บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของงานวิจัย

ประเทศไทย เป็นประเทศที่มีภาคเกษตรกรรมเป็นส่วนสำคัญของโครงสร้างทางเศรษฐกิจ มีผลผลิตจากพืชสวนหลายชนิดตลอดฤดูกาล โดยเฉพาะกล้วยน้ำว้า ถือว่าเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีอยู่ทุกพื้นที่ของประเทศไทย ในปัจจุบันปัญหาของชาวสวนกล้วยน้ำว้า คือ ผลผลิตที่ออกมาเป็นจำนวนมากในแต่ละฤดู และถูกจำกัดด้วยเวลาในการจำหน่ายซึ่งส่งผลให้จำหน่ายได้ในราคาต่ำ และผลไม้เกิดการเน่าเสียเป็นจำนวนมาก ชาวสวนจึงได้แก้ปัญหาด้วยการแปรรูปผลไม้ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การอบแห้ง หรือการตากแห้งกลางแจ้ง ถือเป็นการแปรรูปวิธีหนึ่งที่ทำได้ง่าย แต่มีปัญหาด้านสุขลักษณะการผลิต ไม่ว่าจะเป็นผลผลิตสัมผัสฝุ่นละอองระหว่างการตากแห้ง มีแมลงวันตอม มีเชื้อจุลินทรีย์ เกิดเชื้อรา ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เก็บได้ไม่นาน และไม่สามารถส่งไปขายยังส่วนต่างๆ ของประเทศได้อย่างทั่วถึง เนื่องจากการขาดเทคโนโลยีในการผลิตและพัฒนาคุณภาพ เพราะการผลิตกล้วยน้ำว้าตากแห้งด้วยวิธีธรรมชาติขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศ เช่น ไม่สามารถตากแห้งในฤดูฝน หรือ ฤดูหนาวได้

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้เป็นการพัฒนาตู้อบแห้งกล้วยน้ำว้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เดิม โดยให้ความร้อนร่วมกับความร้อนจากแหล่งอื่นๆ เช่น พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม เพื่อพัฒนาขั้นตอนการผลิตให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตให้สั้นลง และสามาระผลิตสินค้าอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปีอย่างมีประสิทธิภาพ อันก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงพานิชย์ได้ต่อไป

1.2 ประเภทเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

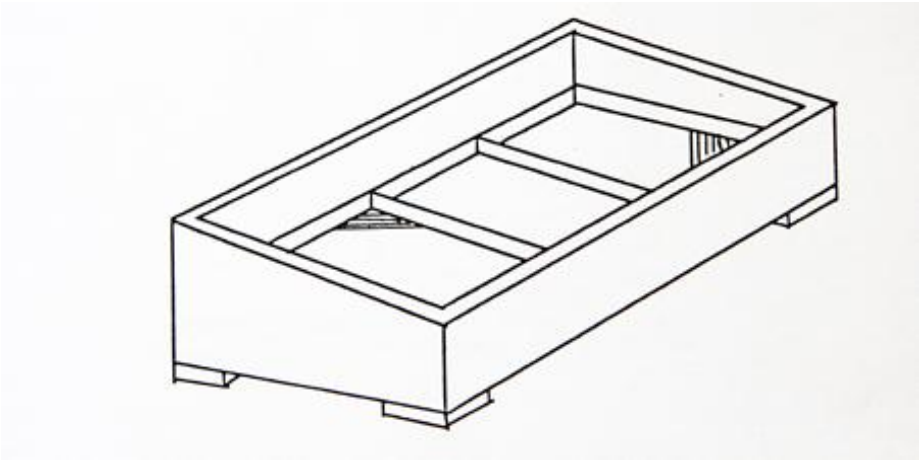
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อาจแบ่งตามการไหลของกระแสอากาศภายในเครื่องอบแห้ง ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบบังคับ (Forced convection solar dryer) ซึ่งเครื่องอบแห้งชนิดนี้จะใช้พัดลมเป็นตัวขับอากาศให้ไหลภายในเครื่องอบแห้ง

2. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมชาติ (Free convection solar dryer) เครื่องอบแห้งชนิดนี้อาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งให้เกิดการหมุนเวียน เพื่อช่วยถ่ายเทความชื้น ซึ่งเหมาะกับการอบแห้งขนาดเล็ก และมีการลงทุนต่ำ

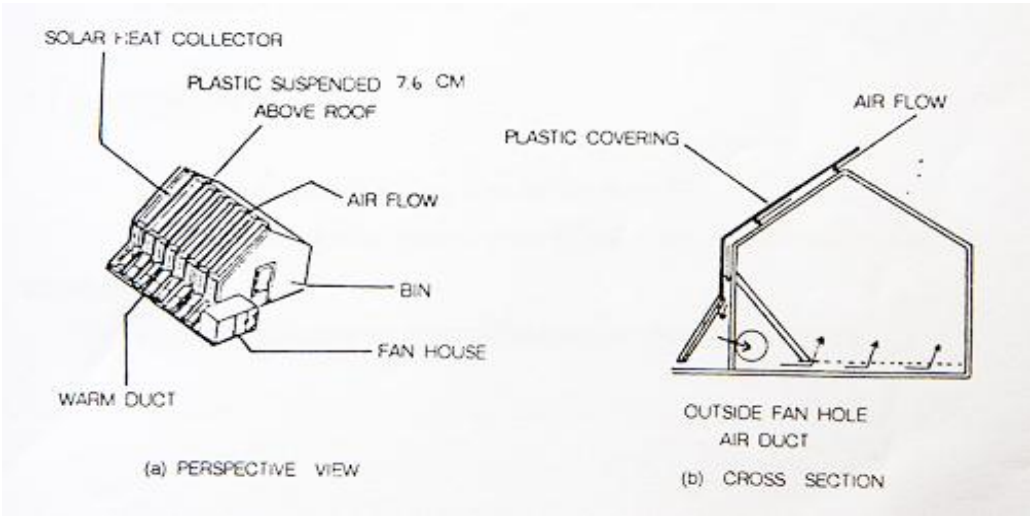
เมื่อพิจารณาตามลักษณะการรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ของผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้ง ประกอบกับลักษณะการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ Bansal, Bansal และ Grag [1] ได้รวบรวมเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดต่างๆที่มีการสร้างขึ้นและเสนอว่าควรแบ่งเป็นประเภทได้ดังนี้

1. เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานโดยตรง (Direct mode solar dryer) เครื่องอบแห้งประเภทนี้ใช้วัสดุใสทำเป็นหลังคา ซึ่งรังสีแสงอาทิตย์จะทะลุผ่านหลังคาไปยังผลิตภัณฑ์โดยตรง ดังรูปที่ 1.1



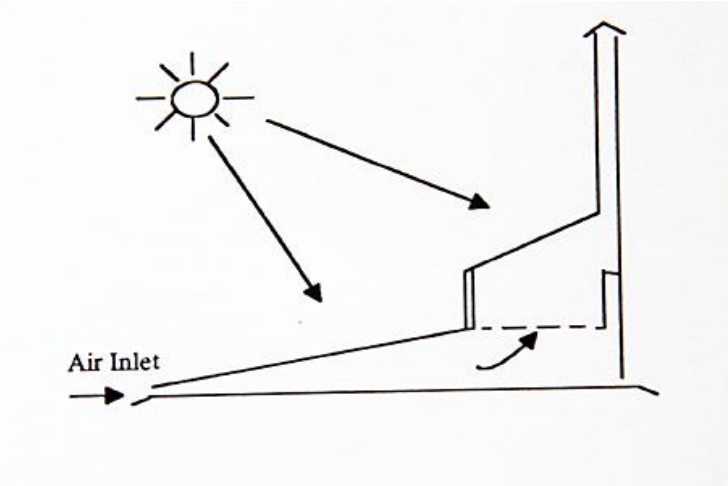
รูปที่ 1.1 เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานโดยตรง

2. เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Indirect mode solar dryer) เครื่องอบแห้งประเภทนี้จะประกอบด้วย ตัวทำอากาศร้อนด้วยรังสีแสงอาทิตย์ (Solar air heater) พัดลม (Fan) หรือ โบลว์เออร์ (Blower) ห้องอบแห้ง (Drying Chamber) รังสีแสงอาทิตย์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนโดยตัวทำอากาศร้อน แล้วถูกเป่าไปยังห้องอบแห้งด้วยพัดลมหรือโบลว์เออร์เพื่อถ่ายเทความร้อนไปยังตัวผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม

3. เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม (Mixed mode solar dryer) เครื่องอบแห้งประเภทนี้เกิดจากการพัฒนาเอาเครื่องอบแห้ง 2 ชนิดที่กล่าวมาข้างต้นมารวมกัน ผลิตภัณฑ์จะได้รับความร้อนจากสองส่วน คือ ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง และได้รับความร้อนที่มาจากตัวทำอากาศร้อน ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 เครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมร่วมกับพลังงานความร้อนจากแหล่งอื่น เช่น ความร้อนจากก๊าซหุงต้ม
2. ศึกษาผลของการกระจายอุณหภูมิของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมต่อคุณภาพของกล้วยอบแห้ง

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาผลของการกระจายอุณหภูมิของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมต่อคุณภาพของกล้วยอบแห้ง ในช่วงอุณหภูมิการอบแห้งที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส
2. ใช้กล้วยน้ำว้าจากอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน เป็นผลิตภัณฑ์ในการอบแห้ง
3. ใช้ก๊าซ LPG เป็นแหล่งความร้อนร่วมในการอบแห้งในช่วงที่อุณหภูมิของตู้อบแห้งไม่สม่ำเสมอ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลสรุปจากงานวิจัยสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในการพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วม เพื่อให้เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ของสินค้าชุมชนชนิดอื่นๆ ต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎี และบทสำรวจเอกสาร

2.1 ทฤษฎีการอบแห้ง [2]

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้น โดยส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้อาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย โดยปกติจะใช้ความชื้นเป็นตัวบงบอกปริมาณของน้ำที่อยู่ในวัสดุ ซึ่งสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ชื้น โดยมีสมการดังนี้

$$M_w = \left[\frac{w-d}{w}\right] \times 100$$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง โดยมีสมการดังนี้

$$M_d = \left[\frac{w-d}{d}\right] \times 100$$

โดยที่ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก
M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง
w คือ น้ำหนักเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์
d คือ น้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง

โดยทั่วไปการอบแห้งวัสดุสามารถแบ่งออกเป็น ช่วงคือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าสูงกว่าความชื้นวิกฤติที่ผิวของวัสดุมีน้ำอยู่จำนวนมาก เมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุ การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุ ช่วงนี้อุณหภูมิผิวของวัสดุอบแห้งและอัตราการอบแห้งจะมีค่าคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤติ เมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุ น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือไอน้ำและน้ำที่ผิวจึงจะระเหยไปกับอากาศ

2.2 หลักการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [2]

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการอบแห้งผลผลิตโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อระเหยน้ำออกจากผลิตผลซึ่งอาศัยการพาความร้อน สามารถแบ่งการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนได้เป็น 2 แบบ คือ แบบการพาความร้อนตามธรรมชาติ ซึ่งอาศัยแรงลอยตัวเนื่องจากการพาความร้อน และแบบการพาความร้อนแบบบังคับอากาศ ซึ่งอาศัยแรงดันจากพัดลมในการพาความร้อนไปยังผลผลิต
เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วไปประกอบด้วย ส่วนหลักๆ คือ

1. ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar collector) มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นความร้อน เพื่อใช้แลกเปลี่ยนความร้อนให้อากาศที่ดูดเข้ามาให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนที่จะไหลเข้าสู่ห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทั่วไปการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีอาทิตย์สามารถหาได้จากสมการ

$$\eta = \frac{mc_p\Delta T}{I_T A} \times 100$$

โดยที่ η คือ ค่าประสิทธิภาพของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์
m คือ อัตราการไหลของมวลอากาศ (kg/s)
c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ (J/kg.K)
ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิอากาศขาออก และอุณหภูมิขาเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์
I_T คือ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ (W/m)
A คือ พื้นที่รับแสงของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

2. ห้องอบแห้ง (Drying chamber) มีหน้าที่บรรจุผลผลิตในการอบแห้ง และช่วยป้องกันผลผลิตจากการรบกวนของแมลงและสัตว์ ตลอดจนป้องกันการปนเปื้อนของฝุ่นและน้ำฝน

ปกติการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถหาได้จากสัดส่วนของพลังงานความร้อนที่ใช้ในการระเหยกับพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่ระบบ ดังสมการ

$$\eta_{th} = \frac{mh_{fg}}{I_T A} \times 100$$

โดยที่

η_{th} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้ง

m คือ ปริมาณน้ำที่ระเหย (kg/day)

I_T คือ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ MJ/m2-day

2.3 วิธีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [3]

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 ลักษณะ คือ

1. การอบแห้งระบบ Passive

การอบแห้งระบบ Passive คือระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่พัดผ่าน ได้แก่

ก. เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัสดุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจาก วัสดุ

ข. ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่ใช้อบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวเองอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศชื้น

ค. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านวัสดุอบแห้ง

รูปที่ 2.1 การอบแห้งระบบ Passive

2. การอบแห้งระบบ Active

การอบแห้งระบบ Active คือระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผง รับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้

รูปที่ 2.2 การอบแห้งระบบ Active

3. การอบแห้งระบบ Hybrid

การอบแห้งระบบ Hybrid คือ ระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้ง เร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย

รูปที่ 2.3 การอบแห้งระบบ Hybrid

2.4 บทสำรวจเอกสาร

เอกสารงานวิจัย ด้านการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และการอบแห้งกล้วยน้ำว้า ด้วยวิธีการต่างๆ มีดังนี้

ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ และคณะ [4] ได้ออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาด 0.23 ตร.ม ทำด้วยไม้ทาด้วยสีดำด้าน ด้านบนของเครื่องอบแห้งปิดด้วยกระจกใส หน้า 3 มม. ทำมุมเอียง 18 องศา กับแนวระดับ ทำการทดลองอบแห้งผ้าชุบน้ำ พบว่า อัตราการทำแห้งประมาณ 4.2 kg/m^2-day

สุวัฒน์ ไทยนะ [5] ออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีแผงรับแสงอาทิตย์ซึ่งมีพื้นที่รับรังสีเท่ากับ 1.92 ตร.ม. อยู่ด้านหน้า การไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ ภายในเครื่องอบแห้งมีชั้นวางวัสดุอบแห้ง 5 ชั้น จากการทดลองอบผ้าชุบน้ำพบว่ามีอัตราการทำแห้งประมาณ 5 kg/day

วารุณี วาตะบุตร์ [6] ออกแบบสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีลักษณะกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านบนปิดด้วยกระจกใส ทำมุม 14, 18, 23 และ 30 องศา กับแนวระดับ ด้านล่างเจาะเป็นช่องเพื่อให้อากาศเย็นภายนอกเข้า และมีช่องระบายอากาศชั้นด้านบนของผนังด้านหลัง ซึ่งแต่ละตู้สามารถปรับได้เป็น 8, 11, 15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่รับแสง และทำการทดลองอบแห้งผ้าสำลีชุบน้ำ พบว่ากล่องอบแห้งที่มีมุมเอียง 14 องศา และช่องระบายอากาศชั้น 11 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าประสิทธิภาพการอบแห้งสูงที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพเฉลี่ยมีค่า

48.8 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการอบแห้งมีค่าประมาณ 3.2 kg/m^2-day อุณหภูมิสูงสุดในกล่องอบแห้งมีค่าประมาณ 33 องศาเซลเซียส

ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ [7] ออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยกจากตัวตู้อบ ด้านหน้า และด้านข้างของตู้เป็นกระจกใสหน้า 3 มม. ขนาดความสูงเท่ากับ 91.5 x 91.5 x 95 ลบ.ซม. ด้านบนปิดด้วยกระจกใสวางเอียงทำมุม 18 องศา ด้านหลังปิดด้วยสังกะสีบุโฟมหนา 25 มม. ภายในทาสีดำด้าน ตอนบนของด้านหลังเจาะช่องระบายอากาศไว้ ภายในมีชั้นวางวัสดุ 5 ชั้น การทดลองอบแห้งผลไม้ต่างๆ พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบมีค่าประมาณ 45 องศาเซลเซียส ชั้นบนสุดและชั้นล่างสุดมีอุณหภูมิสูงสุด ชั้นที่อุณหภูมิต่ำสุดคือชั้นกลาง ตู้อบนี้สามารถจุผลไม้ได้ครั้งละประมาณ 30 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการอบ 3-5 วัน ขึ้นกับชนิดของผลไม้ และปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งพบว่าจากการอบแห้งสตรอเบอรี่แช่น้ำเชื่อม จะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนประมาณ 27.8 เปอร์เซ็นต์

Soponronnarit และ Tainsuwan [8] สร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งสามารถใช้เก็บข้าวเปลือกได้ด้วย การไหลของอากาศเป็นแบบบังคับ ตัวรับรังสีดัดแปลงจากหลังคาเหล็กอาบสังกะสีลูกฟูกของโรงเรือน ด้านบนของตัวรับรังสีไม่มีแผ่นปิดใส จากการทดสอบตู้อบแห้งพบว่าอัตราการไหลของอากาศมีค่า 0.018 kg/s-m2 ตัวรับรังสี มีประสิทธิภาพสูงสุด 29 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองอบข้าวเปลือก 900 กิโลกรัม พบว่าสามารถลดความชื้นจาก 22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งเหลือ 16 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งในเวลา 1 วัน

เริงจิต โพธิเจริญ [9] ทำการทดลองอบแห้งกล้วยโดยใช้ลมร้อน โดยแช่กล้วยก่อนอบแห้งในน้ำปูนใสหรือน้ำเกลือ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งคือ 54 องศาเซลเซียส และกล้วยที่แช่น้ำปูนใส หรือน้ำเกลือ ให้ผลิไม่ต่างกัน เมื่อทำการหาส่วนประกอบของกล้วยอบแห้งพบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำลดลงไป 43% จากกล้วยสุก ส่วนน้ำตาลเพิ่มขึ้น 8.4% ไขมันลดลง 0.1% กากอาหารเพิ่มขึ้น 0.3% และวิตามินซีในกล้วยสุกหายไป เมื่อเป็นกล้วยอบแห้ง

กรรณิย์ นิจโภค [10] ทำการอบแห้งกล้วยน้ำว้าโดยผ่านกระบวนการต่างๆ ก่อนการอบแห้ง เพื่อรักษาคุณภาพของกล้วย 3 วิธี คือ

1. รมควันกำมะถันก่อนการอบแห้ง แบ่งเป็นสองกลุ่มคือ
    1.1 แช่สารละลาย sodium bisulfite 0.1%

1.2 ไม่แช่สารละลาย

2. รมควันกำมะถันหลังการอบแห้ง แบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ

2.1 แช่สารละลาย sodium metabisulfite 0.1%

2.2 ไม่แช่สารละลาย

3. ไม่รมควันและไม่ใช่สารละลาย

จากการทดลองพบว่า การรมควันด้วยกำมะถันก่อนอบและหลังอบ ทำให้กล้วยมีสีแตกต่างกันมาก และยังต่างจากชนิดที่ไม่รมควันด้วย ชนิดของสารละลายและระยะเวลาในการแช่สารละลายต่างๆ กัน ไม่ทำให้สีของกล้วยแตกต่างกันมากนัก และเมื่อทดสอบความนิยมพบว่ากล้วยน้ำว้าอบแห้งที่ได้รับความนิยมคือกล้วยที่ผ่านการแช่ใน sodium bisulfate 0.1% และรมควันเป็นกำมะถันเป็นเวลา 52 นาที จากการทดลองสรุปได้ว่าสมบัติทางกายภาพของกล้วยจะเปลี่ยนไปเมื่อผ่านการอบแห้งแล้ว

ไพฑูรย์ ประดิษฐ์เวศิน [11] ได้ศึกษาการอบแห้งกล้วยหอมทอง โดยใช้เครื่องอบแห้งซึ่งให้ความร้อนแบบการแผ่รังสี แล้วใช้อุณหภูมิในการอบแห้งต่างๆ กัน คือ 53 และ 63 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบระหว่างการไม่ใช้สารเคมีกับการใช้สารเคมี เช่น รมควันกำมะถัน และแช่สารละลาย sodium metabisulfite พบว่ากล้วยอบที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส ให้เปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงกว่ากล้วยอบที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส สำหรับการใช้และไม่ใช้สารเคมีนั้นให้เปอร์เซ็นต์น้ำตาลที่ไม่แตกต่างกัน จากการให้คะแนนโดยการชิมพบว่า กล้วยอบแห้งที่ 53 องศาเซลเซียส และไม่ผ่านการรมควันได้คะแนนสูงสุด

พจนา วงษ์ศิริ [12] ศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร โดยใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ แบบมีตัวรับรังสีที่มีการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ ซึ่งมีการทดสองสมรรถนะแล้ว จากการทดสอบโดยใช้กล้วยน้ำว้าเป็นวัสดุอบแห้ง เปรียบเทียบกับการตากกลางแจ้ง พบว่าอัตราการอบแห้งของกล้วยในเครื่องอบแห้งสูงกว่าการตากกลางแจ้ง แต่สีผิวของกล้วยเข้มไม่สม่ำเสมอ และเนื้อกล้วยแข็งกว่าเนื่องจากอุณหภูมิในตู้อบแห้งสูงเกินไป และการไหลเวียนของอากาศภายในเครื่องอบแห้งต่ำ และต่อมาได้มีการดัดแปลงโดยติดพัดลมดูดอากาศขนาด 36 วัตต์ เพื่อช่วยเพิ่มการหมุนเวียนอากาศ พบว่าอัตราการอบแห้งสูงกว่าการตากกลางแจ้ง สีและความนุ่มของกล้วยดีกว่าที่ตากกลางแจ้ง และหาค่าประสิทธิภาพชองการอบแห้งได้ 20%

ปิยะรัตน์ พราหมณี และวิจิตร เส็งหะพันธ์ [13] ทำการทดสองสมรรถนะตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแบบแผงแยกรับรังสีตออกจากตัวตู้อบ แผงรับรังสีปิดด้วยกระจก 2 ชั้น แผ่นรับรังสีทำด้วยตะแกรงโลหะชนิดมีรู

กลมปรุทั่วไป พ่นด้วยสีดำด้าน การไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ ภายในตู้มีชั้นวางผลิตภัณฑ์ 3 ชั้น ส่วนบนของตู้อบปิดด้วยกระจกใสทำมุมเอียง 14 องศากับแนวระดับ เมื่อทำการทดลองอบกล้วยน้ำว้าสุกในปริมาณต่างๆ กัน เปรียบเทียบกับการตากกลางแจ้ง พบว่าการอบในตู้อบแห้งใช้เวลา 2 วันครึ่ง เร็วกว่าการตากกลางแจ้ง โดยปริมาณกล้วย 10 kg/m^2 ของพื้นที่รับรังสี

Garcia, Leal และ Rolz [14] ทำการทดลองอบแห้งกล้วยด้วยตู้อบไมโครเวฟ และเตาอบชนิดลมร้อนไหลผ่าน โดยใช้กล้วยดิบและกล้วยสุกในลักษณะเป็นโฟม (Foam) และเป็นชิ้น ทำการทดลองหารอัตราการอบแห้ง บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ออกจากตู้อบทั้งสองชนิด เมื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพการแพร่ โดยสภาวะที่ใช้ในการทดลองคือ ความเร็วลมประมาณ 1 m/s อุณหภูมิอากาศอบแห้งที่ใช้คือ 60$\pm$0.5 องศาเซลเซียส โดยศึกษาผลของความสุก ความหนาของชิ้นกล้วย และวิธีการอบแห้ง ส่วนเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่เป็นชิ้นโดยใช้ตู้อบแบบไมโครเวฟมีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้ตู้อบชนิดลมร้อนไหลผ่านถึง 17 เท่า

วิลาสินี สุทร [15] ศึกษาคุณภาพกายภาพของกล้วยน้ำว้าอบแห้งจากตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Hybrid system พบว่าอุณหภูมิของอากาศอบแห้งที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 45-55 องศาเซลเซียส ซึ่งได้ใช้กล้วยที่มีสีเหลืองทองเนื้อนุ่ม และมีความชื้นอยู่ในช่วง 24.97 -33.56% มาตรฐานแห้ง ผลจากการทดลองพบว่าความเข้มของแสงอาทิตย์มีผลต่อสีของกล้วย ถ้าให้กล้วยถูกแสงโดยตรงจะทำให้กล้วยมีสีเข้มมากขึ้น จึงพัฒนาใช้ตาข่ายกรองแสงเพื่อลดความเข้มของแสงพบว่าทำให้สีกล้วยจางลง

ณัฐวุฒิ ดุษฎี [16] ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม ทำการทดสอบสมรรถนะของตู้อบแห้งโดยใช้กล้วยน้ำว้าเป็นวัสดุอบแห้ง พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของจำเพาะของอากาศ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะลดลงจนถึงอัตราการไหลจำเพาะค่าหนึ่ง แล้วเมื่อเพิ่มต่อไปความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะเพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราส่วนเวียนกลับของอากาศเพิ่มขึ้น ความสิ้นเปลืองของพลังงานจำเพาะจะลดลง คุณภาพของกล้วยอบแห้งจะดีที่สุดเมื่ออุณหภูมิของอากาศอบแห้งไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส สำหรับแนวทางการอบแห้งที่เหมาะสม ซึ่งได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คืออัตราการไหลจำเพาะของอากาศประมาณ 9.4 กิโลกรัมอากาศแห้งต่อชั่วโมง-กิโลกรัมกล้วยแห้ง อัตราส่วนอากาศเวียนกลับ 90-95% จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าจุดคุ้มทุนเฉพาะส่วนตัวรับรังสีมีค่า 0.76 ปี และโดยเฉลี่ยจะประหยัดพลังงานไฟฟ้าของตัวอุ่นอากาศได้ 33%

จากการสำรวจเอกสารต่างๆ ที่ผ่านมาพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดต่างๆ การศึกษาวิจัยกระบวนการอบแห้ง คุณภาพของวัตถุดิบ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตกล้วยตากหรือกล้วยอบแห้งที่มีการวิจัยอยู่น้อยและยังไม่สามารถนำผลไปใช้พัฒนาส่งเสริมการผลิตระดับครัวเรือน หรือระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กในเชิงพานิชย์ได้ และไม่สามารถทำการอบได้ต่อเนื่องตลอดทั้งวัน จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะอากาศต่างๆ รวมถึงการใช้พลังงานเสริมชนิดอื่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ และประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อพิจารณาว่าคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

3.1 รายละเอียดของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วม

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาต่อยอดจากตู้อบแห้งของศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ โดยมีส่วนประกอบดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วม

ส่วนประกอบของตู้อบแห้ง มีดังนี้

1. ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์
2. ตู้อบแห้ง
3. ชุดอุปกรณ์การให้ความร้อนด้วยก๊าซ LPG
4. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

1. ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์

ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์เป็นแบบชนิดแผ่นเรียบ (Solar flat plate collector) มีขนาด 1.50 ม. x 2.0 ม. ด้านบนปิดด้วยกระจกใสหน้า 3 มม. ตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์เป้ฯแผ่นเหล็กทาสีดำด้านหนา 1 มม. ระหว่างแผ่นเหล็กกับตัวดูดกลืนรังสีมีช่องว่างของอากาศนิ่งมีความหนา 3 ซม. และมีช่องให้อากาศไหลผ่านหนา 2 ซม. ด้านล่างของตัวรับรังสีใช้โฟมเป็นฉนวนมีความหนา 2 ซม. และตัวรับรังสีมีความเอียง 14 องศากับแนวระดับ

2. ตู้อบแห้ง

ตู้อบแห้งมีขนาดกว้าง 1.5 ม. ยาว 1.0 ม. และ สูง 1.5 ม. ประกอบด้วยแผ่นกระจกหนา 3 มม. ด้านข้างจำนวน 3 ด้าน ด้านหลังเป็นแผ่นเหล็กทาสีดำด้าน มีช่องระบายอากาศจำนวน 4 ช่อง และสำหรับด้านบนของตู้อบประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีความเอียง 14 องศากับแนวระดับ ภายในตู้อบแห้งมีชั้นวางวัตถุดิบจำนวน 5 ชั้น

3. ชุดอุปกรณ์การให้ความร้อนด้วยก๊าซ LPG

สำหรับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมนี้สามารถอบแห้งด้วยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว หรืออาจใช้ความร้อนจากก๊าซ LPG ควบคู่กันไปด้วย โดยมีการเสริมชุดอุปกรณ์การให้ความร้อนด้วยก๊าซ LPG ด้านล่างของตู้อบแห้ง

4. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

ชุดควบคุมอุณหภูมิ เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบไม่ให้สูงเกินไป โดยมี Thermocouple ชนิด K เป็นตัววัดอุณหภูมิภายในตู้ เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด ตู้ควบคุมจะตัดก๊าซ LPG ที่เข้าสู่ช่องเผาไหม้อัตโนมัติ และเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่กำหนด ชุดควบคุมจะทำการปล่อยก๊าซ LPG เข้าสู่ห้องเผาไหม้อัตโนมัติ

3.2 วิธีการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการอบแห้งคือ กล้วยน้ำว้า จากพื้นที่อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน โดยมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

ขั้นที่ 1 คัดเลือกกล้วยน้ำว้าสุกงอม โดยสังเกตจากเปลือกกล้วยสีเหลืองจัด มีกลิ่นหอม ไม่มีจุดดำ มาปอกเปลือกแล้วล้างด้วยน้ำสะอาด

ขั้นที่ 2 อบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วม โดยวางกล้วยที่ล้างสะอาดแล้วลงในถาดแสตนเลส ดังรูปที่ 3.2 โดยเวลาการอบแห้งสังเกตจากสีของกล้วยโดยอบที่อุณหภูมิดังนี้

ก) อบแห้งกล้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

ข) อบแห้งกล้วยด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG ที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส

ขั้นที่ 3 การแบนกล้วย เมื่อนำกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการอบแห้ง 4-5 วัน นำมาแบน แล้วนำไปอบต่ออีก 24 ชั่วโมง

ขั้นที่ 4 นำกล้วยอบแห้งที่ได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อดูคุณภาพของกล้วยหลังการอบแห้ง ทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยคนในพื้นที่ของอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน

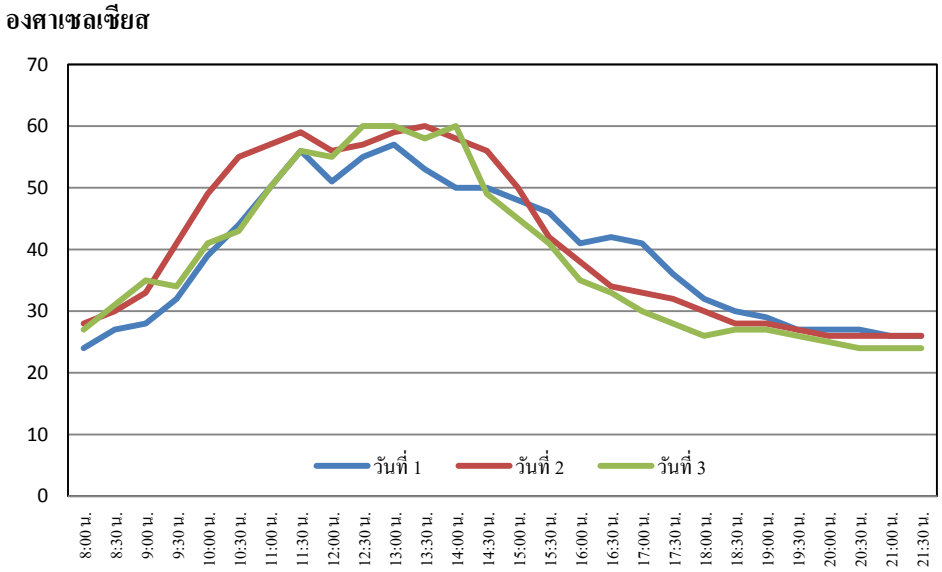
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำกล้วยอบแห้ง

บทที่ 4
ผลการทดลอง

การทดลองอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยตู้อบแห้งแบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วม ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ การกระจายอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งมีและไม่มีการใช้ความร้อนร่วมกับก๊าซ LPG การศึกษาผลของการกระจายอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งต่อคุณภาพของกล้วยน้ำว้าอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ความร้อนร่วม ได้ผลดังนี้

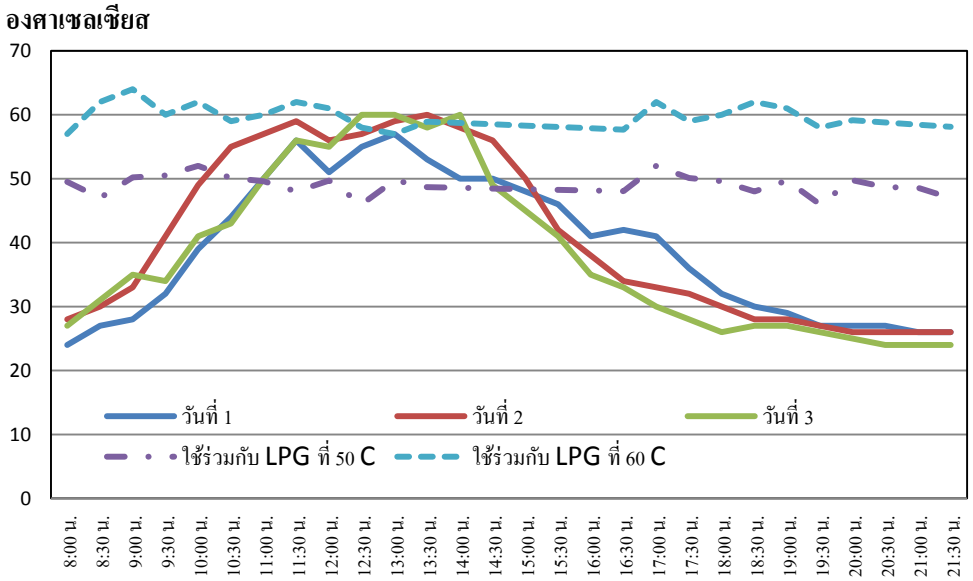
4.1 การกระจายอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วม

การทดลองอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมดังกล่าว ได้ทดลองบนพื้นที่ของอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน โดยวัดตำแหน่งจุดกึ่งกลางของตู้อบแห้งซึ่งเป็นจุดที่มีอุณหภูมิต่ำสุด โดยเริ่มบันทึกอุณหภูมิตั้งแต่เวลา 8.00 น. จนถึงเวลา 21.30 น. ของแต่ละวัน ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การกระจายอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าลักษณะของกราฟอุณหภูมิจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่เวลา 08.00 น.ถึง เวลา 13.30 น. และเริ่มลดลงที่เวลา 13.30 น. จนกระทั่งถึงเวลา 18.00 น. ซึ่งมีลักษณะสอดคล้องกับการทดลองของ ธีระศักดิ์ หุดากร [17] เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ตำแหน่งเดียวกับโดยการใช้ความร้อนร่วมจากก๊าซ LPG สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.2



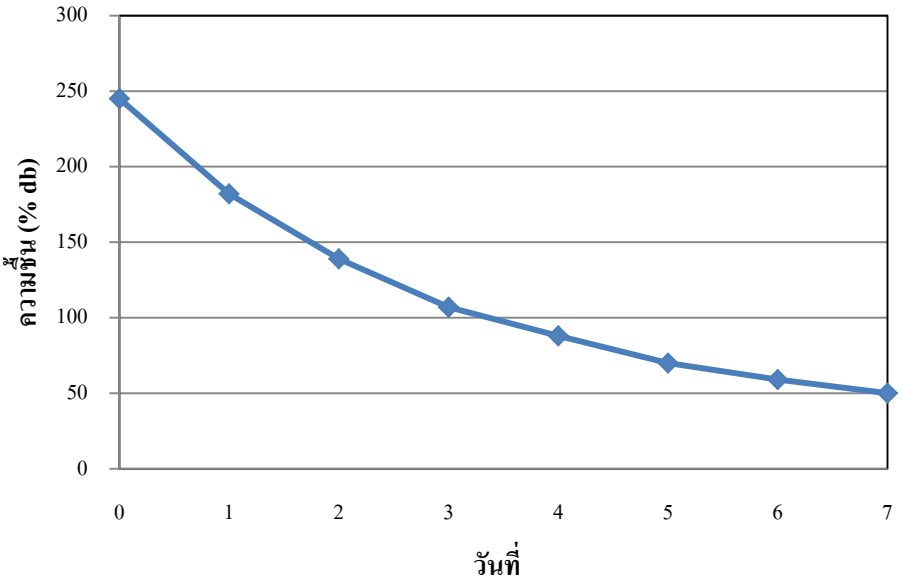
รูปที่ 4.2 การกระจายอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมกับ LPG

จากรูปที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมกับการใช้ LPG ที่อุณหภูมิการอบแห้งที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อมีการใช้พลังงานร่วมกับ LPG อุณหภูมิภายในตู้อบมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงเวลาของการอบแห้ง โดยมีค่าแปรปรวนอยู่ในช่วง $\pm$ 5 องศาเซลเซียส ตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ของตู้อบ

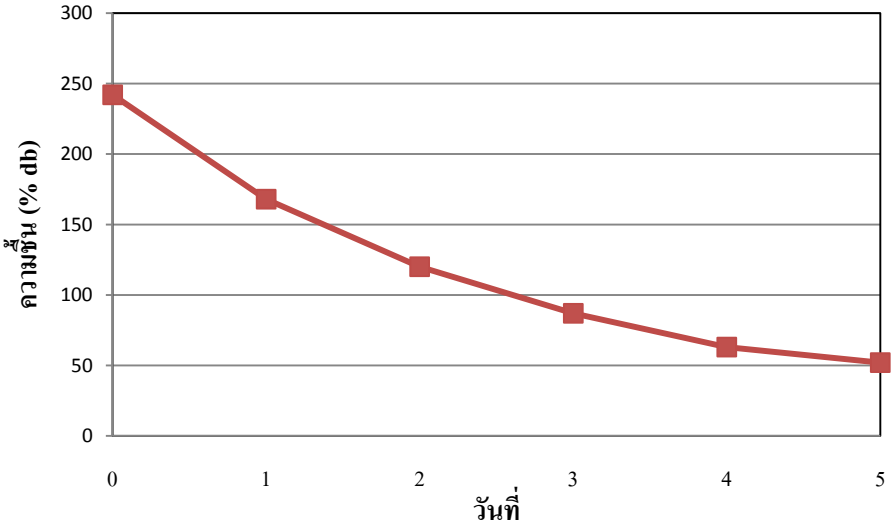
4.2 ผลของการกระจายอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมต่อคุณภาพของกล้วยน้ำว้าอบแห้ง

ในการอบแห้งกล้วยสำหรับงานวิจัยนี้ โดยทั่วไปกล้วยน้ำว้าสุกมีขนาดใกล้เคียงกัน คือมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.9 ซม. ความยาวเฉลี่ย 7.9 ซม. และมีน้ำหนักเฉลี่ยลูกละ 53.5 กรัม มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 242.3% db. ซึ่ง ซึ่งความชื้นของกล้วยตลอดการอบแห้ง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการอบแห้งกล้วยน้ำว้าจะมีอัตราการลดลงของความชื้นสูง เนื่องจากกล้วยน้ำว้ามีความชื้นเริ่มต้นสูง และอัตราการลดลงของความชื้นจะลดลงในช่วงหลังของการอบแห้ง ซึ่งการอบแห้งเพื่อให้ได้ความชื้นสุดท้ายประมาณ 40%db. พบว่าการใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียวใช้เวลาในการอบแห้ง 7 วัน และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมใช้เวลา 5 วัน



ก.



ข.

รูปที่ 4.3 ความชื้นของกล้วยน้ำว้าอบแห้งตลอดการอบแห้ง

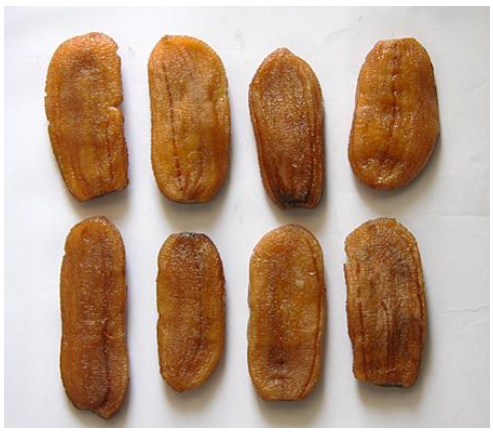
ก. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ข. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วม

กล้วยน้ำว้าอบแห้งจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมที่ได้จากการทดลองมีลักษณะผิวเป็นมัน มีสีน้ำตาลเข้มตามรูปที่ 4.4 และกล้วยอบแห้งจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ใช้ความร้อนร่วมจะ

ให้สีชีดจางกว่า และมีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมออย่างเห็นได้ชัดเจน และสำหรับการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้สีเข้มกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส

ก.



ข.

ค.

รูปที่ 4.4 ลักษณะกล้วยอบแห้ง

ก. อบแห้งด้วยตู้พลังงานแสงอาทิตย์

ข. อบแห้งด้วยตู้พลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมที่ 50 องศาเซลเซียส

ค. อบแห้งด้วยตู้พลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมที่ 60 องศาเซลเซียส

4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสกล้วยน้ำว้าอบแห้ง

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกล้วยน้ำว้าอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วม โดยชาวบ้านอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน โดยให้คะแนนความชอบ ตั้งแต่ 0 หมายถึง ไม่ชอบ จนถึงคะแนน 5 คะแนน หมายถึงชอบมากที่สุด ทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งสามารถแสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส กล้วยอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุด รองลงมาคือกล้วยอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และกล้วยที่อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสกล้วยน้ำว้าอบแห้ง

ตัวอย่าง	การทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม	คะแนนเฉลี่ย
กล้วยน้ำว้าอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์	2	4	3	3	3
กล้วยน้ำว้าอบแห้งด้วยความร้อนร่วมที่ 50 องศาเซลเซียส	5	5	4	4	4.5
กล้วยน้ำว้าอบแห้งด้วยความร้อนร่วมที่ 60 องศาเซลเซียส	3	4	3	3	3.25

บทที่ 5
บทสรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการทดลองพบว่า ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีแสงอาทิตย์เป็นแบบชนิดแผ่นเรียบ (Solar flat plate collector) มีขนาด 1.50 ม. x 2.0 ม. ด้านบนปิดด้วยกระจกใสหน้า 3 มม. ตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์เป็นแผ่นเหล็กทาสีดำด้านหนา 1 มม. ระหว่างแผ่นเหล็กกับตัวดูดกลืนรังสีมีช่องว่างของอากาศนิ่งมีความหนา 3 ซม. และมีช่องให้อากาศไหลผ่านหนา 2 ซม. ด้านล่างของตัวรับรังสีใช้โฟมเป็นฉนวนมีความหนา 2 ซม. และตัวรับรังสีมีความเอียง 14 องศากับแนวระดับ และมีการใช้ความร้อนร่วมกับก๊าซ LPG มีการกระจายอุณหภูมิภายในตู้อบที่ค่อนข้างสม่ำเสมอกว่าการใช้ตู้อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้เมื่ออบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้คู่กับการใช้ก๊าซ LPG ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ลักษณะของกล้วยอบแห้งเป็นที่พึงพอใจของประชาชนทั่วไปในอำเภอบ่อเกลือ ซึ่งผลิตภัณฑ์มีสีและลักษณะปรากฏที่แตกต่างจากการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และตู้อบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลสรุปจากงานวิจัยสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในการพัฒนาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบความร้อนร่วม ซึ่งอาจใช้พลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น ชีวมวล หรือก๊าซชีวภาพ เพื่อให้เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ของสินค้าชุมชนชนิดอื่นๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Bansal, N.K., Bansal, P.K. and Grag, H.P., 1984, Potential of Solar Drying in Developing Contries, Sunworld 8(1), pp 9-33.

[2] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540, การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท, กรุงเทพฯโครงการส่งเสริมการสร้างตำรา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), online: http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=77:-passive&catid=52&Itemid=68

[4] ปรีดา วิบูลสวัสดิ์, สมเกียรติ โอภาสเกียรติกุล และ ศิวรักษ์ หาญผดุงธรรม, 2523, สรรมถนะของกล้องอบแห้งรังสีดวงอาทิตย์, การประชุมวิชาการครั้งที่ 2 ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เรื่อง พลังงานหมุนเวียนและการประยุกต์, วันที่ 25-28 กุมภาพันธ์ 2523, กรุงเทพฯ

[5] สุวัฒน์ ไทยนะ, 2524, ตู้อบแห้งด้วยรังสีดวงอาทิตย์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[6] วารุณี วาตะบุตร์, 2524, การทดสอบสมรรถนะของกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[7] ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ, 2527, ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, เอกสารเผยแพร่งานส่งเสริมอุตสาหกรรม จ.เชียงใหม่, มีนาคม 2527

[8] Soponronnarit, S., and J. Tainsuwan, 1984, Low Cost Solar Air Heater, Application to Paddy Drying, Proceeding at the Regional Seminar on Simulation and Design in Solar Energy Applications, King Mongkutt's Institute of Technology Thonburi, May 8-10, Bangkok, Thailand

[9] เริงจิต โพธิเจริญ, 2506, การทำกล้วยตากโดยใช้ลมร้อน, วิทยานิพนธ์คณะกสิกรรมและสัตวบาล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[10] กรรณีย์ นิจโภค, 2506, การใช้สารเคมีบางอย่างในการทำกล้วยตาก, วิทยานิพนธ์คณะกสิกรรมและสัตวบาล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[11] ไพฑูรย์ ประดิษฐ์เวศิล, 2511, 2506, การศึกษาคุณภาพบางอย่างของกล้วยหอมทองแห้งโดยใช้อุณหภูมิในการอบต่างกัน, วิทยานิพนธ์คณะกสิกรรมและสัตวบาล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[12] พจนา วงษ์ศิริ, 2528, การอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบมีตัวรับรังสี, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[13] ปิยรัตน์ พราหมณี และวิจิตร เส็งหะพันธ์, 2523, การตากกล้วยด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์, การประชุมวิชาการของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่อง พลังงาน, วันที่ 25-26 มีนาคม 2523, กรุงเทพฯ

[14] Garcia, R., Level, F., and Rolz, C., 1988, “Drying of bananas using microwave and air ovens”, International Journal of Food Science and Technology, Vol. 23, pp 73-80.

[15] วิลาสินี สุทร, 2532, คุณภาพเชิงฟิสิกส์ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งที่ได้จากตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรม, ปริญญานิพนธ์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก

[16] ณัฐวุฒิ ดุษฎี, 2534, การพัฒนาระบบอบแห้งผลไม้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม, วิทยานิพนธ์วิทยศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[17] ธีระศักดิ์ หุดากร, 2552, การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววี สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่