เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

(Drying with solar energy technology)

วัลลภ หอมระหัด*

1.ความหมายของการอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยความร้อนที่ใช้เป็นความร้อนแฝงของการระเหย ผลิตผลส่วนใหญ่จะมีความชื้นค่อนข้างสูงขณะทำ การเก็บเกี่ยว ทำ ให้เก็บรักษาได้ไม่นาน การอบแห้งจะช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตได้เป็นระยะเวลายาวนานขึ้น โดยประโยชน์ของการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาจสรุปได้ตามลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้

1 เพื่อการถนอมรักษาอาหาร อาหารที่แห้งแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสียเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีน้อย

2 เพื่อลดปริมาณและ น้ำหนักโดยอาหารที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและน้ำหนักลดลง ทำ ให้สามารถลดต้นทุนการเก็บรักษาและการขนส่ง

3 เพื่อช่วยให้กระบวนการการผลิตดีขึ้น ในกรณีนี้อาจจะไม่จริงเสมอไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตนั้นๆ

ภาพประกอบ 1 ผลิตภัณฑ์การอบแห้งต่างๆ

ที่มาhttp://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=77:-passive&catid=52&Itemid=68

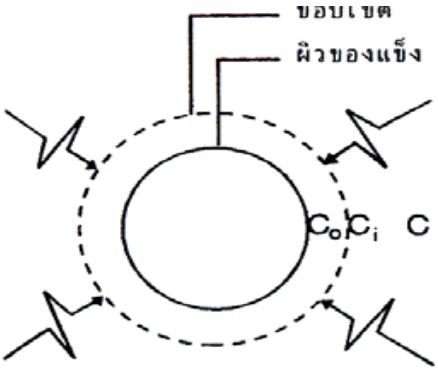
*อาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

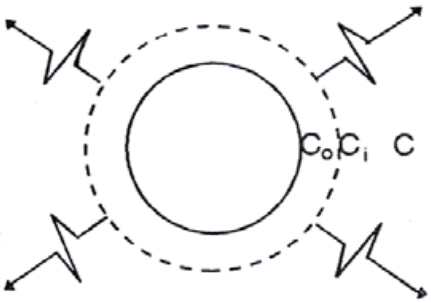
การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเป็นกระบวนการหนึ่งในงานด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งเทคโนโลยีการอบแห้งเป็นสิ่งที่ไม่ซับซ้อน แต่การวางแผนการดำเนินการอบแห้ง (drying strategy) ภายใต้สภาวะอากาศและเงื่อนไขที่กำหนดเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ได้วิธีการดำ เนินการที่เหมาะสมที่สุด และนอกจากการศึกษาด้านการวางแผนการดำเนินการอบแห้งแล้ว การพิจารณาชนิดของพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งก็เป็นสิ่งจำเป็นเช่นกัน ซึ่งในกระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอื่นๆ โดยความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งจะได้จากไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร และพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ปัจจุบันมีการพึ่งพาการนำ เข้าพลังงานเป็นจำนวนมา ในการศึกษาการเผาไหม้ของเหลือใช้จากการเกษตร และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์นับว่าเป็นแนวทางที่น่าสนใจมาก เพราะสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้

2 พื้นฐานการอบแห้ง

พื้นฐานการอบแห้งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความเข้าในเรื่องการอบแห้งความรู้พื้นฐานนี้เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์การอบแห้ง

สมศักดิ์ ดำ รงค์เลิศ (2528) อธิบายทฤษฎีการถ่ายเทมวลสารระหว่างผิวของแข็งและของไหลซึ่งสรุปได้ว่า ปริมาณการถ่ายเทขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ของความเข้มข้นของสาร กล่าวคือที่ใดมีมวลมากกว่าก็จะกระจายไปหรือเดินทางไปยังที่มีความเข้มข้นมากกว่า แสดงดังภาพประกอบ 2 (ก) แสดงลักษณะของมวลของไหลที่ไปเกาะติดอยู่บนผิวของเม็ดของแข็ง ขณะที่ของไหลไหลผ่านเม็ดของแข็งที่ความเร็วขนาดหนึ่ง ของไหลจะไหลอย่างมีระเบียบที่บริเวณใกล้เคียงกับเม็ดของแข็ง บริเวณนี้มีชั้นของขอบเขตหนามากน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับขนาดของความเร็วของไหลที่ไหลผ่านขึ้นมา ภายในอาณาบริเวณขอบเขตนี้ การถ่ายเทมวลสารเป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งมีขนาดเท่ากับการฟุ้งกระจายของโมเลกุลนอกเหนือจากชั้นขอบเขตแล้ว การถ่ายเทมวลสารจะเป็นลักษณะการพามวลแบบบังคับ (forceconvection mass transfer) ความเข้มข้นของสารในกระแสของไหล C ต้องสูงกว่าความเข้มข้นที่ขอบเขต Ci และความเข้มข้นที่ขอบเขต Ci ต้องสูงกว่าความเข้มข้นที่ผิวของเม็ดของแข็ง Co ในทางตรงกันข้าม ถ้ามวลจากของแข็งละลายหรือแพร่กระจายในกระแสของไหลดังภาพประกอบ 2 (ข) ค่า Co ย่อมสูงกว่าค่า Ci และค่า Ci ย่อมสูงกว่าค่า C





(ก) การแพร่จากของไหลไปยังผิวของแข็ง (ข) การแพร่จากผิวของแข็งไปยังของไหล

ภาพประกอบ 2 การแพร่ของมวลระหว่างผิวของแข็งและของไหล

ในขณะที่มีการถ่ายเทมวลสาร การถ่ายเทความร้อนก็อาจจะเกิดขึ้นด้วยพร้อมๆ กันซึ่งทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนสามารถสรุปได้ว่าปริมาณการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิ เมื่อพิจารณาภาพ 2 (ก) ถ้าของไหลที่บริเวณขอบเขตมีอุณหภูมิสูงกว่าที่บริเวณผิวของเม็ดของแข็ง ความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณขอบเขตสู่บริเวณผิวของเม็ดของแข็ง การถ่ายเทความร้อนบริเวณผิวของแข็งเป็นแบบการนำ ความร้อน

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

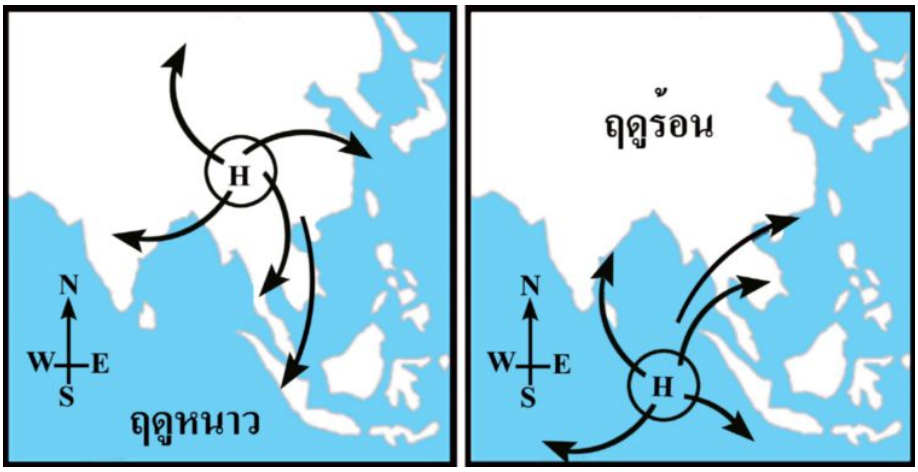
เมื่อพิจารณาการอบแห้งวัสดุเพียงหนึ่งชิ้น พบว่ามีตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้งดังนี้

3.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ การอบแห้งอาหารซึ่งมีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุนส่วนใหญ่จะมีเฉพาะการอบแห้งแบบลดลง ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศแห้งจะทำ ให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวและเนื้อวัสดุมีมากขึ้นเป็นผลให้สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อลดความชื้นของอากาศอบแห้งจะทำ ให้ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น จะมีผลทำ ให้สัมประสิทธิ์การแพร่มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นหากมีการเพิ่มอุณหภูมิและลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งแล้ว จะมีผลทำ ให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น

ภาพประกอบ 3 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

ที่มา http://lanpanya.com/sutthinun/archives/6644

3.2 ความเร็วลม อิทธิพลของความเร็วลมต่อการอบแห้งสำหรับช่วงการอบแห้งคงที่ เมื่อเพิ่มความเร็วลมหรืออัตราการไหลของอากาศ จะมีผลทำ ให้ความหนาของฟิล์มอากาศนิ่งลดลงเป็นผลให้ความต้านทานการถ่ายเทความร้อนและมวลลดลง เนื่องจากความต้านทานที่แผ่นฟิล์มอากาศนิ่งมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับความต้านทานตัวอื่นๆ ดังนั้นการเพิ่มความเร็วลมจึงไม่มีผลต่อการอบแห้งมากนัก



ภาพประกอบ 4 อิทธิพลของความเร็วลม

ที่มา

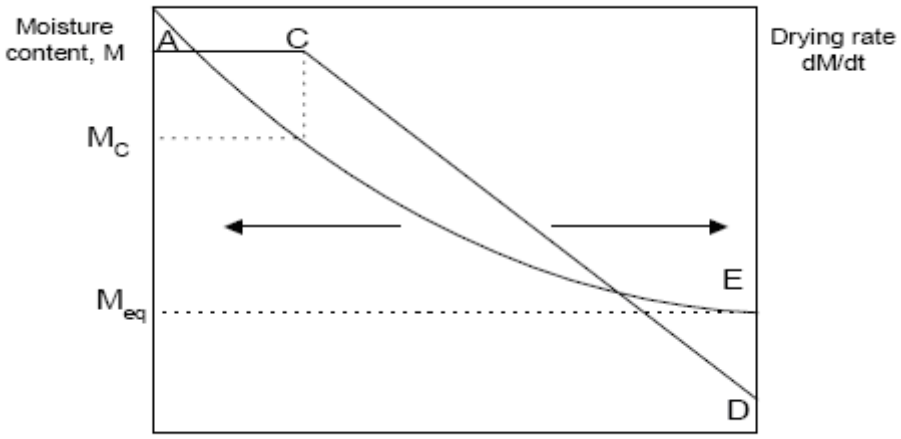
(http://203.172.208.242/tatalad/subject/Science/EarthScience/atmosphere/atm_circulation/atm_circulation / atm_circulation.htm)

3.3ความชื้นของวัสดุอบแห้ง การเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของของเหลวซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณของความชื้น วัสดุที่มีความชื้นสูงจะมีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นสูงด้วย

3.4 ขนาดของวัสดุอบแห้ง วัสดุอบแห้งที่มีขนาดเล็กมีความต้านทานภายในน้อยกว่าจะเป็นผลทำ ให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าแต่หากพิจารณาการอบแห้งวัสดุหลายๆ ชิ้นพร้อมกันแล้ว อัตราการอบแห้งโดยรวมจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศด้วย

4. อัตราการอบแห้ง

การอบแห้ง คือขบวนการที่ความร้อนจากอากาศถ่ายเทให้กับวัสดุที่มีความชื้น และภายในวัสดุจะเกิดขบวนการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลจากวัสดุสู่อากาศพร้อมกับทำ ให้ความชื้นภายในวัสดุลดลง ในขณะที่อากาศร้อนถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุและขณะเดียวกันก็จะพาความชื้นออกจากวัสดุด้วย ขบวนการอบแห้ง 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนที่อัตราการอบแห้งมีค่าคงที่ และขั้นตอนที่อัตราการอบแห้งมีค่าลดลง ขณะอบแห้งเมื่ออบแห้งไประยะหนึ่งอัตราการอบแห้งลดลงถึงความชื้นค่าหนึ่ง เรียกค่าความชื้นที่จุดนี้ว่าความชื้นวิกฤติ ถ้าค่าความชื้นต่ำกว่าค่าความชื้นวิกฤติ ในการอบแห้งนั้นจะมีแต่ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้น ในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ผิวของวัสดุจะมีน้ำมาเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก อัตราการอบแห้งจะถูกควบคุมโดย ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงอิทธิพลของสภาวะอากาศภายนอกจะลดลงด้วย อัตราการอบแห้งจะถูกควบคุมโดยอัตราการแพร่ของน้ำภายในวัสดุมาที่ผิวเท่านั้น ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีความพรุนเมื่อทำ การอบแห้งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ที่สภาวะอากาศคงที่ จากภาพ 2 ช่วง AC คือช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และช่วง CD คือช่วงอัตราการอบแห้งลดลง



ภาพประกอบ 5 อัตราการอบแห้ง

จากภาพ จุด C คือจุดความชื้นวิกฤต (critical moisture content)เป็นจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงช่วงอัตราการอบแห้งแบบคงที่เป็นอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งจุดความชื้นวิกฤตนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ สำ หรับช่วง AC เป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ระยะนี้ความชื้นในวัสดุจะสูงกว่าจุดความชื้นวิกฤต ที่ผิวนอกจะอยู่ในสภาพอิ่มตัว การกระจายความชื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์มีค่าสม่ำเสมอ ความชื้นจะถูกพาออกไปโดยอากาศ การถ่ายเทความร้อนและความชื้นจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของผลิตภัณฑ์เท่านั้น ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ เช่น เมล็ดพืช จะไม่ปรากฏช่วงนี้

ความชื้นในวัสดุเป็นสิ่งที่บอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ น้ำหนักของน้ำในวัสดุจะเปลี่ยนแปลงตามค่าความชื้นในการบอกค่าความชื้นของวัสดุจึงนิยมใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนของน้ำหนักน้ำและน้ำหนักของวัสดุสามารถแสดงได้เป็นสองแบบคือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis) และความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis)

5.การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งออกได้เป็น 3 แบบ

1. การอบแห้งระบบ (Passive) คือ ระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่พัดผ่าน ได้แก่ เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัสดุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่ใช้อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัว อากาศร้อนภายในเครื่อง

อบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศชื้น ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านวัสดุอบแห้ง

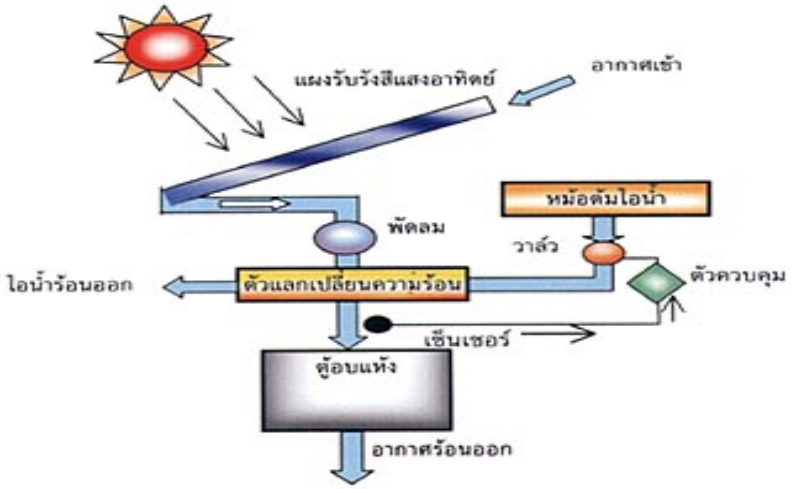
ภาพประกอบ 6 เครื่องอบแห้งระบบ (Passive)

ที่มาhttp://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=77:-passive&catid=52&Itemid=68

ภาพประกอบ 7 เครื่องอบแห้งระบบ (Passive)

ที่มา http://pineapple-eyes.snru.ac.th/stm/index.php?q=node/130

2.การอบแห้งระบบ (Active) คือระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการเช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลม และห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้



ภาพประกอบ 8 เครื่องอบแห้งระบบ (Active)

ที่มา http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Thermal%20Radiation/17-0.htm

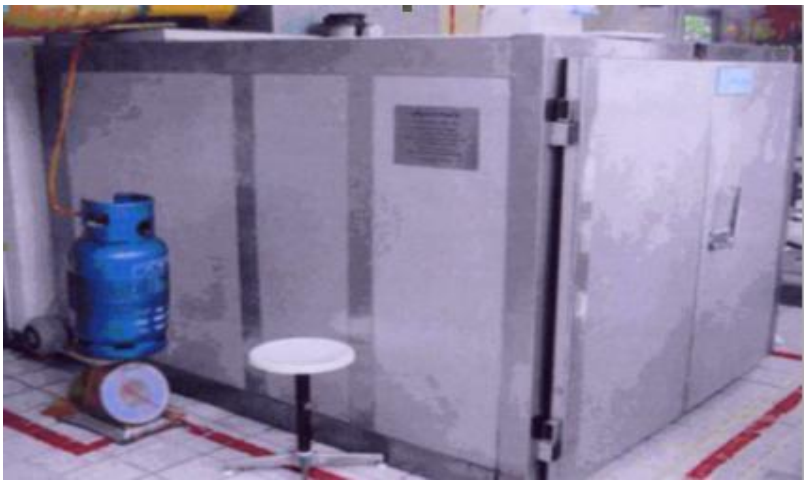
ภาพประกอบ 9 เครื่องอบแห้งระบบ (Active)

ที่มา http://pineapple-eyes.snru.ac.th/stm/index.php?q=node/130

3. การอบแห้งระบบ (Hybrid) คือระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่แสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย

ภาพประกอบ 10 เครื่องอบแห้งระบบ (Hybrid)

ที่มา เครื่องอบแห้งกระชายดำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล มหาวิทยาลัยมหาสาราม



ภาพประกอบ 11 เครื่องอบแห้งระบบ (Hybrid)

ที่มา

http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=77:-passive&catid=52&Itemid=68

เครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยมีหลักการทำงานคือ เครื่องอบแห้งประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งทำด้วยวัสดุใส เมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรังสีคลื่นสั้น ตกลงบนแผงรับแสงนี้แล้วจะทะลุผ่านไปยังวัสดุสีดำ ภายในตู้และเปลี่ยนเป็นรังสีความร้อน ซึ่งความร้อนนี้จะไปกระทบกับอาหารทำให้น้ำในอาหารระเหยออกมา และผ่านออกไปทางช่องระบายอากาศของตู้อบ หรือเครื่องอบมีผลทำให้อาหารแห้ง ในระหว่างการอบแห้งควรกลับผลิตภัณฑ์นั้น วันละ 1-2 ครั้ง เพื่อให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ทุกส่วนได้สัมผัสกับความร้อน ทำให้แห้งเร็วและสม่ำเสมอ เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ทำให้เกษตรกรสามารถทราบจุดคุ้มทุน เป็นการเพิ่มรายได้มากขึ้นจากการอบแห้ง

ข้อดีสำหรับการใช้เครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์

(1) ได้ผลิตภัณฑ์สีสวย และสม่ำเสมอ

(2) สะอาดเพราะสามารถควบคุมไม่ให้ฝุ่นละอองหรือแมลงเข้าไปได้

(3) ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ประหยัดเวลาในการตากได้ประมาณหนึ่งในสาม

(4) ประหยัดพื้นที่ในการตาก เพราะในตู้อบสามารถวางถาดที่จะใส่ผลผลิตได้หลายถาด หรือหลายชั้น

(5) ประหยัดแรงงาน เพราะไม่ต้องเก็บอาหารที่กำลังตากเข้าที่ร่มในตอนเย็น และเอาออกตากในตอนเช้าเหมือนสมัยก่อน ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการผลิตอาหารแห้งลดลง

เอกสารอ้างอิง

จงจิตร์ หิรัญลาภ และคณะ.(2542).การอบแห้งพริกโดยใช้โปรดิวเซอร์แก๊สจากเตาผลิตแก๊สไหลขึ้น. research and development Journal of Engineering institute of Thailand , Under H.M. The King's Patronage, 10(1),68-77

จงจิตร์ หิรัญลาภ และคณะ.(2541). การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งกระเทียมโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากชีวมวล.วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.21(1),23-32

ทวีชัย นิมาแสง.(2545).การปรับปรุงเครื่องลดความชื้นกระบะ.เชียงใหม่ : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์.การอบแห้งทดสอบการอบแห้งผลิตผลการเกษตรด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุปโมงค์: กรุงเทพ:สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม.

ณัฐวุฒิ ดุษฎี .(2534).การพัฒนาระบบอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม. วิทยานิพนธ์ วท.ม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พัฒนาภรณ์ ใจอุตม์.(2542.)การอบแห้งพริกขี้หนูด้านเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน. วิทยานิพนธ์ วท.ม.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุเมธ รุจินินนาทและคณะ.(2545).การอบแห้งผลไม้ด้วยเครื่องอบแห้งแบบตู้ที่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง.วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.9(1),42-49