

## รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

-----

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือ  
ตอนบน

2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ  
มะขามป้อม

กิจกรรมที่ 3 : การพัฒนาเครื่องมือแปรรูปสำหรับผลิตภัณฑ์มะขามป้อม

กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -

3. ชื่อการทดลองที่ 3.2 : การพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้สำหรับอบแห้งมะขามป้อม

ชื่อการทดลองที่ 3.2 : Development of fruit dryer for Indian Gooseberry

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นายสนอง อมฤกษ์ ศวศ.ชม.

ผู้ร่วมงาน : นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ ศวศ.ชม.

นายประพัฒน์ ทองจันทร์ ศวศ.ชม.

นายสงกรานต์ กุลชนะพีไล ศวศ.ชม.

5. บทคัดย่อ

โครงการทดสอบและพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้สำหรับอบเนื้อมะขามป้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทดสอบและพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ นำมาอบแห้งเนื้อมะขามป้อมแช่เย็น โดยนำเครื่องต้นแบบจากสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม มาทดสอบ พบปัญหาเรื่องการกระจายลมร้อนไม่สม่ำเสมอ จึงได้ปรับปรุงชุดกระจายลมร้อน ให้กระจายลมร้อนได้ดีขึ้น โดยใช้สกริปโค้ง ด้านล่างของชุดกระจายลมร้อน ทำให้ลมร้อนกระจายตัวได้ดีขึ้น พัฒนาชุดไฟล่อปรับเปลี่ยนจากหัวล่อไฟแก๊ส เป็นชุดเขี้ยวสปาร์คที่ทำงานได้แม่นยำ จากนั้นทำการทดสอบอบแห้งเนื้อมะขามป้อมแช่เย็น ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าสามารถอบเนื้อมะขามป้อมแช่เย็นได้ ใช้อุณหภูมิอบแห้งอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนมะขามป้อมแห้ง จากความชื้นเนื้อมะขามป้อม 70 % มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้นสุดท้าย 29 % มาตรฐานเปียก โดยมีอัตราเนื้อผลสดต่อเนื้อผลแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.46:1

ผลการศึกษาการเก็บรักษาเนื้อมะขามป้อมอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิดได้แก่ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene(PP) ถุงสุญญากาศ และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ตรวจเช็คคุณภาพทุก 2 เดือน พบว่าคุณภาพของเนื้อมะขามป้อมอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง สามารถเก็บรักษาเนื้อมะขามป้อมอบแห้งได้ไม่เกิน 6 เดือน เมื่อบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP ถุงสุญญากาศ และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ โดยที่เนื้อมะขามป้อมอบแห้งยังคงมีค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี คุณภาพต้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และสามารถเก็บรักษาเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 เดือน เมื่อเก็บรักษาเนื้อมะขามป้อมอบแห้งในอุณหภูมิห้องเย็น โดยที่เนื้อมะขามป้อมอบแห้งยังคงมีค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี คุณภาพต้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ พบว่า ถุงพลาสติกชนิด PP มีราคาต่ำสุด จึงมีความเหมาะสมในการเลือกใช้ถุงพลาสติกชนิด PP ซึ่งจะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ นอกจากนี้ การเก็บเนื้อมะขามป้อมอบแห้งในอุณหภูมิห้องเย็นก็สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อมะขามป้อมอบแห้งได้

**คำสำคัญ:** มะขามป้อม,

## **Abstract**

The project of the development and testing of Indian Gooseberry dryer aims to develop a new dryer for Indian Gooseberry by using the old model of fruit dryer of Agricultural Engineering Research Institute. The results of the pre-testing of the old model dryer was shown that the heat unstable flowed. The problem was solved by the unit of hot air distributor developing. The sharp fins were assembled at the lower of hot air distributor. The precision controlled burner was developed. The method of the developed Indian Gooseberry dryer testing was temperature drying at 70 °C until Indian Gooseberry was dried. The primary moisture content of sample was 86% and the final moisture content was 29% within the average drying time 6 hour. The drying proportion of fresh and dried fruit was 1.46:1.

The study of shelf life of dried Indian Gooseberry in 3 types package: Polypropylene plastic (PP) bag, Vacuumed (Vac) bag and Aluminum foil (Al) bag. The method of testing was the quality check every 2 months and 1 year examine. The quality of dried Indian Gooseberry kept at the room temperature warehouse was tested. The results show that the dried Indian

Gooseberry available keep at room temperature for 6 months if was packed with PP vacuumed plastic bag or aluminum foil bag. The moisture, water activity and microbial quality of dried Indian Gooseberry of those Indian Gooseberry are standard index. Meanwhile if was kept in the refrigerator within the same package material, it can be reserved at least 10 months with a good condition. However if we consider on the costs of the package. PP plastic bag is the lowest, so we suggest to select the PP plastic bag for the package material using. Because of the low costs and a good quality for dried Indian Gooseberry reservation.

**Keywords:** Indian Gooseberry, Dryer

## 6. คำนำ

มะขามป้อม (Indian Gooseberry) มีลักษณะ ผลกลม ผิวเรียบ สีเขียวอ่อนค่อนข้างใส มีเส้นพาดตามยาว 6 เส้น เมล็ดภายในสีเขียวเข้ม เนื้อฉ่ำน้ำ รสฝาดเปรี้ยว ขม อมหวาน และมะขามป้อม 1 ผล จะมีวิตามินซีสูงเทียบเท่าส้มสดถึง 2 ผล มะขามป้อมจึงจัดอยู่ในอันดับต้น ๆ ของผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง ทั้งยังมีสารป้องกันการเกิดออกซิไดซ์วิตามินซี วิตามินซีจึงคงตัวอยู่ได้นาน ส่วนสารกลุ่มแทนนิน ชื่อ Empliganins A และ B ที่มีอยู่ในมะขามป้อมมีฤทธิ์เหมือนวิตามินซี มีสรรพคุณทางยาทั้งผลสดและผลแห้ง ช่วยแก้ไอและขับเสมหะ รากนำมาต้มน้ำดื่มแก้ไข้ ([prayod.com/มะขามป้อม-malacca-tree/](http://prayod.com/มะขามป้อม-malacca-tree/), 7/8/2560)

มะขามป้อมเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้น ขนาดกลาง สูง 8 - 20 เมตร เปลือกนอกสีน้ำตาลอมเทา ใบมีขนาดเล็ก กว้าง 2-3 มม. ยาว 0.8-1.2 ซม. ดอกมีขนาดเล็กแยกเพศติดตามกิ่งก้าน บริเวณโคนกิ่งจะเป็นกระจุกของดอกเพศผู้ ส่วนบนมีดอกเพศเมียออกเดี่ยวๆ ก้านดอกย่อยยาว 0.5-0.6 มม. ผลมีลักษณะกลม ผิวเรียบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 ซม. ผลแก่จะมีสีเขียวอมเหลือง ผิวใส ชุ่มน้ำ มีรสเปรี้ยวและฝาด ชั้นหุ้มเมล็ดแข็ง 3 หน่วย แต่ละหน่วยหุ้ม 2 เมล็ด พบตามป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าสนผสมก้อ ความสูงตั้งแต่ใกล้ระดับน้ำทะเลจนถึงประมาณ 1,500 เมตร ออกดอกและเป็นผลระหว่าง เดือน มกราคม-สิงหาคม (<http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=258>, 7/8/2560)

การแปรรูปมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้ง เริ่มจากนำผลมะขามป้อมสดมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า แล้วทำการปีบด้วยที่ปีบกล้วย เมื่อปีบเสร็จให้นำมะขามป้อมไปแช่น้ำสะอาดเพื่อป้องกันการเกิดสีดำ นำมะขามป้อมมาลวกในน้ำเดือดประมาณ 5 นาที ตักขึ้นแช่น้ำเย็น ทำประมาณ 3 ครั้ง เพื่อลดรสฝาด จากนั้นทำน้ำเชื่อมโดยใส่น้ำน้ำตาล เกลือป่น ต้มให้เดือด แล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น นำมะขามป้อมใส่ภาชนะแช่ แล้วเอาน้ำเชื่อมใส่ให้ท่วมมะขามป้อม เก็บรักษาไว้ในห้องเย็น 3-5 องศาเซลเซียส รุ่งขึ้นเอามะขามป้อมออกจากน้ำเชื่อม แล้วเอาน้ำเชื่อมมา

อุ่นและเพิ่มน้ำตาล พอน้ำเชื่อมเดือด แล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเทน้ำเชื่อมใส่มะขามป้อม ทำทุกวันประมาณ 3-4 วัน และนำมะขามป้อมที่แช่อิ่มได้ที่แล้วไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 6-8 ชั่วโมง (จากการสอบถามกลุ่มเกษตรกรในเขตจังหวัดแพร่) ซึ่งในขั้นตอนการอบแห้งยังไม่มีเครื่องอบแห้งมะขามป้อมโดยตรง เกษตรกรยังใช้เครื่องอบแห้งผลไม้ หรือเครื่องอบแห้งที่มีอยู่มาปรับใช้และสังเกตดูสีและลักษณะเนื้อสัมผัส ดังนั้นการพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้สำหรับอบแห้งมะขามป้อม จึงเป็นแนวทางที่จะได้วิธีการอบแห้งที่เหมาะสมและผลิตผลที่ได้มีคุณภาพ ตลอดจนการศึกษาวិธีการเก็บรักษาให้เหมาะสมเพื่อยืดอายุสินค้า ทำให้สินค้ามีมาตรฐานเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

## 7. วิธีดำเนินการ

### - อุปกรณ์

เครื่องอบแห้ง  
มะขามป้อม  
ตาชั่ง  
เครื่องวัดอุณหภูมิ

### - วิธีการ

1. ศึกษาวิธีปฏิบัติของเกษตรกร
2. ศึกษาเครื่องมือที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันและนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาเครื่อง
3. นำเครื่องต้นแบบจากสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ซึ่งเป็นเครื่องอบแห้งผลไม้สำหรับ นำมาทดสอบอบแห้งมะขามป้อมในเบื้องต้น หาสภาวะที่เหมาะสมกับการอบมะขามป้อม (ปริมาณลมร้อน การกระจายตัวของลมร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสม ปริมาณการอบหรือจำนวนชั้นการอบ)
4. สร้างต้นแบบเครื่อง
5. ทดสอบและปรับปรุงเครื่องอบแห้งมะขามป้อม
6. ทดสอบการทำงานของเครื่องกับกลุ่มเกษตรกรในเขตจังหวัดแพร่ และเชียงใหม่
7. ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ
8. ทดสอบเครื่องต้นแบบในการใช้งานระยะยาว
9. เผยแพร่การใช้งานกับกลุ่มเกษตรกร และหน่วยงานของรัฐ
10. วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้เครื่องมือที่ออกแบบเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกร
11. การศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษามะขามป้อมอบแห้ง

วางแผนการทดลองแบบ Split plot Design จำนวน 7 ซ้ำ โดย Main plot คือ การบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) ถุงสุญญากาศและถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 4x6 นิ้ว ขนาดบรรจุ 50 กรัม Subplot คือ อายุการเก็บรักษา 7 ระยะ คือ 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 เดือน

เก็บรักษามะขามป้อมอบแห้งที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) ใช้ระยะเวลา 12 เดือน และทำการสุ่มตัวอย่างทุก 2 เดือน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าแอสเอร์แอกทิวิตี ค่าสี

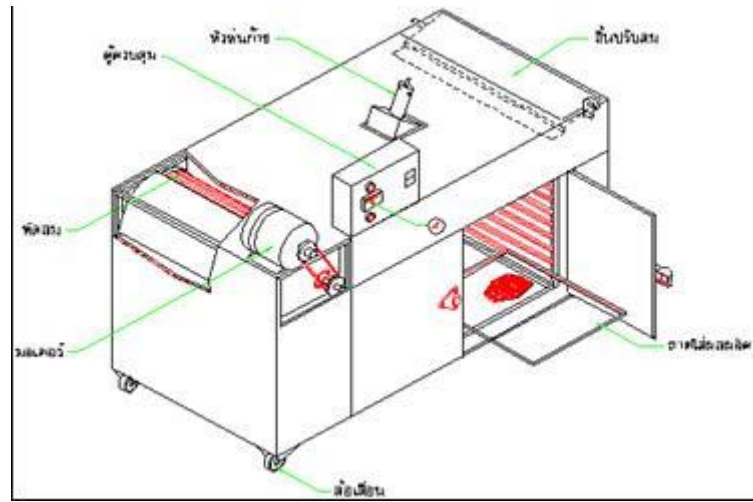
- เวลาและสถานที่

- ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2558 – กันยายน 2560
- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่ จ.แพร่

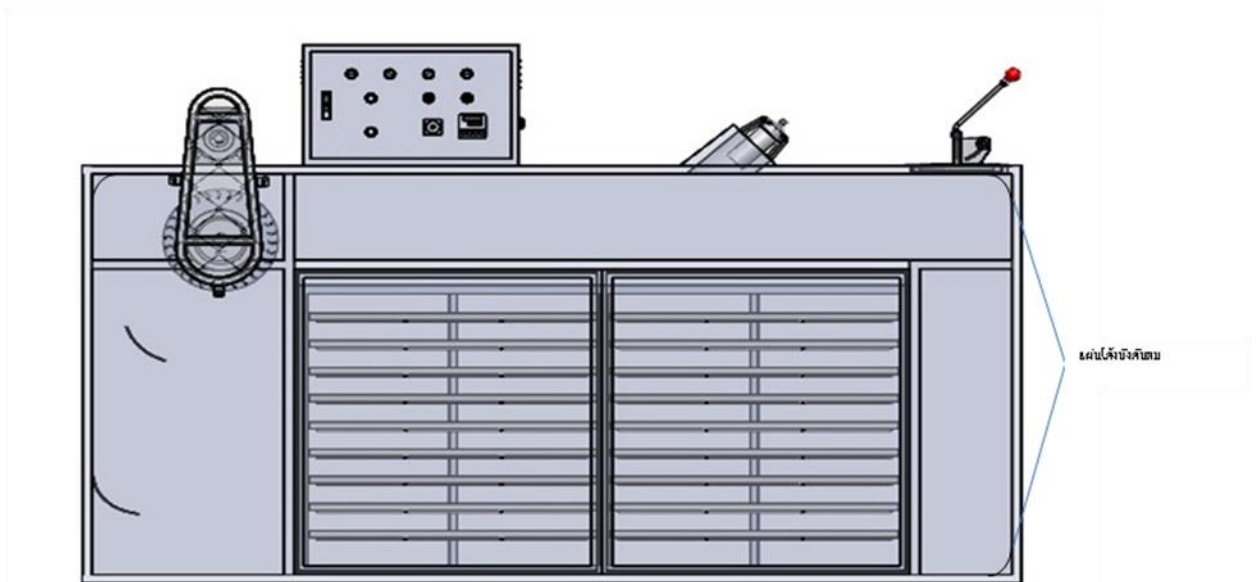
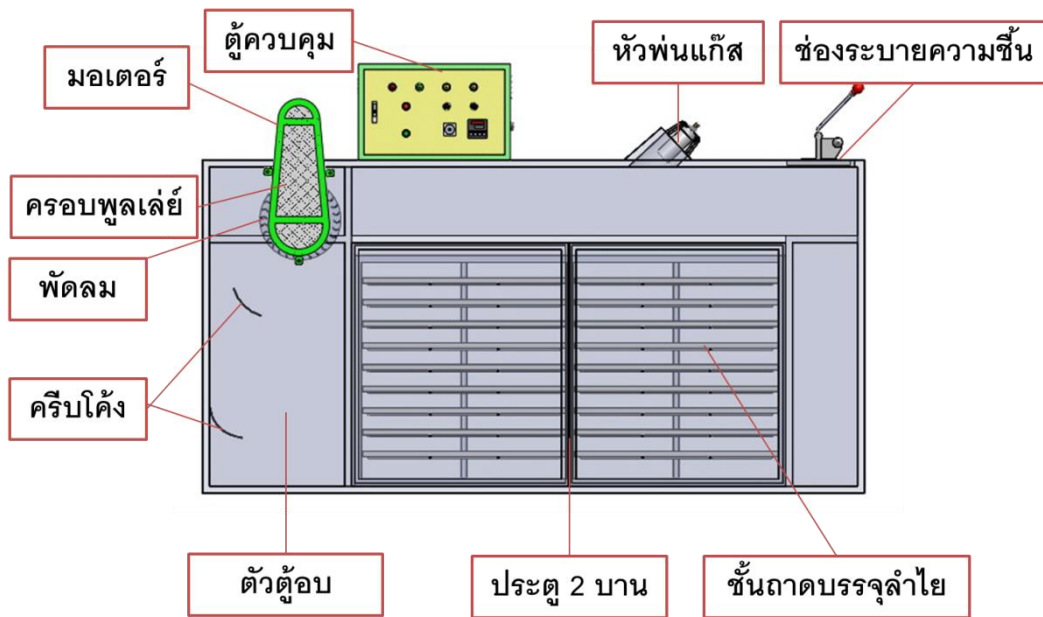
## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

เครื่องต้นแบบ โครงสร้างทำจากเหล็ก แต่อุปกรณ์ที่อยู่ภายในห้องอบแห้งทำจากสแตนเลส ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ ขับพัดลมซึ่งเป็นแบบไหลตัดแนวแกน (พัดลมโพรงกระรอก กว้าง 30 ซม. ยาว 100 ซม.) ให้กำลังลมแรงที่รอบต่ำความเร็วรอบใบพัด 617 รอบ / นาที เพิ่มขนาดเพลาลูกเบี้ยวจากเดิม 1 นิ้ว (เมื่อการสั่นเมื่อใช้งานนานๆ) เปลี่ยนเป็น 1 นิ้ว 2 หุน ออกแบบภาตใส่ผลผลิตให้มีแข็งแรงทนทาน ทำด้วยสแตนเลส ขนาด 75 X 100 ซม. จำนวน 18 ภาตขนาดตู้อบ 1220 X 2440 X 1220 มม. ชุดจุดก๊าซระบบอัตโนมัติ ใช้คอยล์ และชุดเชื่อมสปาร์ค สามารถตั้งเวลาการจุดประกายไฟได้ตามต้องการและแสดงอุณหภูมิภายในตู้อบมองเห็นได้สะดวก และชัดเจน และมีล้อเลื่อน 4 ล้อติดอยู่ที่ฐานตู้ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกและได้ออกแบบเพิ่มครีบอกังด้านหัวและท้ายเครื่องช่วยให้การกระจายลมร้อนได้ดีขึ้น (ดังภาพที่ 5)

วิธีปฏิบัติของเกษตรกร คือ ตากมะขามป้อมไว้กลางแดด ซึ่งใช้เวลานาน 4-5 วัน จึงจะแห้ง และอาจมีเชื้อราปนเปื้อนได้ง่าย มีสีคล้ำ และทำให้ผลผลิตเสียหาย



ภาพที่ 4 ร่างต้นแบบเครื่องอบแห้งมะขามป้อม พัฒนาจากเครื่องของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม



ภาพที่ 5 แบบเครื่องอบแห้งมะขามป้อมที่เพิ่มคริปโค้งด้านหัวและท้ายเครื่องช่วยให้การกระจายลมร้อนได้ดีขึ้น

พัฒนาชุดไฟล่อ ปรับเปลี่ยนจากหัวล่อไฟแก๊สเป็นชุดเขี้ยวสปาร์คที่ทำงานได้แม่นยำ ช่วยประหยัดแก๊ส และลดปัญหาเขม่าควันจากไฟล่อ นอกจากนี้ยังจัดทำชุดคอนโทรลใหม่ให้ง่ายกับการใช้งาน มีชุดควบคุมอุณหภูมิที่ตัดต่อการทำงานระบบเชื้อเพลิงละเอียดที่ 1 องศาเซลเซียส มีกล่องควบคุมการสปาร์คที่มีเซ็นเซอร์ หยุดสปาร์คเมื่อไฟหัวพ่นติด และจะตัดการทำงานหากสปาร์คเกิน 15 วินาที เมื่อไฟยังไม่ติดซึ่งอาจเกิดจากโซลินอยด์วาล์วมีปัญหาหรือท่อทางแก๊สตัน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องต้นแบบเครื่องอบแห้งมะขามป้อม

ชุดโครงถาดจากเดิมเป็นโครงจุดเดี่ยวใส่ถาดสองข้าง ทำให้เคลื่อนย้ายออกยากและไม่แข็งแรง จึงได้แยกชุดโครงออกเป็น 2 ชุด ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย และแข็งแรง นอกจากนี้ชุดถาด ชุดโครงวางถาด ฝาบุข้างใน เปลี่ยนเป็นสแตนเลสทั้งหมด

สุดท้ายได้สร้างเครื่องและพัฒนาเครื่องอบผลไม้ให้สามารถอบแห้งสินค้าได้จนสำเร็จและได้ดำเนินการทดสอบการใช้งาน จนสามารถใช้งานได้ดี ดังภาพที่ 7 จากนั้นนำไปทดสอบเครื่องต้นแบบกับกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดแพร่





ภาพที่ 7 เครื่องต้นแบบอบแห้งมะขามป้อม

ผลการทดสอบเครื่องอบแห้งมะขามป้อม อบ 1 ครั้งจำนวนถาด 10 ชั้นถาด น้ำหนักของผลมะขามป้อม ถาดละ 7 กิโลกรัม รวม 70 กิโลกรัม ต่อ ครั้ง ใช้เวลาอบแห้ง 6 ชั่วโมง น้ำหนักเหลือ 48 กิโลกรัม สิ้นเปลืองแก๊ส 2.6 กิโลกรัม ค่าไฟฟ้า 4.467 หน่วย (ภาพที่ 8)

สำหรับสภาวะการอบแห้งมะขามป้อมที่เหมาะสมคืออบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากน้ำหนักเริ่มต้น 70 กิโลกรัม เหลือน้ำหนักสุดท้าย 48 กิโลกรัม หรือมีสัดส่วน น้ำหนักสด:น้ำหนักแห้ง เท่ากับ 1.46:1



ภาพที่ 8 การทดสอบเครื่องอบแห้ง มะขามป้อม

### ผลการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และสถานะในการเก็บรักษามะขามป้อมแช่ฮีโมบแห้ง

ทำการบรรจุเนื้อมะขามป้อมแช่ฮีโมบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด บรรจุขนาด 100 กรัม (ดังภาพที่ 9-10) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้องเย็น (4-8 องศาเซลเซียส) ทำการสุ่มตัวอย่างทุก 2 เดือน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ วางแผนการทดลองแบบ Split plot โดย Main plot จัดเรียง treatment เป็น RCB จำนวน 5 ซ้ำ กำหนดให้

Main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่

- ถุงพลาสติกชนิด PP (Polypropylene) (ความหนา 76.2 ไมโครเมตร)
- ถุงสุญญากาศ (ไนลอน/พอลิเอทิลีน, ความหนา 84 ไมโครเมตร) และ
- ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์(พอลิเอทิลีนเทเรฟธาเลท/อะลูมิเนียม/พอลิเอทิลีน, ความหนา 119 ไมโครเมตร)

Sub plot คือ อายุการเก็บรักษา7 ระดับ คือ 0, 2, 4, 6, 8,10 และ 12 เดือน

ทำการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ค่าสี คุณภาพด้านจุลินทรีย์

Total Plate Countไม่เกิน  $1 \times 10^5$ cfu/g

Yeast ไม่เกิน  $1 \times 10^4$ cfu/g

Molds ไม่เกิน 500 cfu/g

*Escherichia coli* น้อยกว่า 3 MPN/g



ภาพที่ 9 การบรรจุมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด PP(PP)ถุงสุญญากาศ (Vac)และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์(AL)



ภาพที่ 10 มะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้ง ที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน

## คุณภาพของมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า ความชื้นของมะขามป้อมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ตารางที่ 1) เมื่อเก็บรักษามะขามป้อมเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีค่าใกล้เคียงกับที่ระยะเวลา 4 เดือน และที่อายุการเก็บรักษา 10 เดือน มะขามป้อมมีความชื้นอยู่ในช่วง 29.38-29.50 % มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีอยู่ในช่วง 0.683-0.690 สำหรับค่าสี พบว่า มะขามป้อมที่อายุการเก็บรักษา 2 เดือน มีค่าสี L\* (ความสว่าง) a\* (สีแดง-สีเขียว) และ b\* (สีเขียว-สีน้ำเงิน) ใกล้เคียงกับมะขามป้อมที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน เมื่อเก็บรักษา มะขามป้อมอบแห้งเป็นเวลานานขึ้น ค่าสี L\* มีค่าลดลง (ตารางที่ 2) ทำให้มะขามป้อมมีสีเข้มขึ้น (ภาพที่ 11) คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ความชื้น (%)			ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี		
	ถุง PP	ถุง Vac	ถุง Al	ถุง PP	ถุง Vac	ถุง Al
0	27.72	27.72	27.72	0.690	0.690	0.690
2	28.36	29.36	27.46	0.682	0.689	0.689
4	29.70	29.94	28.13	0.697	0.717	0.696
6	29.66	29.53	28.26	0.694	0.694	0.690
8	29.24	29.71	28.93	0.699	0.682	0.686
10	29.48	29.38	29.50	0.690	0.683	0.684

ตารางที่ 2 ค่าสี L\* a\* b\* ของมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

อายุการเก็บ รักษา (เดือน)	L*			a*			b*		
	ถุง PP	ถุง Vac	ถุง Al	ถุง PP	ถุง Vac	ถุง Al	ถุง PP	ถุง Vac	ถุง Al
0	44.95	44.95	44.95	3.06	3.06	3.06	6.32	6.32	6.32
2	43.33	42.47	43.96	3.05	3.24	2.84	5.71	5.67	5.39
4	36.65	36.85	37.36	2.82	2.87	2.81	-0.02	0.38	0.76
6	36.60	36.73	37.24	2.29	2.31	2.36	-0.68	-0.72	-0.33
8	37.06	36.94	37.08	2.54	2.51	2.52	-1.74	-1.63	-1.30
10	37.04	36.70	37.62	3.50	3.28	3.43	0.72	-0.46	0.41

2 เดือน



4 เดือน



6 เดือน



8 เดือน





## คุณภาพของมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเย็น

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 เดือน พบว่า ความชื้นของมะขามป้อมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าวอเตอร์แอกทिवิตีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ตารางที่ 4) ค่าสี L\* ลดลง (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 12) คุณภาพต้านจุลินทรีย์ของมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 6)

### ตารางที่ 4 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทिवิตีของมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเย็น

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ความชื้น (%)			ค่าวอเตอร์แอกทिवิตี		
	ถุง PP	ถุง Vac	ถุง Al	ถุง PP	ถุง Vac	ถุง Al
0	27.72	27.72	27.72	0.690	0.690	0.690
2	28.94	28.79	27.30	0.698	0.693	0.690
4	29.58	29.35	29.13	0.708	0.703	0.708
6	29.42	29.19	28.97	0.694	0.693	0.693
8	29.38	29.14	28.93	0.698	0.706	0.691
10	29.81	29.71	28.72	0.696	0.695	0.692

ตารางที่ 5 ค่าสี L\* a\* b\* ของมะขามป้อมแช่อิ่มอบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเย็น

อายุการเก็บ รักษา (เดือน)	L*			a*			b*		
	ถุง PP	ถุง Vac	ถุง Al	ถุง PP	ถุง Vac	ถุง Al	ถุง PP	ถุง Vac	ถุง Al
0	44.95	44.95	44.95	3.06	3.06	3.06	6.32	6.32	6.32
2	43.95	43.49	44.46	2.74	2.72	2.93	5.78	5.27	6.17
4	38.40	37.83	38.37	2.30	2.32	2.10	1.81	1.31	1.44
6	38.46	38.42	38.59	1.91	1.97	1.84	0.98	1.05	1.08
8	38.36	38.68	38.26	2.20	2.24	2.08	0.11	0.48	0.04
10	39.08	39.85	39.40	2.69	2.52	2.84	5.40	5.18	2.98



2 เดือน



4 เดือน



6 เดือน



8 เดือน



10 เดือน



ถุง PP

ถุง Vac

ถุง AL

ภาพที่ 12 มะขามป้อมแช่อบแห้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเย็น ที่อายุการเก็บรักษา 2 และ 10 เดือน

ตารางที่ 6 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของมะขามป้อมแช่อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็น

คุณภาพจุลินทรีย์	ชนิดบรรจุภัณฑ์	อายุการเก็บรักษา (เดือน)						
		0	2	4	6	8	10	
Yeast (CFU/g)	ถุง PP	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
	ถุงVac	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
	ถุง AL	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Molds (CFU /g)	ถุง PP	<10	<10	<10	<10	<10	<10	อยู่ระหว่าง การ วิเคราะห์
	ถุงVac	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
	ถุง AL	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	ถุง PP	<3	<3	<3	<3	<3	<3	
	ถุงVac	<3	<3	<3	<3	<3	<3	
	ถุง AL	<3	<3	<3	<3	<3	<3	
Total Plate Count (CFU /g)	ถุง PP	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
	ถุงVac	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
	ถุง AL	<10	<10	<10	<10	<10	<10	

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการนำเครื่องอบแห้งผลไม้มาอบแห้งเนื้อมะขามป้อม ผลการทดสอบพบว่าสามารถอบเนื้อมะขามป้อมได้ โดยใช้อุณหภูมิอบแห้งเริ่มต้นอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนมะขามป้อมแห้งต้องสลับชั้นถาดทุกสองชั่วโมง จากความชื้นเนื้อมะขามป้อม 70 % มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้นสุดท้าย 29 % มาตรฐานเปียกโดยมีอัตราผลสดต่อผลแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.46:1

จากการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อมะขามป้อมอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องพบว่า สามารถเก็บเนื้อมะขามป้อมอบแห้งในอุณหภูมิห้องโดยบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP ถุงสุญญากาศ และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ได้ไม่

เกิน 6 เดือน โดยที่เนื้อมะขามป้อมอบแห้งยังคงมีค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี คุณภาพด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับการเก็บรักษาเนื้อมะขามป้อมอบแห้งในอุณหภูมิห้องเย็นสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 10 เดือน โดยที่เนื้อมะขามป้อมอบแห้งยังคงมีค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี คุณภาพด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อพิจารณาต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ วัสดุพลาสติกชนิด PP มีราคาต่ำสุด การเลือกใช้วัสดุพลาสติกชนิด PP จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ นอกจากนี้ การเก็บเนื้อมะขามป้อมอบแห้งในอุณหภูมิห้องเย็นก็สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อมะขามป้อมอบแห้งได้

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 เกษตรกรสามารถนำเครื่องต้นแบบเครื่องอบแห้งมะขามป้อมไปใช้ได้

10.2 เผยแพร่ ด้วยการบรรยายและสาธิตการใช้งานเครื่องอบแห้งมะขามป้อม ให้กับกลุ่มเกษตรกรและหน่วยงานของรัฐ ในเขตจังหวัดแพร่

## 11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ กลุ่มเกษตรกรในเขตจังหวัดแพร่ที่ให้ความช่วยเหลือในการประสานงาน การปฏิบัติงานในการทดสอบเครื่องต้นแบบในพื้นที่และให้คำแนะนำเป็นอย่างดีจนงานนี้แล้วเสร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่ กรมวิชาการเกษตร ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

## 12. เอกสารอ้างอิง

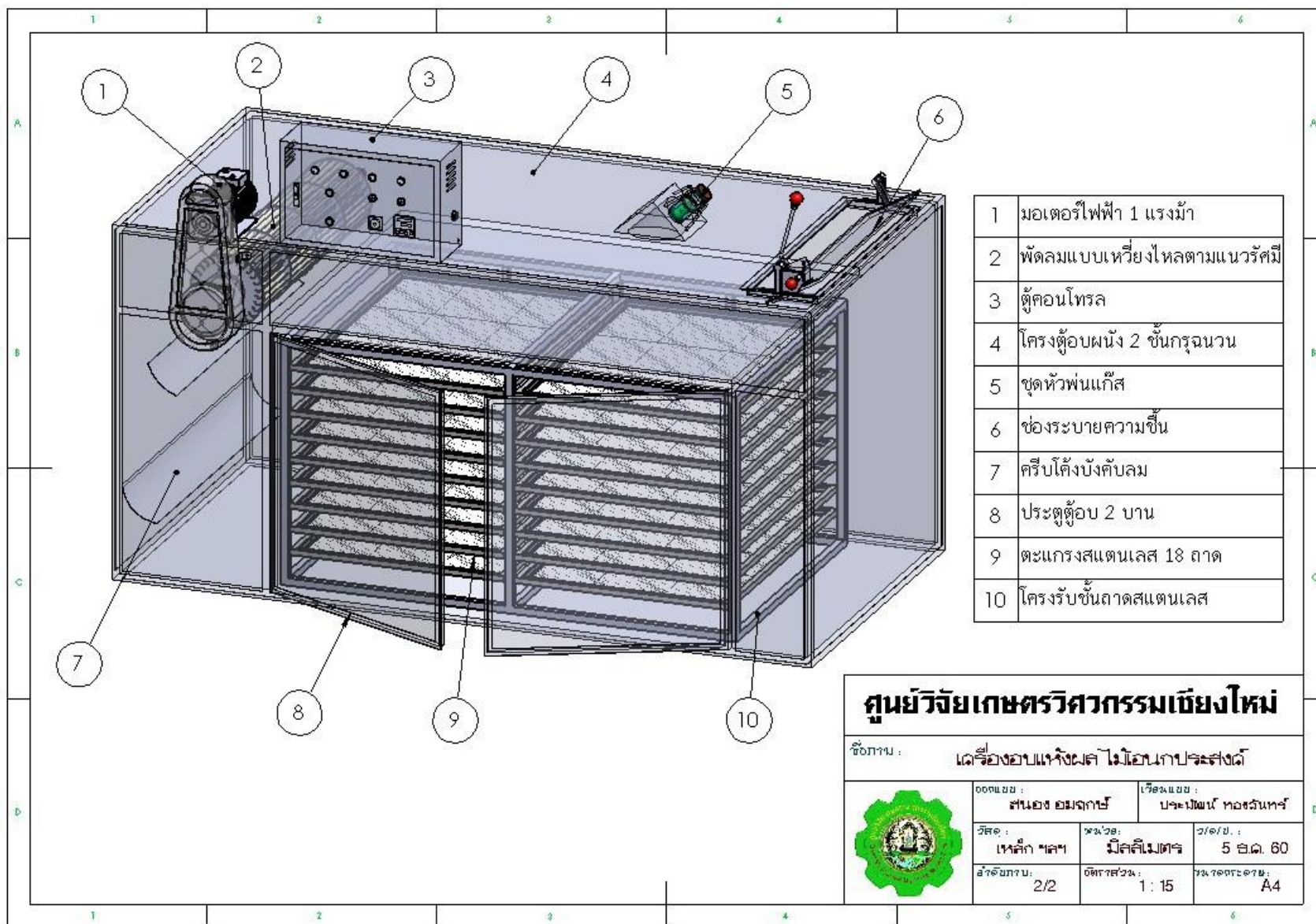
นิรนาม. 2556, มะขามป้อม (ออนไลน์) แหล่งที่มา : [prayod.com/มะขามป้อม-malacca-tree/](http://prayod.com/มะขามป้อม-malacca-tree/), 7/8/2560

ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, มะขามป้อม (ออนไลน์) แหล่งที่มา :

<http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=258> , 7/8/2560)

### 13. ภาคผนวก

แบบเครื่องอบแห้งมะขามป้อม



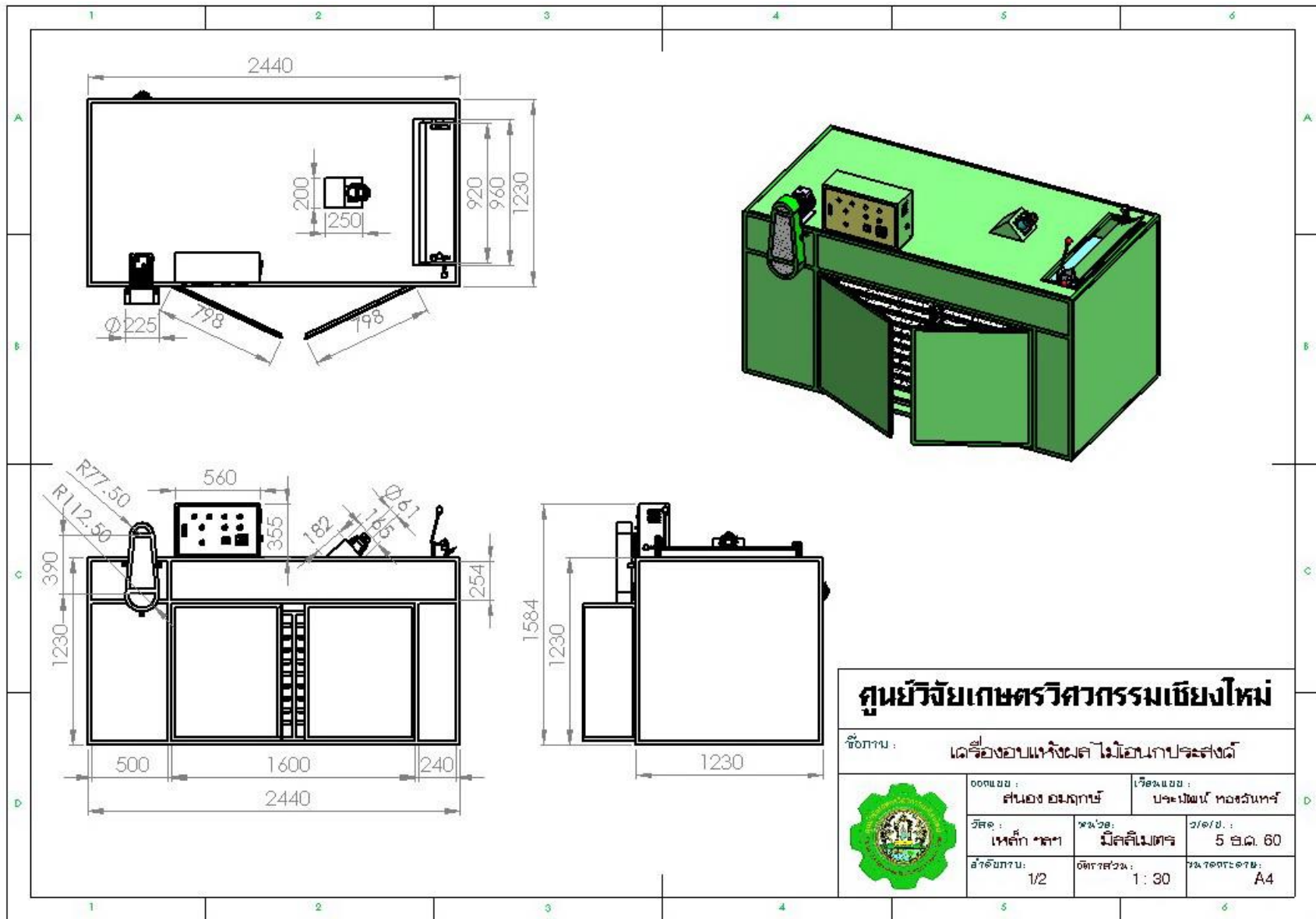
1	มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า
2	พัดลมแบบเหวี่ยงไหลตามแนวรัศมี
3	ตู้คอนโทรล
4	เครื่องสูบลม 2 ชั้นกรูจนวน
5	ชุดหัวพันแก๊ส
6	ช่องระบายความชื้น
7	ครีบบังคับกลับลม
8	ประตุสูบลม 2 บาน
9	ตะแกรงสแตนเลส 18 ถาด
10	เครื่องรับชั้นถาดสแตนเลส

### ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

ชื่อภาพ : เครื่องอบแห้งผลไม้โอบนึ่งประสงค์



ออกแบบ :	สนอง อมฤกษ์	เรื่อง :	ประวิทย์ ทองจันทร์
วัสดุ :	เหล็ก ๓๐๔	ขนาด :	มีตติเมตร
จำนวน :	2/2	อัตราส่วน :	1 : 15
		ขนาดกระดาษ :	5 ซม. 60
		ขนาดกระดาษ :	A4



## ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

ชื่อภาพ : เครื่องอบแห้งผลไม้ไม้อ่อนกปรกสด



ออกแบบ :	ศันอง อมฤกษ์	เรื่องแบบ :	ประวิวัฒน์ ทองจันทร์
วัสดุ :	เหล็ก ๓๐๓	ขนาด :	มีคี่เมตร
ส่วนประกอบ :	1/2	อัตราส่วน :	1 : 30
		วันที่ :	5 ธ.ค. 60
		ขนาดกระดาษ :	A4