 5°C ส่งผลให้ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่ากรรมวิธีที่ 1 อยู่ 1 ชั่วโมง คือใช้เวลาเพียง 12 ชั่วโมง โดยไม่ทำให้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เสียคุณภาพ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 3 และ 4 ได้เพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งในช่วง 1 ชั่วโมงแรกเป็น 80°C และ 85°C ตามลำดับ ผลปรากฏว่าความชื้นในช่วงแรกลดลงไปมากกว่ากรรมวิธีที่ 1 และ 2 แต่ยังไม่เพียงพอที่จะส่งผลให้ลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ เนื่องจากระยะเวลาการอบแห้งยังเหลืออีกมาก คือ 12 ชั่วโมง รวมเป็น 13 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้การอบต่อที่อุณหภูมิ 70°C คงที่ โดยทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้งอยู่ในเกณฑ์ดี ดังแสดงในตารางที่ 9 และตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในการทดสอบครั้งที่ 1

ชั่วโมงที่	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4
ชม.0	9.12	8.84	9.02	8.73
ชม.1	7.73	6.58	6.86	8.26
ชม.2	7.42	2.93	5.71	6.87
ชม.3	6.88	2.86	4.32	4.87
ชม.4	6.22	2.80	3.97	4.63
ชม.5	5.74	2.73	3.05	3.69
ชม.6	4.10	2.37	2.69	2.71
ชม.7	3.32	2.01	2.52	2.60
ชม.8	2.70	1.89	2.34	2.39
ชม.9	2.63	1.64	2.10	2.14
ชม.10	1.95	1.60	1.96	1.67
ชม.11	1.68	1.40	1.45	1.59
ชม.12	1.44	1.12	1.44	1.42
ชม.13	1.36		1.43	1.42

ตารางที่10 ค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในการทดสอบครั้งที่ 1

ชั่วโมงที่	กรรมวิธีที่ 1			กรรมวิธีที่ 2			กรรมวิธีที่ 3			กรรมวิธีที่ 4		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
ชม.0	77.08	-2.12	24.17	74.44	3.09	25.77	75.61	2.86	24.07	73.04	2.34	26.13
ชม.1	74.87	-1.58	23.10	77.05	2.82	24.25	73.41	2.12	23.64	71.36	2.22	25.26
ชม.2	66.92	-1.77	22.77	76.98	3.08	23.68	77.28	2.20	22.47	76.27	2.43	21.08
ชม.3	74.28	-1.63	23.68	76.27	2.85	22.43	74.83	4.23	22.68	74.19	1.83	24.88
ชม.4	76.12	-1.38	23.35	78.37	2.63	23.20	75.58	2.30	22.08	75.94	2.62	20.28
ชม.5	75.08	-1.22	22.92	77.03	3.29	25.50	76.43	1.13	22.63	75.19	1.95	24.20
ชม.6	74.27	-1.00	23.90	77.34	2.94	26.63	74.08	0.13	28.25	74.71	2.44	25.78
ชม.7	71.70	-1.23	25.08	77.17	2.98	25.78	73.54	1.38	24.83	75.08	2.43	24.46
ชม.8	75.90	-1.63	26.00	76.98	2.84	24.98	75.38	3.16	24.16	75.23	2.78	25.07
ชม.9	76.62	-1.60	26.02	76.49	3.63	25.21	76.26	2.32	25.21	70.31	2.55	25.41
ชม.10	76.13	-1.27	25.17	76.00	2.38	26.42	76.23	2.13	25.79	75.70	2.52	25.97
ชม.11	76.08	-1.02	25.88	76.09	2.68	26.98	76.03	1.78	24.69	75.61	2.42	25.29
ชม.12	75.02	-1.38	26.83	<u>75.63</u>	<u>3.13</u>	<u>27.61</u>	76.53	2.09	23.93	75.15	2.50	24.90
ชม.13	<u>75.27</u>	<u>2.77</u>	<u>27.30</u>				<u>75.49</u>	<u>2.15</u>	<u>28.98</u>	<u>76.34</u>	<u>2.36</u>	<u>26.13</u>

ในการทดสอบครั้งต่อไปจะเพิ่มกรรมวิธีที่เพิ่มเวลาการอบแห้งช่วงแรกให้นานขึ้นเป็น 2 ชั่วโมง และอบต่อด้วยอุณหภูมิคงที่ 75°C

การทดสอบอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ครั้งที่ 2

มี 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อบที่อุณหภูมิ 75°C คงที่ 12 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 อบที่อุณหภูมิ 80°C 1 ชั่วโมง และ 75°C อีก 11 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 อบที่อุณหภูมิ 80°C 2 ชั่วโมง และ 75°C อีก 9 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 อบที่อุณหภูมิ 85°C 1 ชั่วโมง และ 75°C อีก 10 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 5 อบที่อุณหภูมิ 85°C 2 ชั่วโมง และ 75°C อีก 8 ชั่วโมง

ผลการทดสอบพบว่า ชุดอุณหภูมิการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในกรรมวิธีที่ 5 คือการอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และอบต่อเนื่องที่ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมงมีความเหมาะสมที่สุด โดยมีค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้งต่ำที่สุดในขณะที่คุณภาพด้านค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์และด้านคุณค่าทางโภชนาการที่มีอยู่ในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้งไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธีที่ทำการศึกษานอกจากนั้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยกรรมวิธีที่ 5 สามารถลอกเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ง่าย มีอัตราการลอกเยื่อสูง ได้จำนวนเมล็ดเต็มและเมล็ดซีกที่สูง ซึ่งส่งผลต่อราคาขายและรายได้ที่สูงขึ้นตามเกรดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และผลจากการที่สามารถลดระยะเวลาการอบแห้งลงได้ ทำให้การสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายลงได้มาก ผลการทดลองทั้งหมดแสดงใน ตารางที่ 11, ตารางที่ 12 และภาพที่ 14-20

ตารางที่ 11 ค่าความชื้น, ค่าสี และค่าสารอาหารของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง

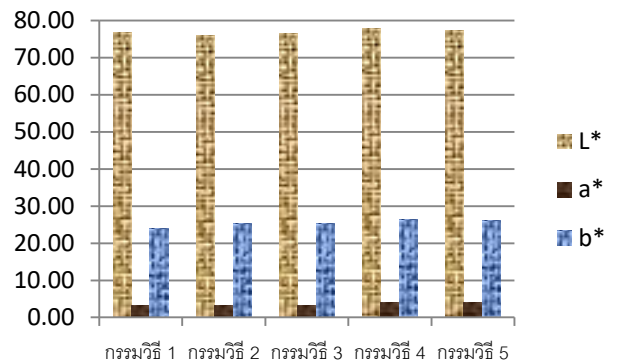
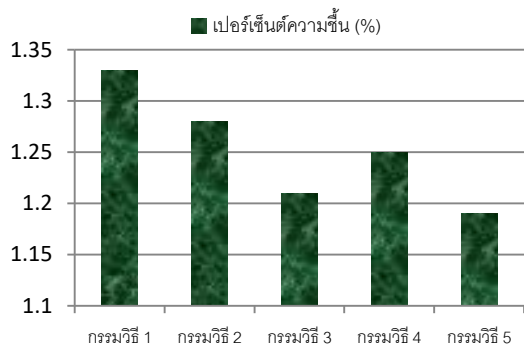
กรรมวิธีที่	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	ค่าสีเมล็ดใน			ค่าสารอาหาร(g/100g)			
		L*	a*	b*	คาร์โบไฮเดรต	ไขมัน	โปรตีน	เถ้า
1	1.33a	76.77ns	3.12ns	24.02ns	41.05ns	33.37ns	20.25ns	2.74ns
2	1.28ab	75.97ns	3.35ns	25.37ns	39.97ns	33.75ns	21.27ns	2.69ns
3	1.21bc	76.57ns	3.25ns	25.32ns	41.69ns	32.29ns	20.32ns	2.72ns
4	1.25bc	77.85ns	4.03ns	26.38ns	40.35ns	34.00ns	20.33ns	2.68ns
5	1.19c	77.42ns	3.90ns	26.13ns	40.89ns	33.8ns	19.87ns	2.73ns

หมายเหตุ : ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นที่ P<0.05

ตารางที่ 12 อัตราการลอกเยื่อและชนิดเกรดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์, การใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้าของเครื่องอบแห้ง

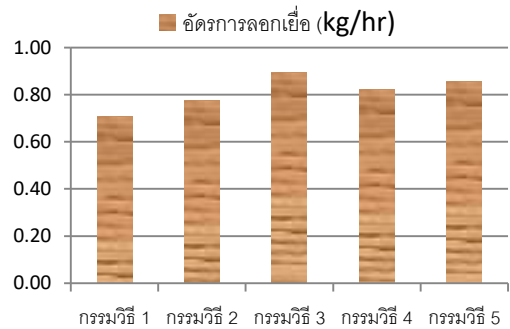
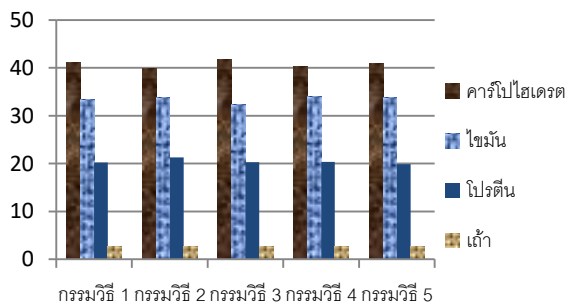
กรรมวิธีที่	อัตราการลอกเยื่อ (kg/hr)	เกรดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์				พลังงานเชื้อเพลิง (kg/hr)	พลังงานไฟฟ้า (units)
		เมล็ดเต็ม	เมล็ดซีก	เมล็ดท่อน	เมล็ดงา		
1	0.71c	63.56c	21.10a	3.06a	3.66ns	0.51a	9.57a
2	0.78bc	66.84b	18.54ab	2.94a	3.04ns	0.42b	7.66b
3	0.89a	68.34ab	18.60ab	1.40b	3.04ns	0.43b	7.02c
4	0.82ab	69.40ab	16.36b	2.50ab	3.14ns	0.41b	7.02c
5	0.85a	69.90a	16.70b	1.29b	3.50ns	0.43b	6.38d

หมายเหตุ : ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นที่ P<0.05



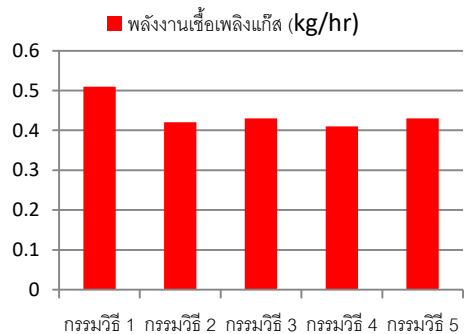
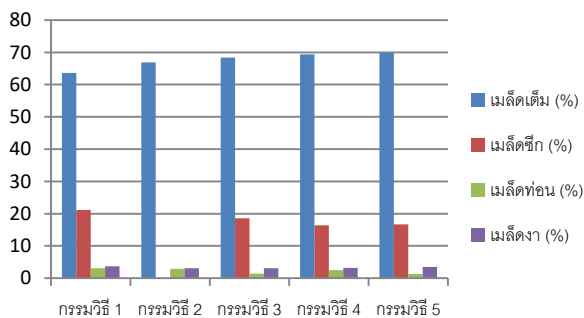
ภาพที่ 14 ค่าความขึ้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง

ภาพที่ 15 ค่าสีเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังอบแห้ง



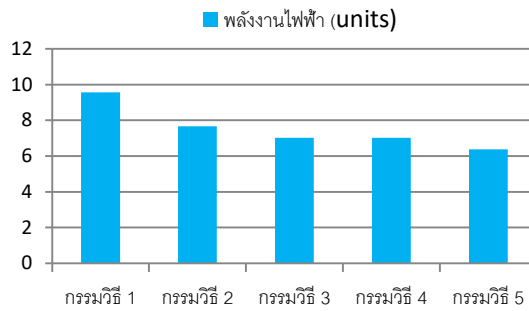
ภาพที่ 16 ปริมาณสารอาหารเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังอบแห้ง

ภาพที่ 17 อัตราการลอกเยื่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง



ภาพที่ 18 ชนิดเกรดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง

ภาพที่ 19 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส



ภาพที่ 20 ค่าพลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

4. นำชุดอุณหภูมิที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้นใน ข้อ 3 มาทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องและเทคโนโลยีการอบแห้งของผู้ประกอบการ โดยวางแผนการทดลองเป็น 2 กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสคงที่ 24 ชั่วโมง (เครื่องผู้ประกอบการ)

กรรมวิธีที่ 2 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง รวมระยะเวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง (เครื่องของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม)

ผลการทดสอบพบว่ากรรมวิธีที่ 2 คือการอบลดความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง ด้วยเครื่องของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมมีความเหมาะสมสำหรับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และสามารถนำไปใช้ในพื้นที่การผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อการแปรรูปของผู้ประกอบการได้ โดยมีค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้งต่ำสุดคือ 1.19% ในขณะที่ค่าสีและค่าสารอาหารของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีค่าอัตราการลอกเยื่อ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงที่สุด ซึ่งส่งผลต่อราคาขายที่เพิ่มขึ้นตามเกรดเมล็ดเต็มของมะม่วงหิมพานต์ที่ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 15, ตารางที่ 16 และภาพที่ 21-27

ตารางที่ 15 ค่าความชื้น, ค่าสีและค่าสารอาหารของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง

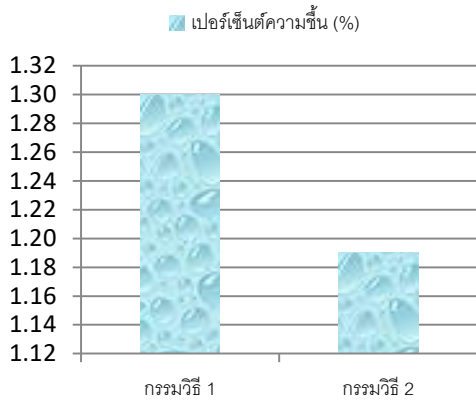
กรรมวิธีที่	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	ค่าสีเมล็ดใน			ค่าสารอาหาร (g/100g)			
		L*	a*	b*	คาร์โบไฮเดรต	ไขมัน	โปรตีน	เถ้า
1	1.30a	76.30ns	2.90ns	23.90ns	41.67ns	32.39ns	20.37ns	2.75ns
2	1.19b	77.42ns	3.90ns	26.13ns	40.89ns	33.8ns	19.87ns	2.73ns

หมายเหตุ: ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$

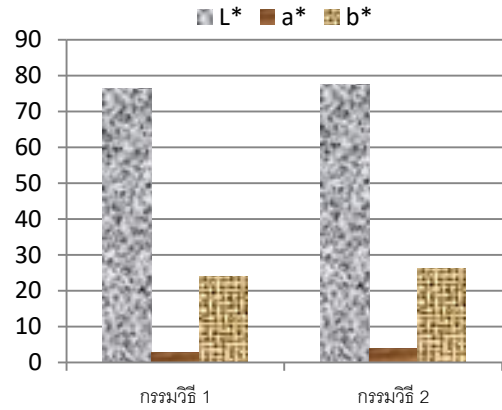
ตารางที่ 16 อัตราการลอกเยื่อ, ชนิดเกรดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์, การใช้พลังงานเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าของเครื่องอบแห้ง

กรรมวิธีที่	อัตราการลอกเยื่อ (kg/hr)	เกรดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (%)				พลังงานแก๊ส (kg)	พลังงานไฟฟ้า (units)
		เมล็ดเต็ม	เมล็ดซีก	เมล็ดท่อน	เมล็ดงา		
1	0.76b	65.84b	19.54ab	3.80a	2.84b	11.28a	14.80a
2	0.85a	69.90a	16.70b	1.29b	3.50a	4.3c	6.38c

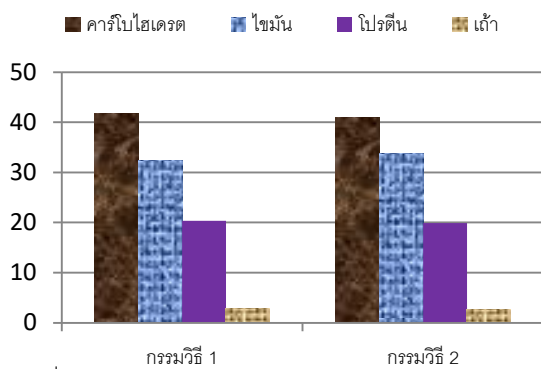
หมายเหตุ: ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น < 0.05



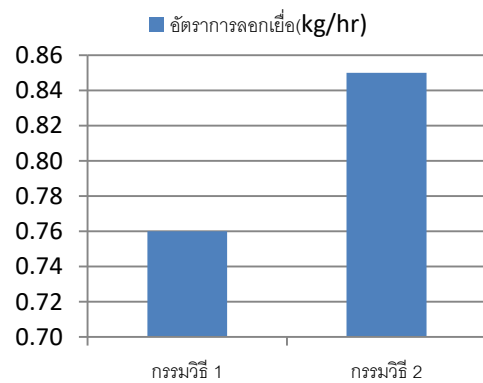
ภาพที่ 21 ค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง



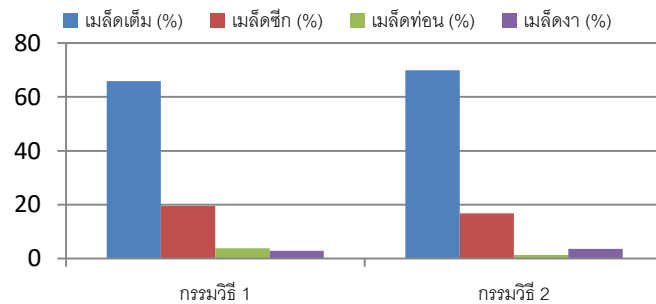
ภาพที่ 22 ค่าสีเมล็ดในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์



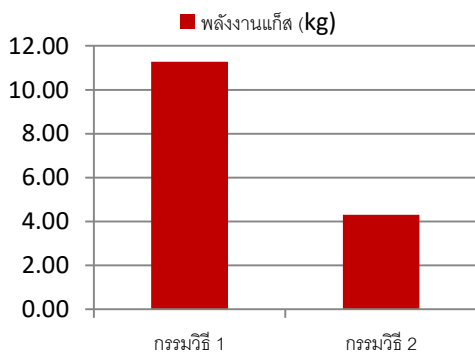
ภาพที่ 23 ปริมาณสารอาหารเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังอบแห้ง



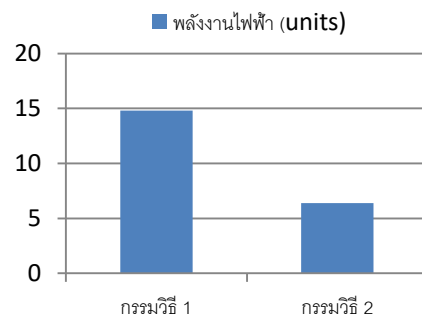
ภาพที่ 24 อัตราการลอกเยื่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง



ภาพที่ 25 ชนิดเกรดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง



ภาพที่ 26 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส



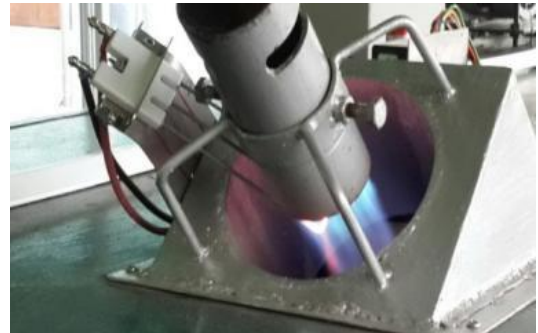
ภาพที่ 27 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

5 ได้ทำการพัฒนาและปรับปรุงอุปกรณ์ของเครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น พร้อมสำหรับการนำไปทำการทดสอบในพื้นที่การผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อการแปรรูปของเกษตรกร ดังนี้

5.1 เปลี่ยนระบบการจุดแก๊ส จากการใช้หัวล่อแก๊สเป็นแบบสปาร์คด้วยไฟฟ้า เนื่องจากหัวล่อแก๊สมีโอกาสดับและทำให้จังหวะพ่นไฟของหัวพ่นไฟไม่ติด เกิดการสะสมของแก๊สในห้องอบแห้ง เมื่อมีประกายไฟทำให้เกิดการระเบิดได้ดังภาพที่ 28 และภาพที่ 29



ภาพที่ 28 หัวเผาแก๊สและหัวล่อแก๊สแบบเก่า



ภาพที่ 29 หัวเผาแก๊สและระบบสปาร์คด้วยไฟฟ้า

5.2 ปรับปรุงเรื่องระบบควบคุม ให้สามารถตั้งเวลา ที่ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมงและเปลี่ยนเป็น 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง ได้เองโดยที่ไม่ต้องใช้คนมาตั้งอุณหภูมิใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 30 และภาพที่ 31



ภาพที่ 30 ตู้คอนโทรลแบบใช้หัวล่อแก๊สจุดหัวเผา



ภาพที่ 31 ตู้คอนโทรลแบบใช้หัวสปาร์คด้วยไฟฟ้าจุดหัวเผา และตั้งเวลาตัดต่ออุณหภูมิเป็น 2 ช่วงเวลา

ได้นำเครื่องที่ทำการปรับปรุงแล้วไปทดสอบใช้งานจริง ปรากฏว่าใช้งานได้ดีเป็นที่พอใจของเกษตรกรโดยมีข้อดีดังนี้

1.1 หัวสปาร์กช่วยลดอันตรายอันอาจเกิดจากการที่หัวล่อแก๊สดับ และทำให้มีการสะสมของแก๊สในห้องอบ และเมื่อเกิดประกายไฟก็จะทำให้เกิดการระเบิดได้

1.2 หัวสปาร์กช่วยลดอัตราการใช้แก๊สลง (จากการจุดหัวล่อ) 0.021 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

1.3 หัวสปาร์กช่วยลดเขม่า เนื่องจากหัวล่อแก๊สเป็นการจุดไฟเพื่อช่วยจุดหัวพันไฟ เมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่ง หัวล่อแก๊สจะเกิดเขม่าและมีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเขม่าเหล่านี้จะไปเกาะติดที่ผลิตภัณฑ์ หรือสะสมที่ผนังห้องอบและที่บริเวณใบพัดลม ซึ่งจะทำให้เป็นคราบสกปรกสะสมต่อไปดังแสดงในภาพที่ 32 และภาพที่ 33

1.4 ปรับปรุงเรื่องระบบควบคุม ให้สามารถตั้งเวลา ที่ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมงและเปลี่ยนเป็น 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมงได้เองโดยที่ไม่ต้องใช้คนมาตั้งอุณหภูมิใหม่ ทำให้ช่วยประหยัดเวลา ไม่ต้องใช้คนมาเปลี่ยนอุณหภูมิ ทำให้สามารถทำงานอย่างอื่นได้โดยไม่ต้องกังวลเรื่องเวลา



ภาพที่ 32 เขม่าที่เกิดจากการใช้หัวล่อแก๊สมานาน



ภาพที่ 33 เมื่อเปลี่ยนมาเป็นหัวสปาร์กจะเกิดเขม่าน้อย

6. ได้ทำการนำเครื่องต้นแบบของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมที่ได้รับการปรับปรุงอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และเทคโนโลยีการอบแห้งแบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ศึกษา ไปทดสอบ สาธิตและขยายผลในพื้นที่การผลิตมะม่วงหิมพานต์แปรรูปของกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่จังหวัดตราด ซึ่งเป็นอีกพื้นที่หนึ่งที่มีการผลิตมะม่วงหิมพานต์แปรรูปเป็นปริมาณมากโดยทำการทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งและเทคโนโลยีการอบของกลุ่มเกษตรกรที่ใช้อยู่เดิม ซึ่งใช้อุณหภูมิการอบแห้งคงที่ 83 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 18 ชั่วโมง และมีการเปิดตู้อบเพื่อทำการเกลี่ยและกลับมะม่วงหิมพานต์ ทุกๆ 2 ชั่วโมง เนื่องในการอบแห้งของเกษตรกรใช้อุณหภูมิสูง และเครื่องอบแห้งที่ใช้มีการกระจายลมร้อนที่ไม่สม่ำเสมอ จึงจำเป็นต้องใช้แรงงานเกลี่ยและกลับเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อให้เมล็ดได้รับความร้อนทั่วถึงกัน แบ่งการทดลองเป็น 2 กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อบเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และอบต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 9 ชั่วโมง รวมใช้ระยะเวลาในการอบแห้งรวมทั้งหมด 11 ชั่วโมง (เนื่องจากสภาพอากาศแวดล้อมในพื้นที่จังหวัดตราดมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า ทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากกว่าในพื้นที่จังหวัดชลบุรี 1 ชั่วโมง) ด้วยเครื่องอบแห้งของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

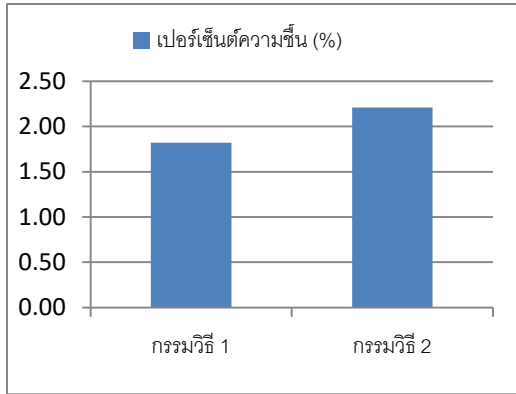
กรรมวิธีที่ 2 อบเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียสคงที่ 18 ชั่วโมง ด้วยเครื่องอบแห้งของเกษตรกร และมีการเปิดตู้เพื่อเกลี่ยและกลับเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทุกๆ 2 ชั่วโมง

ผลการทดสอบพบว่าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้งด้วยกรรมวิธีที่ 1 มีค่าความชื้นที่ต่ำกว่ากรรมวิธีที่ 2 และใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่า เนื่องจากเครื่องอบลดความชื้นของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม มีประสิทธิภาพและการระบายลมร้อนที่ดีกว่าเครื่องของเกษตรกร เมื่อพิจารณาถึงค่าสีพบว่ามีความใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 17 และภาพที่ 34-35

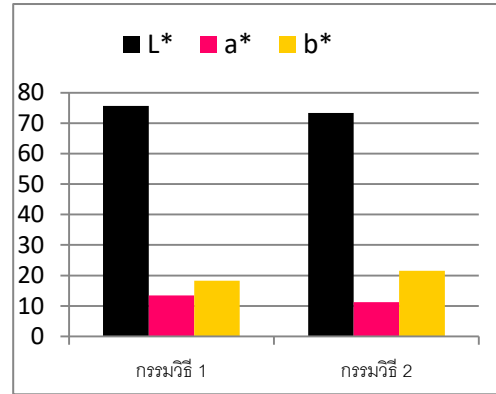
ตารางที่ 17 ค่าความชื้นและค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง

กรรมวิธีที่	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	ค่าสีเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์		
		L*	a*	b*
1	1.82b	75.71ns	13.43ns	18.29ns
2	2.21a	73.35ns	11.22ns	21.53ns

หมายเหตุ: ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$



ภาพที่ 34 ค่าความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังอบแห้ง



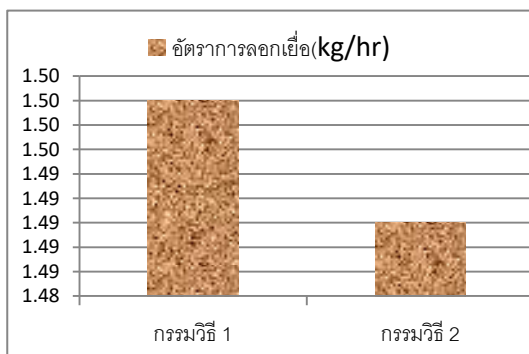
ภาพที่ 35 ค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาในส่วนของอัตราการลอกเยื่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง พบว่าไม่แตกต่างกันทั้งสองกรรมวิธีการอบที่ศึกษาเปรียบเทียบ แต่กรรมวิธีที่ 1 จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงกว่า เนื่องจากกรรมวิธีการอบที่ 2 จะใช้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้เมล็ดกรอบแตกหักง่าย สำหรับการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้า เนื่องจากการอบแห้งในกรรมวิธีที่ 1 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่ากรรมวิธีที่ 2 มาก ทำให้มีปริมาณการใช้พลังงานทั้ง 2 ชนิดที่น้อยกว่ากรรมวิธีที่ 2 ผลการทดสอบทั้งหมดแสดงในตารางที่ 18 และภาพที่ 36-39

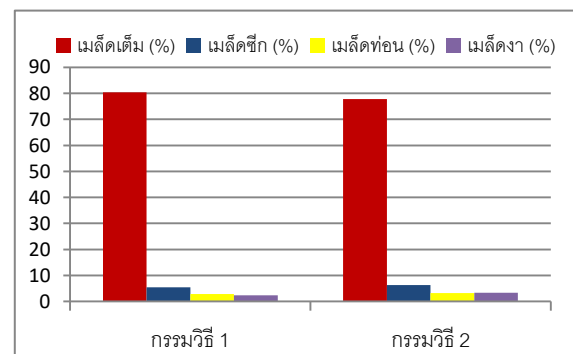
ตารางที่ 18 อัตราการลอกเยื่อ, ชนิดเกรดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์, การใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้าของเครื่องอบแห้งในการอบแห้งกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธีที่	อัตราการลอกเยื่อ (kg/hr)	เกรดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์				พลังงานแก๊ส (kg/hr)	พลังงานไฟฟ้า (units)
		เมล็ดเต็ม	เมล็ดซีก	เมล็ดท่อน	เมล็ดงา		
1	1.50ns	80.40a	5.50b	2.90b	2.34b	5.94b	6.38b
2	1.49ns	77.80b	6.30a	3.20a	3.30a	10.08a	10.40a

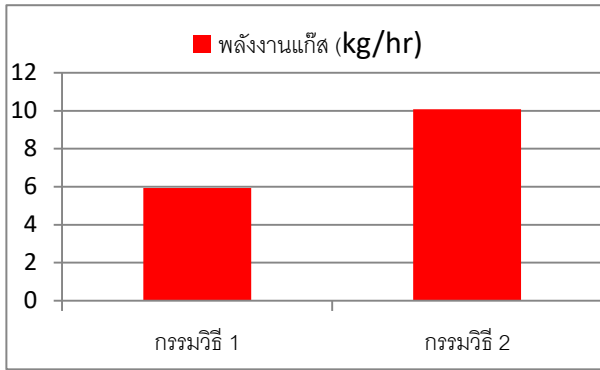
หมายเหตุ : ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.05



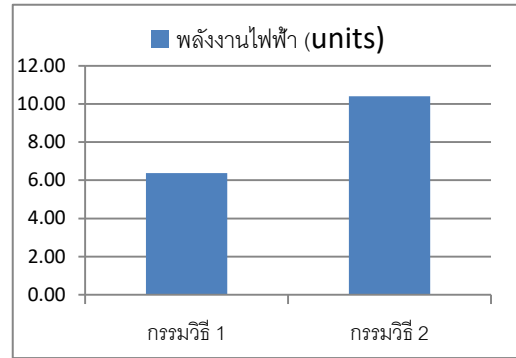
ภาพที่ 36 อัตราการลอกเยื่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง



ภาพที่ 37 ชนิดเกรดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง



ภาพที่ 38 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส



ภาพที่ 39 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

7. สรุปผลการดำเนินงานการดำเนินการศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ 2 ระดับ โดยใช้เครื่องต้นแบบของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมในพื้นที่จังหวัดชลบุรีและจังหวัดตราด พบว่าใช้ได้ผลดีและเหมาะสม สามารถช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ โดยผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีกว่าหรือเท่ากับของผู้ประกอบการ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบสองช่วงอุณหภูมิและเครื่องอบแห้งต้นแบบไปใช้ในพื้นที่จังหวัดอื่น ๆ ก็จะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ และได้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีได้เช่นกัน แต่ทั้งนี้ต้องมีการปรับปรุงเทคนิคในการอบลดความชื้นบ้าง ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในพื้นที่จังหวัดนั้น

ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (ภาคผนวก ก.) ของการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ พบว่ามีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 264.75บาท/กิโลกรัม จุดคุ้มทุนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง 11,346 กิโลกรัม/ปี และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี 4 เดือน เมื่อทำการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง 60 วัน/ปี และราคาขายผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้งเพื่อการแปรรูป 280 บาท/กิโลกรัม

8. เผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย

ได้ทำการเผยแพร่โดยเข้าร่วมการประชุมวิชาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 15 ระหว่างวันที่ 13-14 กรกฎาคม 2560 ณ โรงแรมอวานี ขอนแก่น โฮเทล แอนคอนเวนชัน เซ็นเตอร์ จังหวัดขอนแก่น โดยส่งบทความเรื่อง การศึกษาชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบลดความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ดังแสดงในภาพที่ 40 และภาพที่ 41

50 ปี วิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น 

การประชุมวิชาการ
วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ 
15th National Postharvest Technology Conference



บทคัดย่อ
Abstracts

13-14 กรกฎาคม 2560
13-14 July, 2017



ณ โรงแรมอวานี ขอนแก่น โฮเทล แอนด์ คอนเวนชัน เซ็นเตอร์
AVANI Khon Kaen Hotel & Convention Centre
จังหวัดขอนแก่น

จัดโดย

- ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว: หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว
- ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาพที่ 40 เอกสารตีพิมพ์เอกสารเผยแพร่การประชุมวิชาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 15

การศึกษาชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบลดความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์
Study on Suitable Temperature Set of Cashew Nut Dehumidified Drying

ธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต¹ พุทธิรัตน์ จารุวัฒน์¹ สากุล วีรียนันท์¹ พัทธวิภา สุทธิวารีย์¹
 คุรุวรรณ ภามายุ¹ บัณฑิต จิตรจันงค์¹ อนุสรณ์ สุวรรณเวียง¹ และ นิวัต อาระวีล¹
 Thanawat Tipchit¹, Puttinun Jaruwat¹, Sakol Weeriyannun¹, Pakwipa Sutthivaree¹
 Kuruwan Pramart¹, Bundit Jitjumnong¹, Anusorn Suwanviang¹ and Niwad Aravi¹

บทคัดย่อ

ศึกษาชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบลดความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยลมร้อน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตเพื่อการแปรรูป โดยเปรียบเทียบกับวิธีการอบลดความชื้นด้วยอุณหภูมิเดียวคงที่ ซึ่งเป็นวิธีการเดิมที่ใช้ในปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาการปฏิบัติงาน การใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิงและลดต้นทุนค่าใช้จ่าย โดยทำการศึกษาชุดอุณหภูมิการอบลดความชื้น 4 รูปแบบได้แก่ รูปแบบที่ 1 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 11 ชั่วโมง, รูปแบบที่ 2 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 9 ชั่วโมง, รูปแบบที่ 3 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมงและรูปแบบที่ 4 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมงโดยเปรียบเทียบกับการลดความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อุณหภูมิคงที่ 70 องศาเซลเซียส 15 ชั่วโมง

ผลการทดสอบพบว่าชุดอุณหภูมิการอบลดความชื้นรูปแบบที่ 2 มีความเหมาะสมที่สุดโดยใช้เวลาสั้น ประหยัดพลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิง และคุณภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นที่ยอมรับของผู้ประกอบการ

คำสำคัญ: การอบลดความชื้น, เมล็ดมะม่วงหิมพานต์, การแปรรูป

Abstract

Study on suitable temperature set for cashew nut dehumidified drying that is part of the production process for processing with hot air. They were compared with the constant temperature conventional method. The objectives were to decrease operating time, power consumption, fuel consumption and cost. The study was carried out on 4 concept of dehumidified drying set, the first concept was 80° C 1 hr and continued 75 °C 11 hr, the second concept was 80° C 2 hr and continued 75 °C 9 hr, the third concept was 85° C 1 hr and continued 75 °C 10 hr and the fourth concept was 85° C 2 hr and continued 75 °C 8 hr. They were compared with the conventional concept 70 °C 15 hr.

The results showed that the second concept was optimal method. It used least time, saved power and fuel cost, in addition, the quality of the cashew nuts could be accepted by entrepreneur.

Keywords: dehumidified drying, cashew nut, processing

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ต.พลับพลา อ.เมืองจันทบุรี จ.จันทบุรี 22000

¹ Chanthaburi Agricultural Engineering Research Center, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agricultural, Phlap Phla, Muang Chanthaburi, Chanthaburi 22000

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในแต่ละพื้นที่ ส่วนใหญ่เกษตรกรหรือผู้ประกอบการจะใช้ตู้อบแบบถาดร่วนเก่าซึ่งมีราคาถูก แต่มีการกระจายลมร้อนไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จึงต้องใช้คนมาคอยเกลี่ยและกลับเมล็ดทุกๆ 1-2 ชั่วโมง ในขณะที่เทคโนโลยีการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ก็ไม่เหมือนกัน แต่ส่วนใหญ่จะใช้เวลานาน คือประมาณ 16 ,18 หรือ 24 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับวิธีการอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้ ปริมาณของผลผลิตที่อบและสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ จากการศึกษาและวิจัยพบว่าเครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร มีการกระจายลมร้อนที่ดี ไม่ต้องใช้คนเกลี่ยและกลับเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และมีระบบควบคุมอุณหภูมิในห้องอบแห้งให้คงที่ นอกจากนั้นสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้มีงานวิจัยการศึกษาและออกแบบระบบการอบแห้งแบบสองอุณหภูมิ ในผลไม้ชนิดต่างๆ ซึ่งพบว่าสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งผลไม้ต่างๆ ได้หลายชั่วโมง และสำหรับเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ผลการศึกษาและทดลองพบว่าสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้หลายชั่วโมงเช่นกัน โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และอบต่อเนื่องที่ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง รวมระยะเวลาการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทั้งหมดเพียง 10 ชั่วโมง

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เผยแพร่วารสารวิชาการเกษตร, การประชุมวิชาการระดับชาติ, คู่มือสำหรับเกษตรกรและจัดนิทรรศการเผยแพร่สู่กลุ่มเกษตรกร ผู้ประกอบการส่งออก และผู้ที่สนใจทั่วไป

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณประสิทธิ์และคุณปภาวดี ศุภวิภานต์ อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะม่วงหิมพานต์ วัดเนินสูง อ.เมือง จ.ตราด สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ การอำนวยความสะดวกและการสนับสนุนเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สำหรับใช้ทดลอง รวมถึงคำแนะนำที่มีประโยชน์สำหรับใช้ในการทำวิจัย

12. เอกสารอ้างอิง

สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม.2556. วิเคราะห์อุตสาหกรรม สินค้าท้องถิ่น เรื่องธุรกิจเมล็ดมะม่วงหิมพานต์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:
http://www.thaifoodnfi.com/Admin/File/201311211629350.Cashew_2013.pdf. (12มิถุนายน 2560).

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน

1. การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

- ราคาเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง	250,000 บาท
- อายุการใช้งาน	10 ปี
- มูลค่าซาก 1% ของราคาเครื่อง	2,500 บาท
- ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง	3,000 บาท/ปี
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	8 เปอร์เซ็นต์/ปี
- ค่าแก๊สหุงต้ม	30 บาท/กิโลกรัม
- ค่าจ้างแรงงาน	400 บาท/วัน
- ค่าไฟฟ้า	4.50 บาท/หน่วย

ต้นทุนคงที่

- ค่าเสื่อมราคาเครื่อง

สมการค่าเสื่อมราคาเครื่องแบบเส้นตรง $(P-L)/N$ โดย $P =$ ราคาซื้อเครื่องจักร, บาท $L =$ ราคาซากเครื่องจักร, บาท $N =$ อายุการใช้งาน, ปี

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสื่อมราคาของเครื่องอบแห้งแบบถาด} &= (250,000-2,500)/10 \text{ บาท/ปี} \\ &= 24,750 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

$$\text{สมการค่าดอกเบี้ย} \quad [(P+L)/2] \times (i/100)$$

โดย $i =$ อัตราดอกเบี้ย/ปี, เปอร์เซ็นต์

$$\begin{aligned} \text{ค่าดอกเบี้ยลงทุนเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง} &= [(250,000+2,500)/2] \times (8/100) \text{ บาท/ปี} \\ &= 10,100 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม} &= \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่อง} + \text{ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน} \\ &= 24,750 + 10,100 \quad \text{บาท/ปี} \\ &= \mathbf{34,850 \text{ บาท/ปี}} \end{aligned}$$

ต้นทุนผันแปร

- ค่าวัตถุดิบเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ 200 กิโลกรัม/วันอบแห้ง 60 วัน/ปี

เมล็ดในมะม่วงหิมพานต์กระทาะเปลือกแข็ง 230 บาท/กิโลกรัม

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนค่าวัตถุดิบต่อปี} &= 230 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 200 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 60 \text{ วัน/ปี} \\ &= 2,760,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าแรงงานคุมเครื่องอบแห้ง 2 คน/วันคนละ 400 บาท/คน

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนค่าแรงงาน} &= 2 \text{ คน/วัน} \times 60 \text{ วัน/ปี} \times 400 \text{ บาท/คน} \\ &= 48,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าไฟฟ้า

จากความสัมพันธ์ $P = I \times V$

โดย

$P =$ กำลังไฟฟ้า, วัตต์

$I =$ กระแสไฟฟ้า, แอมแปร์

$V =$ ความต่างศักย์ไฟฟ้า, โวลต์

เครื่องใช้มอเตอร์ 1 แรงม้า 220 โวลต์ทำงาน 10 ชั่วโมง/วัน ใช้พลังงานไฟฟ้า 3.4 แอมแปร์

ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้า

$$P = 3.4 \times 220 \quad \text{วัตต์}$$

$$= 0.75 \quad \text{กิโลวัตต์}$$

ค่าไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ต่างๆของผู้ควบคุมอุณหภูมิและโซลินอยด์วาล์ว 0.25 กิโลวัตต์

$$\text{รวมค่าไฟฟ้าห้องอบอุณหภูมิสูง} = 0.75 + 0.25 = 1 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$\text{ทำงานวันละ 10 ชั่วโมง} = 1 \times 10 \quad \text{กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน}$$

$$= 10 \quad \text{กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน}$$

$$= 10 \quad \text{หน่วย/วัน}$$

คิดค่าไฟฟ้า หน่วยละ 4.50 บาท

$$\text{ดังนั้น ต้นทุนค่าไฟฟ้า} = 10 \text{ หน่วย/วัน} \times 4.50 \text{ บาท/หน่วย} \times 60 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 2700 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าแก๊สหุงต้ม

เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องใช้แก๊สหุงต้ม 0.9 กิโลกรัม/ชั่วโมง

เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องใช้เวลาในการทำงานทั้งหมด (ห้องอบอุณหภูมิสูงและห้องอบอุณหภูมิต่ำ)

$$= 10 \text{ ชั่วโมง/วัน}$$

ค่าแก๊สหุงต้ม 30บาท/กิโลกรัม

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนค่าแก๊สหุงต้ม} &= 0.90 \text{ กิโลกรัม/ชั่วโมง} \times 10 \text{ ชั่วโมง/วัน} \times 30 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 60 \text{ วัน/ปี} \\ &= 16,200 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{-ค่าแรงลอกเยื่อ 9 บาท/ก.ก.} &= 9 \text{ บาท/ก.ก.} \times 200 \text{ ก.ก.เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง/วัน} \times 60 \text{ วัน/ปี} \\ &= 108,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- อุปกรณ์บรรจุภัณฑ์

ค่าบรรจุภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้งเท่ากับ 1.5 บาท/กิโลกรัม

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนค่าใช้จ่าย} &= 1.5 \text{ บาท/ก.ก.} \times 200 \text{ ก.ก.เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง/วัน} \times 60 \text{ วัน/ปี} \\ &= 180,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าซ่อมบำรุง

$$\text{คิดคงที่} = 3,000 \text{ บาท/ปี} \quad \text{ตลอดอายุการใช้งาน}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม} &= (2,760,000+48,000+27,000+16,200+108,000+180,000+3,000) \text{ บาท/ปี} \\ &= 3,142,200 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด} = 34,850 + 3,142,200 \text{ บาท/ปี}$$

$$= 3,177,050 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ระยะเวลา 1 ปี เครื่องอบแห้งสามารถทำงานได้} = 200 \text{ กิโลกรัมเนื้อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง/วัน} \times 60 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 12,000 \text{ กิโลกรัมเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง/ปี}$$

$$\text{ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องอบ} = (3,177,050 \text{ บาท/ปี}) / (12,000 \text{ กิโลกรัมเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง/ปี})$$

$$= 264.75 \text{ บาท/กิโลกรัมเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง}$$

2 การคำนวณจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

- ราคาขายผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง 280 บาท/กิโลกรัม

- เครื่องอบแห้งลมร้อนสามารถผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้งได้ 12,000 กิโลกรัม/ปี

$$\text{ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้} = 280 \text{ บาทต่อกิโลกรัม} \times 12,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

$$= 3,360,000 \text{ บาท/ปี}$$

เกษตรกรมีกำไรจากการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน

$$= 3,360,000 - 3,177,050 \text{ บาท/ปี}$$

$$= 182,950 \text{ บาท/ปี}$$

- หาจุดคุ้มทุนจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย

$$\text{ดังนั้นได้ว่า} \quad 280 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times N \text{ กิโลกรัม/ปี} = 264.75 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 12,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

$$N = \text{ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน, กิโลกรัม/ปี}$$

$$= (264.75 \times 12,000) / 280 \quad \text{กิโลกรัม/ปี}$$

$$= 11,346.4 \quad \text{กิโลกรัม/ปี}$$

$$\text{ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อน} = 11,346.4 \quad \text{กิโลกรัม/ปี}$$

$$\text{ประมาณ} = 11,346 \quad \text{กิโลกรัม/ปี}$$

3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องอบแห้งลมร้อน

ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, $\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{ราคาเครื่อง} / \text{มูลค่าเพิ่ม}$

$$= (250,000 \text{ บาท}) / (182,950 \text{ บาท/ปี})$$

$$\text{ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเครื่องอบแห้งลมร้อน} = 1.37 \text{ ปี}$$

$$\text{ประมาณ} = 1 \text{ ปี } 4 \text{ เดือน}$$

4 การคำนวณอัตราผลตอบแทนเงินลงทุนของเครื่องอบแห้งลมร้อน

อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนหาได้จากความสัมพันธ์,

$$\text{อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน} = (\text{มูลค่าเพิ่ม} / \text{ราคาเครื่อง}) \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$= (182,950 \text{ บาท/ปี}) / 250,000 \text{ บาท} \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$\text{ดังนั้นอัตราผลตอบแทนเงินลงทุนของเครื่องอบแห้งลมร้อน} = 73.18 \text{ เปอร์เซ็นต์/ปี}$$