

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ชีวมวล (biomass)

เชื้อเพลิงชีวมวล (biomass fuels) หมายถึง เชื้อเพลิงที่ได้จากบรรดาชีวมวลทั้งหลาย ชีวมวล (biomass) คือมวลสาร (mass) หรือสสาร (matter) ของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าพืช หรือสัตว์ (บางกรณีก็มีจุลินทรีย์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย) ไม่ว่าจะยังมีชีวิตอยู่หรือตายไปแล้วก็ตาม ดังนั้น จึงรวมเอาซากของเสีย (waste) และสิ่งเน่าเปื่อยจากสิ่งมีชีวิตหรืออินทรีย์สาร เช่น ผักเน่า มูลสัตว์ มูลสุกร + บั๊สสาวะ + เศษอาหาร (pig slurry) ชยะมูลฝอยที่กองเน่าเหม็นในเขตเทศบาล (municipal waste) เป็นต้น

เชื้อเพลิงชีวมวลหลัก คือ ไม้ (wood) เป็นเชื้อเพลิงเก่าแก่ที่มนุษย์รู้จักใช้มาตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์ เชื้อเพลิงชีวมวลที่ยังคงใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะในชนบทของประเทศไทย คือ ไม้และถ่าน (fuel wood) แกลบ ซึ่งใช้ทั้งกิจกรรมในครัวเรือนและอุตสาหกรรมชนบท (cottage industry) เช่น อุตสาหกรรมโรงสี อุตสาหกรรมเผาอิฐ ใองน้ำ กระดาษ เตานึ่งต้ม เป็นต้น แม้แต่ในปัจจุบันก็ยังมีการใช้พลังงานจากไม้ฟืน ถึง 1 ใน 7 ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด

การใช้พลังงานจากชีวมวลจึงเป็นการใช้พลังงานจากสิ่งมีชีวิตอันได้แก่ พืชและสัตว์ โดยอาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนเคมี (thermochemical) หรือ ชีวเคมี (biochemical)

ชีวมวลที่ได้จากพืชสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้เป็น 5 จำพวก คือ

1. ไม้ชนิดต่าง ๆ ซึ่งรวมถึง ไม้เนื้ออ่อน และ เนื้อแข็ง
2. วัสดุทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง
3. วัชพืชบก และวัชพืชน้ำ เช่น หญ้า ผักตบชวา
4. ผลิตภัณฑ์ที่มาจากพืช เช่น น้ำมันพืช (ถั่วลิสง เม็ดสะบู่ดำ)
5. สิ่งเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เศษไม้ ขี้เลื่อย แกลบ ชานอ้อย เป็นต้น

ชีวมวลที่ได้จากสัตว์ ได้แก่ มูลสัตว์ต่าง ๆ

เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียน (renewable energy resource) คือเชื้อเพลิงชีวมวลเมื่อถูกใช้ไปแล้วก็สามารถสร้างขึ้นทดแทนใหม่ได้ หากมนุษย์เรารู้จักใช้อย่างฉลาด เชื้อเพลิงชีวมวลจะมีให้ใช้ได้ตลอดกาล ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีแหล่งเชื้อเพลิงจากชีวมวลเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพิจารณาถึงแหล่งของชีวมวลเพื่อศึกษาถึงเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาการใช้พลังงานจากชีวมวลจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศสามารถพึ่งตนเองได้ทั้งในด้านของเทคโนโลยีและลดการนำเข้าแหล่งพลังงานจากต่างประเทศ

2. ทฤษฎีการอบแห้ง

2.1 ความสำคัญของการอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ขึ้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยความร้อนที่ใช้เป็นความร้อนแฝงของการระเหย ผลผลิตส่วนใหญ่จะมีความชื้นค่อนข้างสูงขณะทำการเก็บเกี่ยว ทำให้เก็บรักษาได้ไม่นาน การอบแห้งจะช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตได้เป็นระยะเวลายาวนานขึ้น โดยประโยชน์ของการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาจสรุปได้ตามลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้

2.1.1 เพื่อการถนอมรักษาอาหาร อาหารที่แห้งแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสียเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีน้อย

2.1.2 เพื่อลดปริมาณและน้ำหนัก โดยอาหารที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและน้ำหนักลดลงทำให้สามารถลดต้นทุนการเก็บรักษาและการขนส่ง

2.1.3 เพื่อช่วยให้กระบวนการการผลิตดีขึ้น ในกรณีนี้อาจจะไม่จริงเสมอไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตนั้นๆ

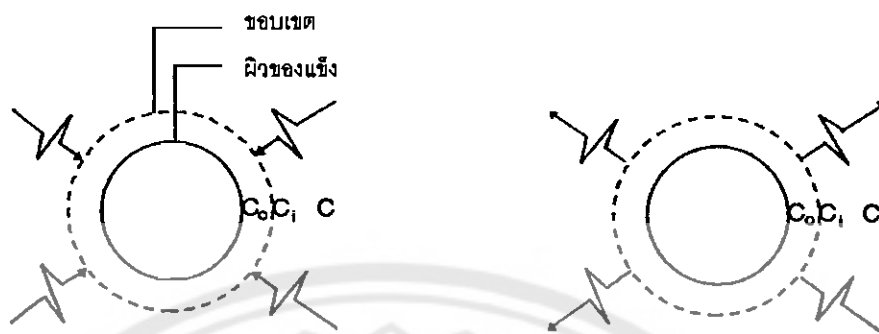
การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเป็นกระบวนการหนึ่งในงานด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งเทคโนโลยีการอบแห้งเป็นสิ่งที่ไม่ซับซ้อน แต่การวางแผนการดำเนินการอบแห้ง (drying strategy) ภายใต้อากาศและเงื่อนไขที่กำหนดเป็นสิ่งจำเป็นที่

จะต้องศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ได้วิธีการดำเนินการที่เหมาะสมที่สุด และนอกจากการศึกษาด้านการวางแผนการดำเนินการรอบแท่งแล้ว การพิจารณาชนิดของพลังงานที่ใช้ในการรอบแท่งก็เป็นสิ่งจำเป็นเช่นกัน ซึ่งในกระบวนการรอบแท่งเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอื่นๆ โดยความร้อนที่ใช้ในการรอบแท่งจะได้จากไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร และพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ปัจจุบันมีการพึ่งพาการนำเข้าพลังงานเป็นจำนวนมาก ในการศึกษาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงใช้จากการเกษตรและการใช้พลังงานแสงอาทิตย์นับว่าเป็นแนวทางที่น่าสนใจมาก เพราะสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้

2.2 พื้นฐานการรอบแท่ง [2]

พื้นฐานการรอบแท่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความเข้าใจในเรื่องการรอบแท่งความรู้พื้นฐานนี้เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์การรอบแท่ง

สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ (2528) อธิบายทฤษฎีการถ่ายเทมวลสารระหว่างผิวของแข็งและของไหลซึ่งสรุปได้ว่า ปริมาณการถ่ายเทขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ของความเข้มข้นของสาร กล่าวคือที่ใดมีมวลมากกว่าก็จะกระจายไปหรือเดินทางไปยังที่มีความเข้มข้นมากกว่า แสดงดังภาพ 1 โดยภาพ 1 (ก) แสดงลักษณะของมวลของไหลที่ไปเกาะติดอยู่บนผิวของเม็ดของแข็ง ขณะที่ของไหลไหลผ่านเม็ดของแข็งที่ความเร็วขนาดหนึ่ง ของไหลจะไหลอย่างมีระเบียบที่บริเวณใกล้เคียงกับเม็ดของแข็ง บริเวณนี้มีชั้นของขอบเขตหนาน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับขนาดของความเร็วของไหลที่ไหลผ่านขึ้นมา ภายในอาณาบริเวณขอบเขตนี้ การถ่ายเทมวลสารเป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งมีขนาดเท่ากับการฟุ้งกระจายของโมเลกุล นอกเหนือจากชั้นขอบเขตแล้ว การถ่ายเทมวลสารจะเป็นลักษณะการพามวลแบบบังคับ (force convection mass transfer) ความเข้มข้นของสารในกระแสของไหล C ต้องสูงกว่าความเข้มข้นที่ขอบเขต C_s และความเข้มข้นที่ขอบเขต C_s ต้องสูงกว่าความเข้มข้นที่ผิวของเม็ดของแข็ง C_0 ในทางตรงกันข้าม ถ้ามวลจากของแข็งละลายหรือแพร่กระจายในกระแสของไหลดังภาพ 1 (ข) ค่า C_0 ย่อมสูงกว่าค่า C_s และค่า C_s ย่อมสูงกว่าค่า C



(ก) การแพร่จากของไหลไปยังผิวของแข็ง (ข) การแพร่จากผิวของแข็งไปยังของไหล

ภาพ 1 การแพร่ของมวลระหว่างผิวของแข็งและของไหล

ในขณะที่มีการถ่ายเทมวลสาร การถ่ายเทความร้อนก็อาจเกิดขึ้นด้วยพร้อมๆ กันซึ่งทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนสามารถสรุปได้ว่าปริมาณการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิ เมื่อพิจารณาภาพ 1 (ก) ถ้าของไหลที่บริเวณขอบเขตมีอุณหภูมิสูงกว่าที่บริเวณผิวของเม็ดของแข็ง ความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณขอบเขตสู่บริเวณผิวของเม็ดของแข็ง การถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวของแข็งเป็นแบบการนำความร้อน ซึ่งเป็นไปตามกฎของฟูริเยร์ คือ

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

- เมื่อ
- q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)
 - K = สภาพการนำความร้อนของของไหล ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
 - T = อุณหภูมิของไหล ($^\circ C$)
 - A = พื้นที่ตั้งฉากกับทิศทางการถ่ายเทของความร้อน (m^2)

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาการอบแห้งวัสดุเพียงหนึ่งชิ้น พบว่ามีตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งดังนี้

2.3.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ การอบแห้งอาหารซึ่งมีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุนส่วนใหญ่จะมีเฉพาะการอบแห้งแบบลดลง ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศแห้งจะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมিরะหว่างผิวและเนื้อวัสดุมีมากขึ้นเป็นผลให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อลดความชื้นของอากาศอบแห้งจะทำให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้สัมประสิทธิ์การแพร่มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นหากมีการเพิ่มอุณหภูมิและลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งแล้ว จะมีผลทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น

2.3.2 ความเร็วลม อิทธิพลของความเร็วลมต่อการอบแห้งสำหรับช่วงการอบแห้งคงที่ เมื่อเพิ่มความเร็วลมหรืออัตราการไหลของอากาศ จะมีผลทำให้ความหนาของฟิล์มอากาศนิ่งลดลงเป็นผลให้ความต้านทานการถ่ายเทความร้อนและมวลลดลง เนื่องจากความต้านทานที่แผ่นฟิล์มอากาศนิ่งมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับความต้านทานตัวอื่นๆ ดังนั้นการเพิ่มความเร็วลมจึงไม่มีผลต่อการอบแห้งมากนัก

2.3.3 ความชื้นของวัสดุอบแห้ง การเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเหลวซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณของความชื้น วัสดุที่มีความชื้นสูงจะมีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นสูงด้วย

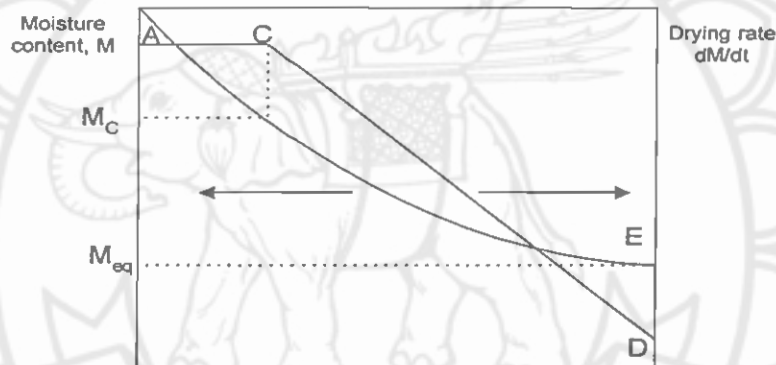
2.3.4 ขนาดของวัสดุอบแห้ง วัสดุอบแห้งที่มีขนาดเล็กมีความต้านทานภายในน้อยกว่าจะเป็นผลทำให้อัตราการอบแห้งสูงกว่า

แต่หากพิจารณาการอบแห้งวัสดุหลายๆ ชิ้นพร้อมกันแล้ว อัตราการอบแห้งโดยรวมจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศด้วย

2.4 อัตราการอบแห้ง

การอบแห้ง คือขบวนการที่ความร้อนจากอากาศถ่ายเทให้กับวัสดุที่มีความชื้น และภายในวัสดุจะเกิดขบวนการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลจากวัสดุสู่อากาศพร้อมกับทำให้ความชื้นภายในวัสดุลดลง ในขณะที่อากาศร้อนถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุและขณะเดียวกันก็จะพาความชื้นออกจากวัสดุด้วยขบวนการอบแห้ง 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนที่อัตราการอบแห้งมีค่าคงที่ และขั้นตอนที่อัตราการ

อบแห้งมีค่าลดลง ขณะอบแห้งเมื่ออบแห้งไประยะหนึ่งอัตราการอบแห้งลดลงถึงความชื้นค่าหนึ่ง เรียกค่าความชื้นที่จุดนี้ว่าความชื้นวิกฤติ ถ้าค่าความชื้นต่ำกว่าค่าความชื้นวิกฤติ ในการอบแห้งนั้นจะมีแต่ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้น ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ผิวของวัสดุจะมีน้ำมาเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก อัตราการอบแห้งจะถูกควบคุมโดย ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงอิทธิพลของสภาวะอากาศภายนอกจะลดลงด้วย อัตราการอบแห้งจะถูกควบคุมโดยอัตราการแพร่ของน้ำภายในวัสดุขณะที่ผิวเท่านั้น ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีความพรุน เมื่อทำการอบแห้งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ที่สภาวะอากาศคงที่ จากภาพ 2 ช่วง AC คือช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และช่วง CD คือช่วงอัตราการอบแห้งลดลง



ภาพ 2 อัตราการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

จากภาพ จุด C คือจุดความชื้นวิกฤติ (critical moisture content) เป็นจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงช่วงอัตราการอบแห้งแบบคงที่เป็นอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งจุดความชื้นวิกฤตินี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ สำหรับช่วง AC เป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ที่ระยะนี้ความชื้นในวัสดุจะสูงกว่าจุดความชื้นวิกฤติ ที่ผิวนอกจะอยู่ในสภาพอิ่มตัว การกระจายความชื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์มีค่าสม่ำเสมอ ความชื้นจะถูกพาออกไปโดยอากาศ การถ่ายเทความร้อนและความชื้นจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของผลิตภัณฑ์เท่านั้น ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ เช่น เมล็ดพืช จะไม่ปรากฏช่วงนี้

จุด E คือ จุดปริมาณความชื้นสมดุลของวัสดุ ความชื้นของวัสดุมีค่าคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากความดันไอน้ำ จากวัสดุมีค่าเท่ากับความดันไอน้ำในบรรยากาศที่อยู่รอบวัสดุนั้น โดยที่ค่าความชื้นนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศช่วง CD เป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ระยะเวลาปริมาณความชื้นในวัสดุจะมีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤต น้ำภายในท่อเล็กๆ ภายในผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่มายังผิวของผลิตภัณฑ์ในลักษณะของเหลว หรือไอน้ำได้ช้ากว่าการระเหยน้ำที่ผิวของผลิตภัณฑ์

2.5 ค่าความชื้นในวัสดุ

ความชื้นในวัสดุเป็นสิ่งที่บอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ น้ำหนักของน้ำในวัสดุจะเปลี่ยนแปลงตามค่าความชื้น ในการบอกค่าความชื้นของวัสดุจึงนิยมใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนของน้ำหนักน้ำ และน้ำหนักของวัสดุ สามารถแสดงได้เป็นสองแบบคือ

2.5.1 ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis) หาค่าได้จากสมการ

$$M_w = \frac{w-d}{w} \times 100$$

เมื่อ M_w คือ ค่าความชื้นมาตรฐานเปียก (เศษส่วน)

w คือ มวลของวัสดุ (kg)

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

2.5.2 ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) หาค่าได้จากสมการ

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100$$

- เมื่อ M_d คือ ค่าความชื้นมาตรฐานแห้ง (เศษส่วน)
 w คือ มวลของวัสดุ (kg)
 d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้กันในกรณีวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งในทางทฤษฎีเพราะช่วยในการคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้ง (d) จะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง

ในการอบแห้งจำเป็นต้องทราบปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบแห้ง เมื่อทราบมวลและความชื้นของผลิตภัณฑ์ จะสามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออกนั้นได้ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$W_f = W_i \frac{(100 - M_i)}{(100 - M_f)}$$

- เมื่อ W_i คือ น้ำหนักผลิตภัณฑ์ก่อนอบแห้ง (kg)
 W_f คือ น้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง (kg)
 M_i คือ ความชื้นผลิตภัณฑ์ก่อนอบแห้ง (%wb)
 M_f คือ ความชื้นผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง (%wb)

2.6 ประสิทธิภาพการอบแห้ง (drying efficiency)

ในการประเมินประสิทธิภาพของการอบแห้ง (drying efficiency) จะสามารถประเมินจากสมการ

$$\eta = \frac{(W_{h_{fg}} \times 100)}{m_{air} C_p (T - T_a)}$$

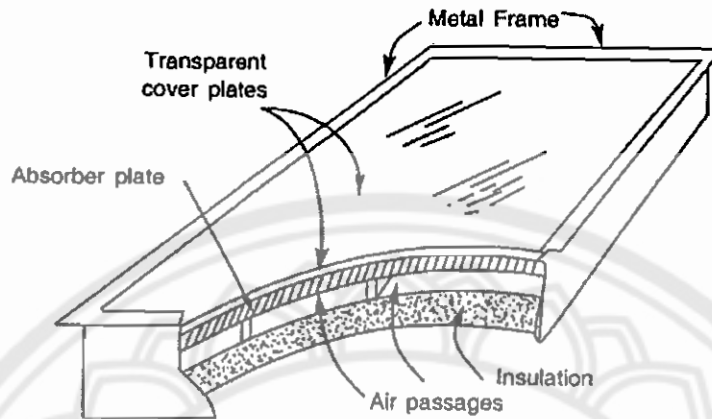
เมื่อ η	คือ	ประสิทธิภาพในการอบแห้ง (เศษส่วน)
W	คือ	น้ำหนักน้ำที่ต้องการระเหยออก (kg)
h_{fg}	คือ	ความร้อนแฝงในการระเหยน้ำ (kJ/kg)
m_{air}	คือ	มวลของอากาศ (kg)
C_p	คือ	ค่าความจุความร้อนของอากาศ (kJ/kgK)
T	คือ	อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง ($^{\circ}\text{C}$)
T_a	คือ	อุณหภูมิแวดล้อม ($^{\circ}\text{C}$)

3. ทฤษฎีแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

3.1 แผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (flat plate solar collector)

แผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับรังสีอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนแล้วถ่ายเทให้กับของไหลเพื่อนำไปใช้งาน ของไหลที่ใช้โดยส่วนมากมักได้แก่ น้ำหรืออากาศ ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบนับเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันแพร่หลายเมื่อเปรียบเทียบกับตัวรับรังสีอาทิตย์แบบอื่นๆ

ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบมีความเหมาะสมกับงานที่ไม่ต้องการอุณหภูมิสูง ประมาณ $50-60^{\circ}\text{C}$ ในขณะที่อากาศแวดล้อมมีอุณหภูมิระหว่าง $10-30^{\circ}\text{C}$ ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบจะประกอบด้วย 1.) ตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (absorber) ทำด้วยสีดำด้านเพื่อให้มีค่าการดูดกลืนสูง ปกติทำด้วยทองแดง เหล็ก หรืออลูมิเนียม 2.) แผ่นปิดหรือแผ่นครอบแผงรับรังสีอาทิตย์ด้านบน (cover plate) เพื่อป้องกันการพาและการนำความร้อนจากผิวของแผงรับรังสี ส่วนใหญ่ใช้กระจกหรือพลาสติกใส และ 3.) ฉนวน (insulation) เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนจากแผงรับรังสีและของไหลพาความร้อน จะติดไว้ด้านล่างของแผงรับรังสีเป็นวัสดุพวกใยแก้ว (fiberglass) หรือโฟม เนื่องจากแผงรับรังสีแบบแผ่นเรียบเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้รับพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ส่วนประกอบของแผงรับรังสีมีรายละเอียด ดังภาพ 3 ดังนั้นสมรรถนะของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบจึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนเพื่อนำไปใช้งาน



ภาพ 3 แผงรับรังสีอาทิตย์

3.2 สมรรถนะของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

สำหรับวิธีการทดสอบสมรรถนะของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบนั้น ทนงเกียรติเกียรติศิริโรจน์ [3] แนะนำไว้ว่า วิธีทดสอบซึ่งเป็นที่ยอมรับและค่อนข้างนิยมกันมากได้แก่วิธีของ ASHRAE Standard 93-97 (1977) โดยการนำแผงรับรังสีอาทิตย์ไปรับแสงอาทิตย์และทำการวัดอัตราการไหลของอากาศ อุณหภูมิของอากาศตรงทางเข้าและทางออกของตัวรับรังสี สามารถคำนวณหาความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

$$Q_u = \dot{m} C_p (T_{f,o} - T_{f,i})$$

เมื่อ Q_u = ความร้อนที่สามารถนำไปใช้ได้จริงที่สภาวะสม่ำเสมอ (steady state) (W)

\dot{m} = อัตราไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)

C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ (J/kg°C)

$T_{f,o}$ และ $T_{f,i}$ = อุณหภูมิที่ทางเข้าและทางออกของแผงรับรังสี (°C)

ถ้าทำการวัดรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบของแผงรับรังสี อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม (ควรวัดความเร็วลมเหนือแผงรับรังสีด้วย เพราะประสิทธิภาพของตัวรับรังสีจะลดลงเมื่อความเร็วลมสูงขึ้น) จะสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนขณะใดขณะหนึ่งของแผงรับรังสีได้ดังนี้

$$\eta_i = \frac{Q_u}{A_c G_T} = \frac{\dot{m} C_p (T_{f,i} - T_{f,o})}{A_c G_T}$$

- เมื่อ
- η_i = ประสิทธิภาพแผงรับรังสีขณะใดขณะหนึ่ง (เศษส่วน)
 - A_c = พื้นที่แผงรับรังสีเฉพาะส่วนที่สามารถดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (m^2)
 - G_T = รังสีรวมที่ตกกระทบบนระนาบของตัวรับรังสี (W/m^2)

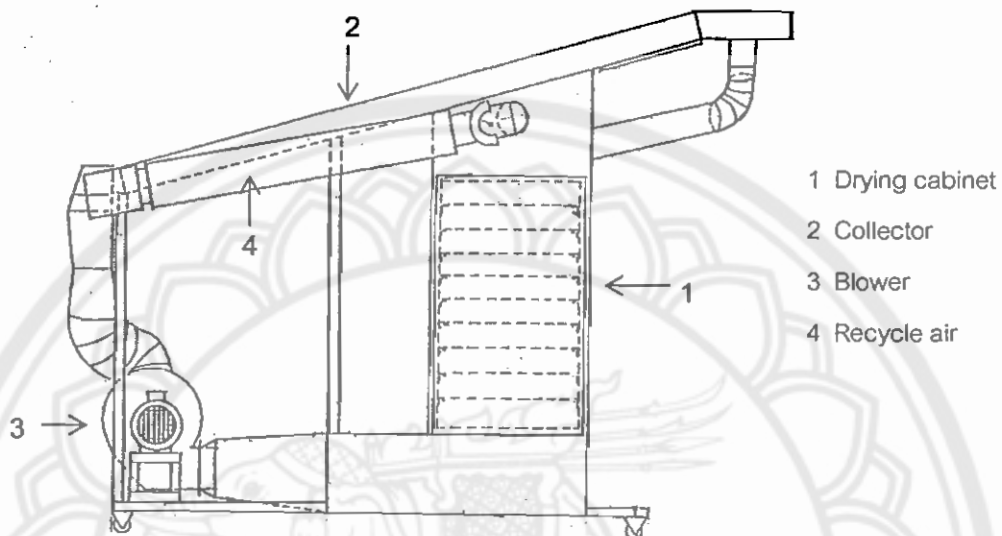


4. การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยวิธีและรูปแบบต่างๆ ซึ่งในแต่ละรูปแบบมีแนวทางในการศึกษาถึงสภาวะในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่มีผลมาจากอิทธิพลของตัวประกอบหลายๆ อย่าง เช่นลักษณะของตู้อบแห้ง อุณหภูมิในการอบแห้ง ลักษณะของการไหลของอากาศร้อน อัตราส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวนั้นต้องมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการอบแห้ง โดยผลงานวิจัยที่ทำการศึกษากลับมาโดยสังเขป ดังนี้

ณัฐภูมิ ดุษฎี [4] ศึกษาวิจัยการพัฒนาระบบอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม โดยทำการศึกษาด้านเทคนิคและความเป็นไปได้ในการอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์บางส่วน โดยพลังงานหลักมาจากขดลวดความร้อนซึ่งใช้ไฟฟ้า เป็นตัวอุ่นอากาศร้อนสำหรับการอบแห้ง ในงานวิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งเป็นชนิดถาดอยู่กับที่ทรงสี่เหลี่ยม มีขนาด $0.6 \times 1 \times 1$ m ภายในมีถาดวางซ้อนกัน 8 ถาด มีตัวรับรังสีอาทิตย์เป็นแบบที่มีชั้นอากาศหนึ่งมีพื้นที่ตัวรับรังสี 2.5 m^2 มีท่อลมสำหรับนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ ปลายท่อมีวาล์วผีเสื้อสำหรับปรับสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ ดังแสดงในภาพ 4 จากนั้นทำการทดสอบโดยการอบกล้วยที่สภาวะต่างๆ คืออุณหภูมิในการอบแห้ง 60°C 70°C และอัตราการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ร้อยละ 60 และ 80 ของอากาศอบแห้งทั้งหมด โดยพิจารณาถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง คือ อุณหภูมิอากาศร้อนที่ใช้อบแห้ง อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ อัตราการไหลเวียนกลับของอากาศ และทำการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ 60°C ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีผิวแห้งและสีสวย อ่อนนิ่ม เป็นไปตามความต้องการ ส่วนที่ 70°C พบว่าผลิตภัณฑ์มีผิวแข็งและสีที่เข้มเกินไป มีคุณภาพไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ในการทดลองทั้ง 60°C และ 70°C ที่อัตราส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 60-80% นั้น พบว่าที่อัตราส่วนอากาศเวียนกลับร้อยละ 80 จะสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำกว่าที่อัตราส่วนอากาศเวียนกลับร้อยละ 60 และที่อัตราส่วนอากาศเวียนกลับที่สูงกว่าคือร้อยละ 90-95 พบว่าเวลาในการอบแห้งจะเพิ่มมากขึ้นกว่าที่อัตราส่วนอากาศเวียนกลับร้อยละ 90 จึงทำให้อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสูงขึ้น ทางด้านการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ พบว่าจุดคุ้มทุนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของราคากลับที่อบโดยวิธีธรรมชาติ และอบด้วยตู้อบแห้ง ที่ราคาต่างกัน 2-3 Baht/Kg จะมีจุดคุ้มทุน 5.4 และ 3.6 ปีตามลำดับ เมื่อแยก

พิจารณาในส่วนของตัวรับรังสีอาทิตย์พบว่าจะมีจุดคุ้มทุน 0.8 ปี และสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าของตัวอุ่นอากาศได้ 23%



ภาพ 4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโมดูล

จงจิตร หิรัญลาภ, ชนาภานต์ อาษาสุจริต และคณะ [5] ทำการทดลองอบแห้งพริกโดยใช้พลังงานความร้อนจากเตาผลิตแก๊สแบบไหลขึ้น ในการทดลองใช้เครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากโปรดิวเซอร์แก๊ส (Producer gas) ระบบอบแห้งนี้สามารถอบแห้งได้ตลอด 24 ชั่วโมง ตู้บรรจุผลิตภัณฑ์อบแห้งมีขนาด $0.6 \times 1 \times 1$ m ในการทดลองนี้สามารถควบคุมคุณภาพของพริกได้ โดยตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งคือ ระยะเวลาในการอบแห้ง และอัตราการไหลของอากาศ พบว่าสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมในการอบแห้งพริกชี้ฟ้าแดงคือที่อัตราการไหลของอากาศ 0.082 kg/s อุณหภูมิในห้องอบแห้งเฉลี่ย 63 °C โดยใช้พริกปริมาณ 17.18 kg สามารถลดความชื้นจากร้อยละ 86 มาตรฐานเปียก ลงเหลือร้อยละ 15 มาตรฐานเปียก โดยใช้เวลาในการอบแห้งอย่างต่อเนื่องทั้งหมด 19 ชั่วโมง เมื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพและความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งแบ่งเป็นพลังงานความร้อนจากโปรดิวเซอร์แก๊ส และพลังงานที่ได้จากมอเตอร์ของพัดลมเป่าอากาศคิดเป็นร้อยละ 71.6 และ 28.4

ของพลังงานที่สิ้นเปลืองตามลำดับ โดยมีต้นทุนการระเหยน้ำ 1 kg ออกจากพริกชี้ฟ้าแดงของเครื่องอบแห้งนี้มีค่า 54.3 Baht/kg H₂O evap เมื่อกำหนดอายุการใช้งานของเครื่องอบแห้ง 10 ปี

พัฒนาภรณ์ ใจอุตม์ [6] ศึกษาวิจัยการอบพริกชี้ฟ้าด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับหมุนเวียนลมร้อน ทำการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งพริกสดที่เหมาะสม โดยทำการทดลองอบแห้งพริกชี้ฟ้าพร้อมกับการศึกษาหาผลกระทบของการลวกพริกในน้ำเดือดก่อนอบต่อกระบวนการอบแห้งโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 ทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการสลับลมร้อนเข้าด้านบนและด้านล่าง ซึ่งใช้วิธีสลับลมร้อนที่ 3 5 และ 7 ชั่วโมง ในขั้นตอนที่ 2 ทดลองใช้วิธีลวกและไม่ลวกพริกก่อนอบแห้ง ในการอบแห้งแต่ละครั้งบรรจุพริกประมาณ 23 กิโลกรัม ความหนาของชั้นพริกประมาณ 60 เซนติเมตร ความเร็วลม 0.2 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิในการอบแห้งคือ 75 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ของอัตราการลดความชื้น (%M_w/hr) ลักษณะปรากฏ เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายและคุณภาพสีของพริกแห้งหลังอบของการสลับลมทุกวิธี โดยการสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมงเป็นช่วงเวลาที่ผู้ทดลองเลือก เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาและแรงงานในการสลับลมมากครั้ง และใช้เวลาในการอบแห้งทั้งหมด 14 ชั่วโมง ทำการอบแห้งจากความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 74.91 มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 12.42 มาตรฐานเปียก สำหรับผลการทดลองหาผลกระทบของการลวกพริกในน้ำเดือดต่อกระบวนการอบแห้ง พบว่าการลวกไม่มีผลต่ออัตราการลดความชื้น โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในด้านของคุณภาพของสีพบว่า การลวกจะทำให้คุณภาพสีของพริกแห้งหลังอบมีคุณภาพดีกว่า จากการทดลองสรุปได้ว่า การอบพริกด้วยวิธีสลับลมร้อนตามงานวิจัยนี้ไม่มีผลต่อพริกแห้งที่ได้ แต่พบว่าการทดลองด้วยวิธีสลับลมร้อนนี้มีแนวโน้มของการลดความชื้นสูงกว่าการไม่สลับลมร้อน เนื่องจาก การสลับลมร้อนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายลมร้อนภายในตู้อบแห้ง

จงจิตร หิรัญลาภ และคณะ [7] ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งกระเทียมโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากโปรตีนเทอร์แก๊ส ในการศึกษาการอบแห้งกระเทียมนี้เพื่อกำหนดสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับกระเทียมโดยจะศึกษาเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง อุณหภูมิ และความสิ้นเปลืองพลังงาน ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และระยะเวลาการคืน

ทุนของระบบอบแห้ง ซึ่งในเวลากลางวันจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากแผงรับรังสีอาทิตย์ขนาด 2.5 ตารางเมตร วางเอียงทำมุม 14° ติดตั้งอยู่ด้านบนของเครื่องอบแห้ง ส่วนในเวลากลางคืนจะใช้พลังงานจากชีวมวลในการศึกษาจะทำการอบแห้งกระเทียมหนัก 30 กิโลกรัม โดยจากความชื้นเริ่มต้น ร้อยละ 67 มาตรฐานเปียก จนกระทั่งได้ความชื้นของกระเทียมแห้งที่ร้อยละ 60 มาตรฐานเปียก แบ่งการอบแห้งเป็น 2 กรณี

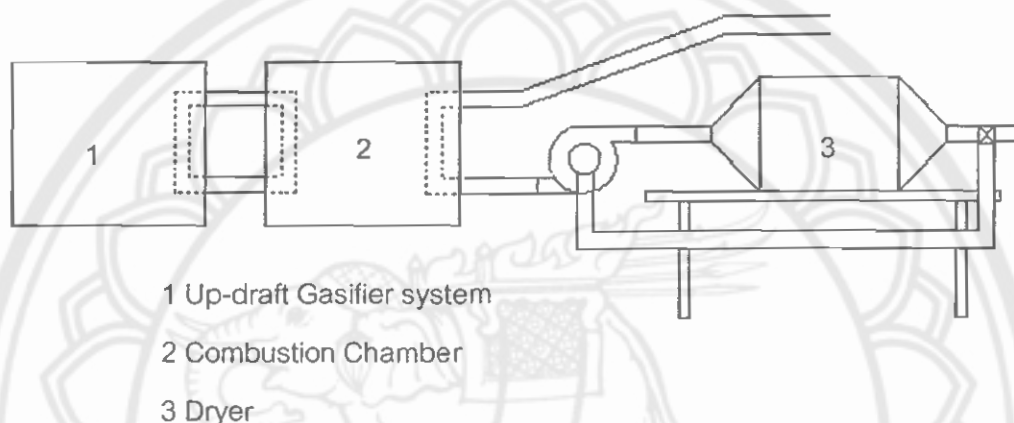
โดยกรณีที่ 1 ทำการอบแห้งโดยใช้พลังงานจากชีวมวลเพียงอย่างเดียว อุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 55.6°C ใช้เวลาในการอบแห้ง 14 ชั่วโมง

และกรณีที่ 2 ทำการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวล อุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 45.4°C ใช้เวลาในการอบแห้ง 15 ชั่วโมง

อัตราการไหลของอากาศที่ใช้ออบแห้งคือ 0.17 kg/s จากการศึกษาด้านการสิ้นเปลืองพลังงานมาจาก 1. พลังงานชีวมวล 2. พลังงานแสงอาทิตย์ 3. พลังงานไฟฟ้า พบว่าในการอบแห้งกระเทียมทั้ง 2 กรณีไม่แตกต่างกันมาก คือกรณีที่ 1 ใช้เวลาในการอบแห้ง 14 ชั่วโมง และกรณีที่ 2 ใช้ 15 ชั่วโมงซึ่งเป็นการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 8 ชั่วโมงและพลังงานชีวมวล 7 ชั่วโมง แต่จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานแล้วพบว่าพลังงานความร้อนที่ได้มากจากพลังงานชีวมวลมากกว่าร้อยละ 60 ของพลังงานทั้งหมด แต่ข้อได้เปรียบของ กรณีที่ 2 คือ ถ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวลจะสามารถประหยัดพลังงานชีวมวลได้ร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมด ในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์กำหนดระยะเวลาในการอบแห้งไว้ที่ 60 90 และ 140 วัน/ปี พบว่าค่าใช้จ่ายในการอบแห้งกระเทียม คือ 94.9 73.1 และ 58.2 บาทต่อกิโลกรัมน้ำระเหยตามลำดับ ระยะเวลาคืนทุนคือ 4 3 และ 2 ปีตามลำดับ

ปัจจุบันมีความต้องการตะไคร้แห้งเพื่อเป็นเครื่องเทศอย่างมาก จึงมีการผลิตตะไคร้แห้งอย่างแพร่หลาย ซึ่งการผลิตตะไคร้แห้งรูปแบบเก่าเกษตรกรจะใช้การตากแดดกลางแจ้งใช้ระยะเวลาในการทำแห้งประมาณ 2-3 วัน เป็นระยะเวลาค่อนข้างนานเมื่อเทียบกับการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย จึงเป็นแนวความคิดให้ ศิริศักดิ์ ศิริสมบุญ [8] ออกแบบและศึกษาการอบแห้งตะไคร้โดยใช้พลังงานจากโปรตีนเซอร์แก๊ส โดยใช้เชื้อเพลิงไม้ไผ่ข่าวหลามในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส ตู้อบแห้งที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 0.6 m^3 เชื่อมต่อกับระบบผลิตโปรตีนเซอร์แก๊ส ดังแสดงในภาพ 5 โดยทำการอบตะไคร้ น้ำหนัก 6 kg ใช้เวลาในการอบแห้ง 6 ชั่วโมง ใช้เชื้อเพลิงในการอบแห้ง 45 kg ต่อการอบแห้ง 1 รอบ สามารถลดความชื้นเริ่มต้นจากร้อยละ 516 มาตรฐานแห้ง (ร้อยละ 84 มาตรฐานเปียก) จนเหลือความชื้น

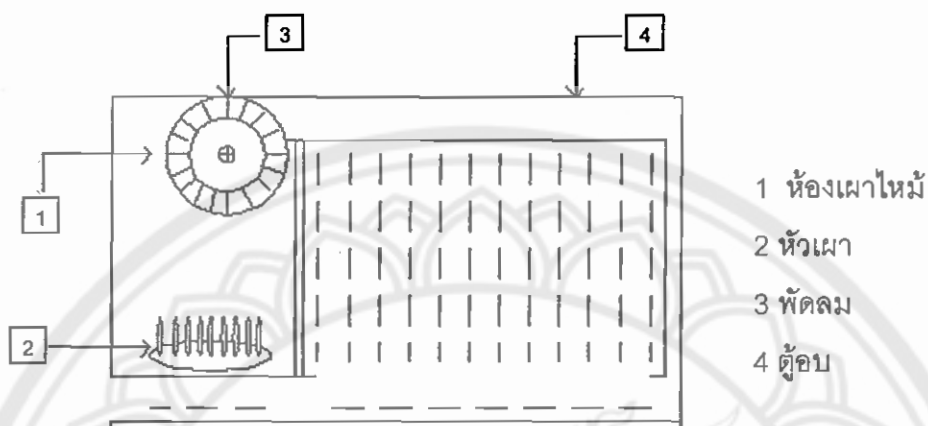
สุดท้ายร้อยละ 10 มาตรฐานแห้ง (ร้อยละ 9 มาตรฐานเปียก) อุณหภูมิเฉลี่ยในการอบแห้ง 80°C และให้ความเร็วลมของอากาศเข้าสู่ตู้อบแห้งที่ 0.22 m/s ซึ่งระยะเวลาในการอบแห้ง 6 ชั่วโมง และการทดสอบคุณภาพสีของตะไคร้ก่อนอบและหลังอบ ซึ่งสีของตะไคร้อบแห้งที่ได้จะต้องมีความใกล้เคียงกับสีของตะไคร้ก่อนอบแห้ง สีของตะไคร้ก่อนอบจัดอยู่ในโทนของสี green-white จากการทดลองพบว่าสีของตะไคร้หลังอบแห้งอยู่ในกลุ่ม green-yellow ซึ่งใกล้เคียงกับสีของตะไคร้ตามที่ห้องตลาดต้องการ



ภาพ 5 การอบแห้งตะไคร้โดยใช้พลังงานจากโปรตีนเซอร์แก๊ส

ทวีชัย นิมาแสง [9] ทำการปรับปรุงเครื่องอบแห้งแบบกระบะ ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบเก่า อากาศร้อนจากการเผาไหม้จะไหลจากด้านล่างสู่ด้านบน จากการอบแห้งแบบนี้พบว่าผลผลิตได้รับความร้อนและแห้งไม่สม่ำเสมอ จึงได้ทำการปรับปรุงเครื่องอบแห้งโดยให้มีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนไหลแทรกผ่านชั้นผลผลิตจากด้านบนลงสู่ด้านล่างมีลักษณะการทำงานดังภาพ 6 จากหลักการนี้ ผลผลิตที่อยู่ด้านบนของกระบะจะทยอยแห้งก่อนด้านล่าง สามารถทยอยนำผลผลิตที่อยู่ส่วนบนซึ่งแห้งก่อนไปเก็บรักษาไว้ ส่วนผลผลิตที่อยู่ระดับถัดลงไปซึ่งยังไม่แห้งก็จะทำการอบแห้งต่อไป ในการทดลองใช้เครื่องอบแห้ง ขนาด 0.85 m^3 ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้ง การทดลองทำการอบแห้งลำไยบรจุ 450 กิโลกรัม แบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นละ 150 กิโลกรัม ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 80°C องศาเซลเซียส แต่ละชั้นจะแห้งในเวลาที่ไม่เท่ากัน คือ ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เป็น 35 45 และ 52 ชั่วโมงตามลำดับ ได้ผลผลิตลำไยแห้งรวม 138.8 กิโลกรัม โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิ

ระหว่างชั้นเท่ากับ 10-15 °C เนื่องจากลำไยมีความชื้นสูง ลดความชื้นลำไยจากความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 75.84 มาตรฐานเปียก เหลือ 20.4 19.3 และ 19.03 มาตรฐานเปียก ตามลำดับ



ภาพ 6 เครื่องอบแห้งแบบชั้นแบนราบ

สุเมธ รุจินินนาท และคณะ [10] ทำการออกแบบ สร้างและประเมินสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลไม้ชนิดตู้โดยใช้แก๊สหุงต้ม เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนแก่อากาศอบแห้ง เครื่องอบแห้งมีขนาด 0.95x1.43x0.95 ลูกบาศก์เมตร ห้องอบแห้งสามารถบรรจุได้ 2 คัน และสามารถอบแห้งผลไม้ได้ครั้งละ 100 - 200 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ในการประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้งได้พิจารณาถึงความสิ้นเปลืองพลังงาน คุณภาพของสีผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งและลักษณะการกระจายของลมภายในห้องอบแห้ง ความสม่ำเสมอของลมที่ไหลผ่านห้องอบแห้งแสดงโดยการกระจายของอุณหภูมิและความชื้นของผลิตภัณฑ์ภายในห้องอบแห้ง เทคนิคนี้เป็นวิธีการวัดโดยทางอ้อม จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าการติดตั้งใบปรับทิศทางลมสามารถลดความแตกต่างของความชื้นผ้าฝ้ายในแต่ละรถเข็นอย่างเห็นได้ชัด ในการทดลองอบแห้งกล้วยน้ำว้าและเงาะที่ 60°C อัตราการไหลของอากาศ 0.95 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และสัดส่วนอากาศหมุนเวียนกลับ 81.6 เปอร์เซ็นต์ พบว่าในการอบแห้งกล้วยจากความชื้นร้อยละ 34.2 มาตรฐานแห้ง จนเหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 52.6 มาตรฐานแห้ง มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 51.6 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำระเหย สำหรับในการอบแห้งเงาะมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 9.12 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย โดยลดความชื้นร้อยละ

45 มาตรฐานแห่ง ในการประเมินค่าใช้จ่ายในการอบแห้งผลไม้ พบว่าค่าใช้จ่ายทั้งหมดมีค่าอยู่ในระหว่าง 4.38 – 5.27 กิโลกรัมน้ำระเหย โดยแบ่งออกเป็นค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้งมีค่าระหว่าง 1.67 – 2.48 บาท ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าและแก๊สหุงต้มมีค่าระหว่าง 2.43 – 2.47 บาท และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องมีค่าระหว่าง 0.24 – 0.35 บาท

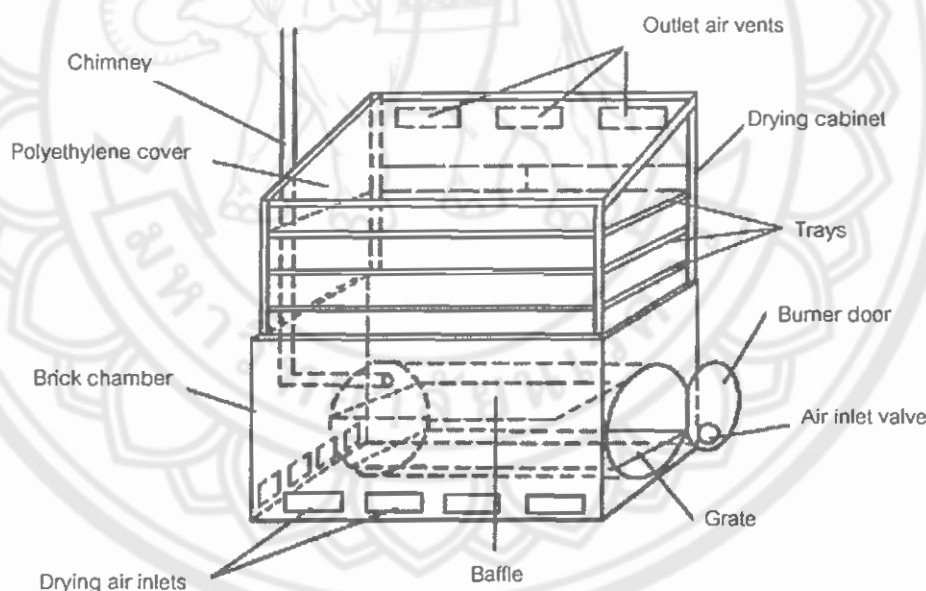
ชูศักดิ์ ขวประดิษฐ์ [11] ทำการทดสอบการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยการอบแห้งจะต้องมีความเร็วลมและปริมาณของลมร้อนที่เหมาะสมและมีการกระจายของลมร้อนอย่างสม่ำเสมอ จากการทดลองอบแห้งซึ่งมีขนาด 6x6x15 mm ปริมาณ 5 กิโลกรัม ที่ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 83.5 มาตรฐานเปียก อบแห้งจนกระทั่งได้ความชื้นสุดท้ายร้อยละ 12 มาตรฐานเปียก ที่อุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ 37.5 °C 47 °C และ 56 °C พบว่าที่อุณหภูมิอากาศอบแห้งต่ำ จะต้องใช้เวลาในการอบแห้งมากและจะสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า ที่ 37.5 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 6.1 ชั่วโมง สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 22.2 kWh ที่ 47 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 4.5 ชั่วโมง สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 16.9 kWh และที่ 56 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 3.4 ชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงพลังงานไฟฟ้า 13.3 kWh

วัฒน์พงษ์ รัชชวิเชียร และคณะ [12] สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์แบบใช้แผงรับรังสีอาทิตย์ในการทำอากาศร้อน เพื่อจะแก้ปัญหาของเกษตรกรในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร โดยทำการศึกษเปรียบเทียบเครื่องอบแห้งที่มีการวางแผงรับรังสีอาทิตย์ในแนวระนาบกับพื้นดิน และระบบที่มีแผงรับรังสีอาทิตย์แยกและวางทำมุม 17 องศา กับพื้นดิน ซึ่งจากการทดสอบพบว่าเครื่องอบแห้งที่มีการวางแผงรับรังสีแบบทำมุมเอียง 17 องศา กับพื้นดินมีอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งสูงเฉลี่ยถึง 60 °C และยังพบว่าพบว่าลักษณะการวางแผงรับรังสีอาทิตย์มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งาน ในรูปแบบที่วางทำมุมเอียง 17 องศา สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สูงขึ้น สามารถใช้ในการอบแห้งได้หลายผลิตภัณฑ์โดยมีความร้อนเสริมจากแก๊สหุงต้มในตอนกลางคืน

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน [13] ได้ศึกษาเตาเผาชีวมวลประสิทธิภาพสูงที่นำเข้ามาจากประเทศจีน รุ่น RSL-I-8 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพความร้อนของเตาผลิตแก๊ส และความเป็นไปได้ในการนำความร้อนจากเตาผลิตแก๊สนี้ไปใช้กับอุตสาหกรรมขนบพของไทย โดยการทำการทดสอบด้วยการใช้เชื้อเพลิงแข็ง 4 ชนิด คือ ไม้พืน ชังข้าวโพด แกลบอัดแท่ง และชีเลื่อยอัดแท่ง

ผลการทดสอบพบว่าไม้พินและซังข้าวโพด ให้คุณภาพแก๊สจากเตาเผา ซึ่งมีประสิทธิภาพความร้อนในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 70 - 80 และความร้อนที่ได้ออกมาประมาณ 100,439 kcal/hr ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะนำความร้อนที่เกิดจากการใช้ลมร้อนอาทิเช่น การอบเมล็ดพันธุ์พืช การอบยาง เป็นต้น

BENON BENA and R.J. FULLER [14] ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการพาความร้อนตามธรรมชาติ (natural convection) ซึ่งเป็นแบบรับรังสีอาทิตย์โดยตรงและใช้พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานเสริมในการอบแห้ง มีการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในกระบวนการอบแห้งผักและผลไม้ เครื่องอบแห้งมีขนาด 1.2 m x 1.2 m พื้นที่ใช้ในการอบแห้งประมาณ 3 m² โดยส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งแสดงดังภาพ 7 ทำการทดลองอบแห้งสับปะรด โดยทำการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานเสริมจากชีวมวลในตอนกลางคืน

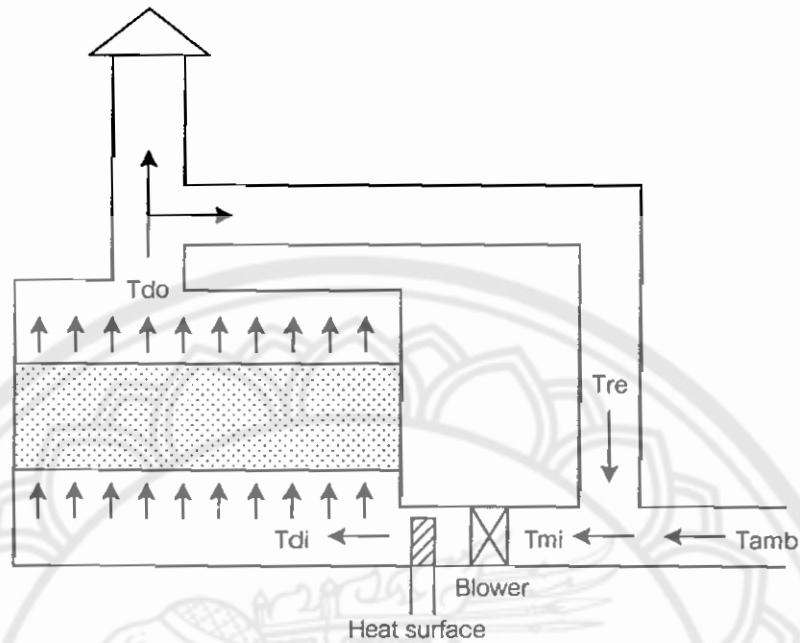


ภาพ 7 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนตามธรรมชาติ โดยมีตัวทำความร้อนสำรองจากชีวมวล

ในการทดลองอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหลักและใช้พลังงานเสริมจากชีวมวลในตอนกลางคืนเพื่อให้การอบแห้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เครื่องอบแห้งรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงเพื่อใช้ในการอบแห้ง มีช่องอากาศเข้าเครื่องอบแห้งอยู่ทางด้านล่างและอากาศขึ้นจะมีช่องทางออกอยู่ทางด้านบน เมื่อสภาวะที่ค่าความเข้มข้นรังสีอาทิตย์มีค่าต่ำหรือเข้าใกล้ 0 ก็จะไม่มีความร้อนจากแหล่งพลังงานเสริมซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงไม้ สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ประมาณ 90-100 °C การทดลองอบแห้งจะคำนึงความจุผลิตรากพืช ระยะเวลาอบแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำการอบแห้งสับปะรดน้ำหนัก 20-22 กิโลกรัม ระยะเวลาในการอบแห้ง 3-5 วัน ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 559 มาตรฐานแห้ง ลดลงเหลือร้อยละ 11 มาตรฐานแห้ง ปริมาณความชื้นที่ระเหยร้อยละ 47 ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และอีกร้อยละ 53 ใช้พลังงานจากแหล่งความร้อนเสริม ซึ่งมีความสิ้นเปลืองพลังงานทั้งหมด 463 MJ และพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในตอนกลางวันคิดเป็น 112 MJ

อารีย์ อัจฉริยะวิริยะ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และจิรวรรณ เตียรสุวรรณ [15] วิจัยและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการอบแห้งลำไย โดยที่จุดประสงค์ของงานวิจัยเป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และทดลองอบแห้งลำไย เพื่อประเมินสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งซึ่งจะพิจารณาถึงการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเป็นหลัก และอีกส่วนหนึ่งคือการเปลี่ยนแปลงของอัตราการอบแห้ง โดยตัวแปรที่นำมาประกอบการพิจารณา และตรวจสอบแบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับการทดลอง ได้แก่อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง อัตราการไหลอากาศจำเพาะ และอัตราการนำอากาศกลับมาใช้ ซึ่งพบว่าตัวแปรทั้ง 3 มีผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่างกัน แต่สัดส่วนการนำอากาศกลับมา ในการทดลองทำการอบแห้งลำไยจำนวน 1,000 kg โดยใช้ค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

- อุณหภูมิในการอบแห้งตั้งแต่ 60-80 °C
 - สัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ตั้งแต่ 0-95%
- และ - อัตราการไหลอากาศจำเพาะ 10, 12, 25 และ 28 kg-dry air/h-kg



ภาพ 8 ไดอะแกรมของเครื่องอบแห้งแบบตู้

จากผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งลำไย สำหรับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
จำเพาะอยู่ที่ 3.3 MJ/kg-water อัตราการนำอากาศกลับมาใช้ร้อยละ 95 ของอากาศอบแห้งทั้งหมด
อัตราการไหลอากาศจำเพาะ 28 kg-dry air/h-kg และอุณหภูมิในการอบแห้งเท่ากับ 75 °C โดยการ
อบแห้งสามารถลดความชื้นของลำไยจากร้อยละ 316 มาตรฐานแห้ง เหลือความชื้นร้อยละ 42
มาตรฐานแห้ง ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งทั้งสิ้น 33 ชั่วโมง ในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าการ
อบแห้งลำไยเมื่อต้องการประหยัดพลังงานจำเพาะในการอบแห้ง ตัวแปรที่สำคัญคือความเหมาะสม
ของการนำอากาศกลับมาใช้เป็นส่วนใหญ่

สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาถึงสภาวะและความเหมาะสมเบื้องต้นในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยใช้เครื่องอบแห้งประเภทเครื่องอบแห้งที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล เครื่องอบแห้งแบบชั้น แบบถาด เครื่องอบแห้งแบบสลับลมร้อน โดยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองการอบแห้ง คืออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ความชื้นวัสดุ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ได้ศึกษา เช่นพริก ขิง ตะไคร้ กระเทียม ฯลฯ มีรูปแบบการอบแห้งเป็นการใช้ความร้อนร่วมเช่นการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนจากชีวมวล การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้า เป็นต้น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งอยู่ในช่วง 60 °C ขึ้นไป โดยไม่ควรเกิน 90 °C เพราะอุณหภูมิสูงเกินไปสำหรับการอบแห้งจะมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ทำให้ไหม้หรือเสียหายได้ และอัตราการนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่สามารถช่วยประหยัดพลังงานในการอบแห้งได้ โดยที่ความเหมาะสมของอัตราส่วนอากาศเวียนกับร้อยละ 60-80 จะสามารถประหยัดพลังงานได้สูงสุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ใช้อบแห้งด้วยเช่นกัน จากการศึกษาวิจัยพบว่า

1. อุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสมในการอบแห้ง

- พริกชี้ฟ้า 80 °C
- ใบมะกรูด 60 °C
- ตะไคร้ 70 °C

2. อัตราส่วนการนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ร้อยละ 60-80 ของอากาศอบแห้งทั้งหมดจากอุณหภูมิและอัตราการนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ที่ศึกษาจากงานวิจัยจะใช้ในการทดลองอบแห้งเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและอัตราส่วนการประหยัดพลังงานของการอบแห้งทั้งหมด