วารสารวิชาการ
อุตสาหกรรมศึกษา

URL : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/issue/archive

การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

The Development of solar parabolic concentrators in drying process for agricultural products.

หริรักษ์ ควรประดิษฐ์,
อัมพร กุญชรรัตน์, ธนรัตน์ แต้วัฒนา
Harirug Kuanpradit
Amporm Kunchornrat, Thanarat Tavattana.

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษาคณะครุศาสตร์มหาวิทยาศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 วัฒนากรุงเทพฯ 10110
Division of Industrial Education, Faculty of Education, Srinakarinwirot University
114 Sukumvit 23 Wattana Bangkok 10110

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ผลิตกล้วยอบม้วน ในจังหวัดสุพรรณบุรีพัฒนาวิธีการถนอมอาหารและเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งแนวคิดในการออกแบบและสร้างแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ ส่วนจานรวมรังสีอาทิตย์ ขนาดพื้นที่ 4 ตารางเมตร ส่วนขดท่อรับความร้อน ส่วนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนพัดลมระบายความร้อน และส่วนตู้อบแห้ง ซึ่งมีขนาดบรรจุผลผลิตทางการเกษตรมีน้ำหนักมวลรวม 5 กิโลกรัม การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี โดยการทดลองอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่น้ำหนักมวลรวม 5 กิโลกรัมต่อเนื่องกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 52.5 องศาเซลเซียส สามารถผลิตปริมาณความร้อนได้เท่ากับ 2,800 วัตต์ การคำนวณประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเท่ากับร้อยละ 31 และสามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ลงได้ร้อยละ 62.1 ของน้ำหนัก โดยไม่มีจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอบแห้ง การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีดังกล่าว มีระยะเวลาในการคืนทุนที่ 1.5 ปี และมีอัตราผลตอบแทนภายใน(IRR) เท่ากับร้อยละ 53 การประเมินผลความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้องในผลการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็นบุคคล 2 กลุ่ม คือ การประเมินความคิดเห็นกลุ่มผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีโดยแบบสอบถาม ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้าน

หริรักษ์ ควรประดิษฐ์,อัมพร กุญชรรัตน์, ธนรัตน์ แต้วัฒนา
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม 2556 (81-90)

การบำรุงรักษา ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และด้านความคุ้มค่าในการลงทุนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X}$=4.3,S.D.=0.5) และการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการอบแห้ง เฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ($\bar{X}$= 4.7,S.D.=0.2)

คำสำคัญ : *จานรวมรังสี, เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์, กระบวนการอบแห้ง, ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร*

Abstract

The purpose of this research was to develop the parabolic solar concentrator dryer for agricultural products in drying process in order to encourage farmers manufacturers dry banana roll. in Suphanburi. To develop the products processing and to increase the value-added of the products for food processing and preservation. The concept of design and build divided into five parts consisting of a 4 square meters of parabolic solar ray concentrator, heating coil tubes, heat exchanger cooling fan, and drying cabinet with the capacity of 5 kilograms of agricultural products. The performance of the parabolic solar concentrator dryer was conducted by testing Cultivated banana the 5 kilograms of agricultural products with 6 hours continuously. It was found that the average temperature inside the cabinet was 52.5 degrees Celsius which could produce heat of 2,800 watts. The overall heat transfer efficiency calculation of the system was 31 percent and it could reduce moisture from the products of 62.1 percent by weight without waste from the drying process. The economic analysis showed a payback period of 1.5 years and an internal rate of return (IRR) of 53 percent. An evaluation of the opinion of the respondents involved from the research was divided into two groups. For a group of users, the questionnaire was divided into 5 parts consisting of designing, security, maintenance, quality of products and the economic of investment. The assessment of users showed an average of a good level ($\bar{X}$= 4.3, SD = 0.5) and the assessment on satisfaction of consumers was in a very good level ($\bar{X}$= 4.7, SD = 0.2).

Keyword : *Parabolic solar concentrators, Solar drying machine, Drying process, Agricultural product*

ภูมิหลัง

ประเทศไทยมีฐานการผลิตการเกษตรที่เข้มแข็ง เป็นประเทศผู้ผลิตอาหารที่สำคัญรายใหญ่ของโลกโดยมีพื้นที่ทำการเกษตรร้อยละ40 ของพื้นที่ทั้งประเทศ อย่างไรก็ตามผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่จะเป็นไปตามฤดูกาล ซึ่งจะออกมาพร้อมกันในปริมาณมากเกินความต้องการในการบริโภคทั้งหมดในทันที ทำให้เกิดความเสียหายในด้านรายได้ของเกษตรกรวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาที่ดีวิธีหนึ่งก็ คือ การแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรรู้จักการแปรรูปและถนอมผลผลิต ซึ่งหากเกษตรกรรู้จักการแปรรูปและการถนอมอาหารอย่างถูกต้องแล้วจะช่วยให้สามารถถนอมผลผลิตเอาไว้ได้นาน ๆ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตได้กรรมวิธีการแปรรูปอาหารดังกล่าววิธีหนึ่งที่ยังคงได้รับความนิยม แล้วเป็นพื้นฐานของกรรมวิธีผลิตอาหารและเก็บรักษาอาหารให้อยู่ได้นานก็คือการอบแห้ง หรือ การทำแห้ง (Drying)(ชมภู่ ยิ้มโต. 2550 : 91)

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร โดยกระบวนการอบแห้ง พบว่ามีการใช้พลังงานในการอบแห้ง เช่น ไฟฟ้า ก๊าซ และน้ำมันเตา โดยพลังงานที่ใช้จะอยู่ในความร้อน ซึ่งเป็นต้นทุนของผลิตภัณฑ์ในการอบแห้งเฉลี่ยร้อยละ 20-60นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานร่วมและสิ่งแวดล้อมของประเทศอีกด้วย ดังนั้น ในการลดต้นทุนในการใช้พลังงานจึงมีแนวความคิดมาใช้พลังงานสะอาด ได้แก่พลังงานรังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานในการให้ความร้อนสำหรับกระบวนการอบแห้ง ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงาน

ทางเลือกชนิดหนึ่งที่ควรได้รับความสนใจ เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์มีปริมาณมหาศาล และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยหลายปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการพื้นฐานในการออกแบบเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (ธีระศักดิ์ หุดากร. 2552 : 2)สำหรับกระบวนการเก็บรังสีอาทิตย์ แบ่งได้เป็นหลายรูปแบบ และรูปแบบแบบแผ่นราบนั้นจะมีความเหมาะสมกับงานที่ต้องการความร้อนที่ไม่สูงมากนัก การลดพื้นที่ที่เกิดการสูญเสียความร้อนจะทำให้การถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในตัวดูดกลืนที่มีขนาดเล็กจะมีการสูญเสียความร้อนที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบที่อุณหภูมิเดียวกันและตัวรวมรังสีนั้นสามารถใช้ในงานที่มีอุณหภูมิสูงได้ (จงจิตร์ หิรัญลาภ. 2541 : 144 จากการศึกษาชนิดของการรวมรังสีพบว่าระบบจานรวมรังสี มีพื้นที่รวมรังสีมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการรวมรังสีที่อุณหภูมิต่ำซึ่งมักต้องมีพื้นที่รับรังสีมากกว่าอีกทั้งมีระดับอุณหภูมิที่สูงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง โดยเฉพาะการรวมรังสีโดยการใช้จานพาราโบล่า (Parabolic solar concentrators)จะทำให้การรวมรังสีเป็นจุดที่ให้ค่าอุณหภูมิใช้งานได้สูงขึ้นกว่าการใช้อุปกรณ์รับรังสีชนิดอื่น

นอกจากนี้การพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืน เช่น พลังงานรังสีอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนจากธรรมชาติ มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและยังก่อให้เกิดการมีส่วนร่วมของคนในสังคมในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม(โอภาส สุขหวาน : 2555) อีกทั้งยังยืดอายุการใช้งานของแหล่งทรัพยากรที่มีค่าของประเทศ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันปิโตรเลียม หรือถ่านหิน เป็นต้น ให้สามารถใช้ได้อย่างยั่งยืน และ ยาวนาน (ขวัญชัย ลีเผาพันธุ์. 2553 : 2) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยการใช้พลังงานหมุนเวียนจากรังสีอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานทางเลือกในการส่งเสริมให้เกษตรกรพัฒนาวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและสร้างมูลค่าเพิ่มในการแปรรูปอาหารและถนอมอาหาร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1.เพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีที่มีสมรรถนะในการให้ความร้อนในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

2. เพื่อหาประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้แผงรับรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีระบบติดตามดวงอาทิตย์

3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ความสำคัญของงานวิจัย

1. ได้แนวทางในการพัฒนา และสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีที่เป็นต้นแบบในพัฒนากระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในการแปรรูปและถนอมอาหาร

2. ศึกษาประสิทธิภาพรวมระบบของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการลดความชื้นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยการใช้พลังงานทดแทนเพื่อส่งเสริมภาคอุตสาหกรรมในครัวเรือน โดยการพัฒนากรรมวิธีในการผลิตสินค้าแปรรูปทางการเกษตรเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มตามนโยบายหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาการทำวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีสำหรับกระบวนการอบแห้งสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยขอบเขตของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี เพื่อทดสอบประสิทธิภาพรวมของระบบ

2. ทดสอบค่าปริมาณความร้อนที่ผลิตได้และประสิทธิภาพรวมของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี

3.วัตถุดิบที่ใช้เป็นกล้วยน้ำว้าสุก จำนวน 5 กิโลกรัม

4. ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีสำหรับกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในการอบแห้ง
   1.1 พลังงานความร้อนที่ได้รับจากตู้อบแห้ง
   1.2 สัดส่วนร้อยละการระเหยของน้ำจากวัตถุดิบ
2. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

สมมติฐานในการวิจัย

1. เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน

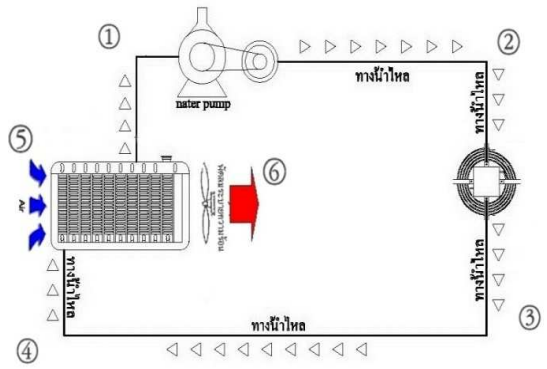
2. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีระเวลาคืนทุนไม่เกิน 2 ปี

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์เพื่อนำพลังงานความร้อนมาใช้ประโยชน์ โดยขั้นตอนการพัฒนาในส่วนของการออกแบบระบบการถ่ายเทความร้อน ผู้วิจัยได้ดำเนินเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ขั้นการออกแบบ

เป็นขั้นตอนการวางแผนและออกแบบวงจรการทำงานของระบบ โดยใช้หลักการและทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนและคุณสมบัติของวัสดุซึ่งจะนำมาใช้ในองค์ประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญของระบบ ประกอบด้วย โครงสร้างของจานรวมรังสีอาทิตย์ ขดท่อรับความร้อน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระบบน้ำ-อากาศ ตู้อบแห้ง พัดลมระบายความชื้น และปั๊มน้ำหมุนเวียน โดยมีวงจรการทำงานของระบบ แสดงดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 วงจรการทำงานของเครื่องอบแห้ง

จากภาพประกอบที่ 1 แสดงวงจรการทำงานของระบบการถ่ายเทความร้อน แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบน้ำ และระบบอากาศ โดยเริ่มจากน้ำหมุนเวียนจะเข้าสู่ปั๊มน้ำในจุดที่ 1 เพื่อเพิ่มแรงดันระดับน้ำให้ไหลเข้าสู่ขดท่อรับความร้อนในจุดที่ 2 ซึ่งเมื่อน้ำได้รับการถ่ายเทความร้อนที่จุดโฟกัสของจานรวมรังสีอาทิตย์ในระยะเวลาหนึ่งแล้วจะทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นและไหลออกจากขดท่อรับความร้อนในจุดที่ 3 จากนั้นจะไหลไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระบบน้ำ-อากาศที่สภาวะอุณหภูมิสูงในจุดที่ 4 และถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศจนมีอุณหภูมิลดต่ำลง และไหลเข้าออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน กลับไปยังจุดที่ 1 เพื่อเริ่มต้นปั๊มน้ำที่สภาวะอุณหภูมิต่ำหมุนเวียนไปรับความร้อนจากจานรวมรังสีอาทิตย์เป็นวัฏจักรตลอดรอบการทำงาน ระบบอากาศเป็นส่วนของการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนเป็นการไล่ความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ โดยอากาศบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิบรรยากาศจะไหลเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในจุดที่ 5 เพื่อเข้ารับความร้อนให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนไหลไหลเข้าสู่ตู้อบแห้งเพื่อไล่ความชื้นให้กับผลิตภัณฑ์ในกระบวนการอบแห้งก่อนไหลออกจากตู้อบแห้งในจุดที่ 6 เพื่อนำความชื้นของผลิตภัณฑ์ออกภายนอกต่อไป

การคำนวณหาปริมาณความร้อนจากการออกแบบวงจรการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์เพื่อเป็นการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ เป็นองค์ประกอบในส่วนต่าง ๆ แสดงได้ดังต่อไปนี้

1.1 การคำนวณปริมาณการระเหยของมวลน้ำในวัตถุดิบภายในตู้อบแห้ง แสดงดังสมการที่ 1

$$M_w = m_i \frac{M_i - M_f}{100 - M_f} \quad (1)$$

เมื่อ M_w คือ มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg)

m_i คือ มวลของผลิตผลก่อนทำการอบแห้ง (kg)

M_i คือ เปอร์เซ็นความชื้นก่อนการอบแห้ง (% w.b.)

M_f คือ เปอร์เซ็นความชื้นหลังการอบแห้ง (% w.b.)

1.2 การคำนวณหาค่าความร้อนแฝงในการระเหยของน้ำ โดยค่าความร้อนที่จะกลายเป็นไอ แสดงดังสมการที่ 2

$$Q_{dry} = M_w L \quad (2)$$

เมื่อ Q_{dry} คือ ปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้ (MJ)

M_Wคือ มวลของน้ำที่ต้องการระเหย (kg)

L คือ ความร้อนที่ต้องใช้น้ำระเหย 1 kg (MJ/kg)

ปริมาณความร้อนที่ใช้พิจารณาประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับร้อยละ 39

1.3 การคำนวณพื้นที่ของขดท่อรับความร้อนบริเวณจุดโฟกัสบนจานพาราโบลิค แสดงดังสมการที่ 3

$$Q_2 = U_2 A_2 (\Delta T) \quad (3)$$

เมื่อ Q_2 คือ พลังงานที่ใช้ (w)

A_2 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (℃)

U_2 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (w / m^2 K)

1.4 การคำนวณพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณบนใต้ตู้อบแห้ง แสดงดังสมกาที่ 4

$$Q_1 = H_1 A_1 (\Delta T) \quad (4)$$

เมื่อ Q_1 คือ พลังงานที่ใช้ (w)

A_1 คือ พื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ (℃)

h_1 คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (w / m^2 K)

1.5 การคำนวณปริมาณการไหลของน้ำ แสดงดังสมการที่ 5

$$Q_3 = m^{\cdot} c_p (\Delta T) \quad (5)$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อนเท่ากับ (w)

$m^{\cdot}$ คือ อัตราการไหลของน้ำ (kg/s)

c_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ(J/kg k)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (℃)

1.6 การคำนวณปริมาณการระเหยความชื้นหลังการอบแห้งวัตถุดิบ แสดงดังสมการที่ 6

$$M_W = M_a C_p (T_i - T_t) \quad (6)$$

เมื่อ M_w คือ น้ำหนักของน้ำที่หายไปหลังการอบแห้ง (kg)

M_a คือ น้ำหนักของอากาศที่ใช้อบ (kg)

L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำ(kJ/kg)

C_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศคงที่(J/kg k)

T_i คือ อุณหภูมิของอากาศที่อบแห้ง (℃)

T_t คือ อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านวัสดุอบแห้ง (℃)

2. ขั้นตอนการสร้าง

เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดตามขั้นตอนการออกแบบ โดยเริ่มตั้งแต่การจัดทำแบบแปลน การจัดหาวัสดุ การประกอบโครงสร้าง การติดตั้งวัสดุและอุปกรณ์ใช้งาน และปรับแต่งระบบก่อนการทดลองการทำงานของเครื่องอบแห้ง

จากภาพประกอบ 2-3 เป็นภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ซึ่งมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างขึ้นแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนจานรวมรังสีอาทิตย์และส่วนตู้อบแห้งมีขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม ส่วนจานรวมรังสีอาทิตย์ ผู้วิจัยจะใช้ทฤษฎี กระบวนพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน เพื่อกำหนดขนาดของจานรวมรังสี และเรขาคณิต ของจานรวมรังสี โดยทำการติดตั้งและใช้งาน ซึ่งทำจากโครงเหล็กที่หาง่ายตามท้องตลาด และสะท้อนด้วยแผ่นสเตนเลสทรงพาราโบลิค โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 ฟุต มีความโค้งประมาณ 46.9 องศา และมี

ระยะจากแผ่นสะท้อนรังสีถึงตัวรับรังสีเท่ากับ 1.2 เมตร โดยทำการตัดชิ้นส่วนต่าง ๆให้เป็นทรงโค้งพาราโบลิค และมีชุดตามรังสีอาทิตย์ทำหน้าที่ติดตามรังสีอาทิตย์เพื่อรักษามุมที่ตกกระ

ภาพประกอบ 2 ด้านหน้าของเครื่องอบแห้งทบบนจานพาราโบลิค และสะท้อนเข้าตัวรับรังสี โดยทำจากทองเหลืองที่หาง่ายตามท้องตลาดและสามารถนำความร้อนได้สูง

ส่วนตู้อบแห้ง เมื่อได้รับความร้อนที่ได้รับจากการแปลงพลังงานจากความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน และใช้อุปกรณ์จานรับรังสีอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนพลังงาน ได้ตามขนาดที่กำหนด โดยมีขนาดของตู้อบแห้งที่ความกว้าง 80 เซนติเมตร ความยาว 80 เซนติเมตร และสูง 165 เซนติเมตร สำหรับบรรจุวัตถุดิบซึ่งใช้กล้วยน้ำว้าทับให้เป็นแผ่นวางบนถาดที่มีน้ำหนักประมาณ 5 กิโลกรัม ซึ่งใช้อะลูมิเนียมแบ่งเป็น 4 ชั้นในการวางวัตถุดิบ และคิดเป็นปริมาตรรวมไม่เกิน 1.05 ลูกบาศก์เมตร และใช้วัสดุเหล็กเป็นวัสดุในการทำโครงสร้างของตู้อบแห้ง

3. ขั้นตอนการทดลอง

ผู้วิจัยทดลองตู้อบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ โดยทำการอบแห้งวัตถุดิบ ในวันที่มีสภาพอากาศที่แจ่มใส ระหว่างวันที่ 9 มกราคา 2556 ถึงวันที่ 1 เมษายน 2556 เป็นจำนวน 5 ครั้ง ใช้เวลาในการทดลองอบแห้งเฉลี่ย 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีขั้นตอนการทดลอง การอบแห้งผลิตภัณฑ์ ดังนี้

ภาพประกอบ 3 ด้านหลังของเครื่องอบแห้ง

3.1 เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการอบแห้ง โดยคัดเลือกขนาดและปอกเปลือกกล้วยน้ำว้า ทำการทับให้เป็นแผ่นและชั่งน้ำหนักที่ 5 kg วางเรียงลงในถาดของตู้อบแห้ง

ภาพประกอบ 4 แสดงลักษณะของวัตถุดิบก่อนการอบแห้ง

ภาพประกอบ 5 การนำวัตถุดิบเข้าในตู้อบแห้ง

3.2 เดินปั๊มน้ำหมุนเวียนในระบบการถ่ายเทความร้อน และปรับจานรวมรังสีให้มีมุมตกกระทบตั้งฉากกับรังสีอาทิตย์

3.3 ตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำหมุนเวียน เมื่อน้ำมีอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสแล้ว จากนั้นจึงเริ่มเปิดพัดลมระบายอากาศบริเวณใต้ตู้อบแห้งเพื่อพาความร้อนจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเข้าสู่ตู้อบแห้ง

3.4 ทำการวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้า-ออก อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนต่าง ๆ ภายในระบบและตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ไหลเข้า-ออกจากตู้อบแห้ง 3.5 ปรับหน้าจานรวมรังสีให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ทุก 1 ชั่วโมง โดยเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง ทำการปิดระบบปั๊มน้ำหมุนเวียนและระบบพัดลมระบายความชื้น

ภาพประกอบ 6 การนำวัตถุดิบใส่ในตู้อบแห้ง

ภาพประกอบ 7 ผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทับหลังการอบแห้ง

3.6 นำวัตถุดิบที่ผ่านการอบแห้งแล้วออกจากตู้อบแห้งมาทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกผลการทดลอง

4. ผลการทดสอบ

การทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ขณะทำงานโดยอบแห้งวัตถุดิบกล้วยน้ำว้าทับที่น้ำหนักมวลรวม 5 กิโลกรัม และทำการตรวจวัดและบันทึกผลข้อมูลต่าง ๆ เพื่อมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสรุปได้ดังตารางที่ 1

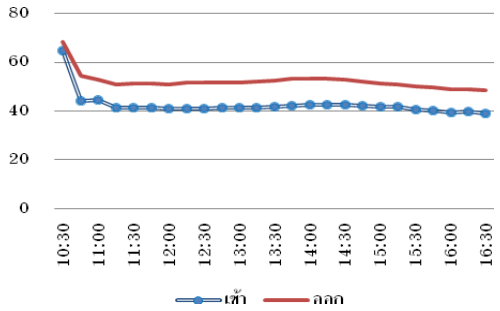
ตารางที่ 1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์

การทดสอบครั้งที่	*อุณหภูมิน้ำ (C)*				*อุณหภูมิอากาศ (C)*		*ปริมาณความร้อน (วัตต์)*	*น้ำหนักของวัตถุดิบ (kg)*		*มวลน้ำหนักลดลง (%)*
	ขดท่อรับความร้อน		*เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน*		*ตู้อบแห้ง*					
	เข้า	*ออก*	*เข้า*	*ออก*	*เข้า*	*ออก*		*ก่อน*	*หลัง*	
1	*44.5*	*52.7*	*53.4*	*44.1*	*34.4*	*51.0*	*2,861.4*	*5*	*1.76*	*64.8*
2	*43.5*	*50.9*	*50.9*	*43.5*	*36.0*	*51.2*	*2,812.5*	*5*	*1.82*	*63.6*
3	*42.9*	*50.5*	*50.5*	*42.9*	*36.4*	*51.4*	*2,730.5*	*5*	*1.9*	*59.2*
4	*40.1*	*53.4*	*53.4*	*40.1*	*35.5*	*53.6*	*2,799.1*	*5*	*1.87*	*60.6*
5	*41.1*	*53.7*	*53.76*	*41.1*	*35.7*	*51.8*	*2,728.3*	*5*	*1.91*	*62.4*
เฉลี่ย	*42.4*	*52.2*	*52.4*	*42.4*	*35.6*	*51.8*	*2,800*	*5*	*1.89*	*62.1*

4.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าและออกขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณจานพาราโบลิค ณ จุดโฟกัสขณะทดสอบทำการอบแห้ง แสดงอุณหภูมิอากาศที่ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนดังภาพประกอบที่ 8

4.2 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าและออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขณะทดสอบทำการอบแห้ง แสดงดังภาพประกอบที่ 9

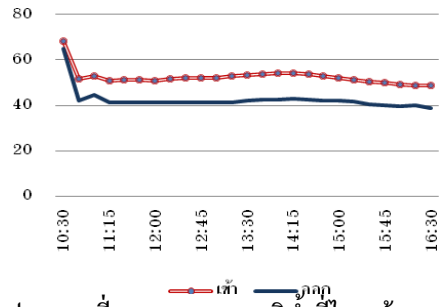
4.3 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศที่ไหลเข้าและออก ตู้อบแห้งขณะทดสอบทำการอบแห้ง แสดงดังภาพประกอบที่ 10



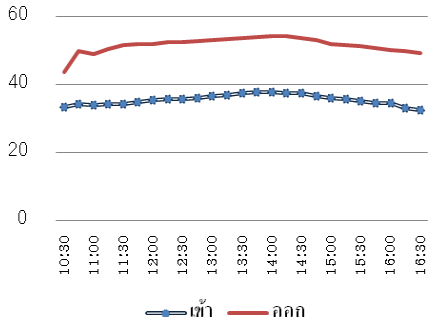
ภาพประกอบที่ 8 แสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าและออกขดท่อรับความร้อนที่จุดโฟกัส

4.4 ผลการคำนวณปริมาณค่าความร้อน พบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถผลิตปริมาณความร้อนได้เท่ากับ 2,568.4 วัตต์ และมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบได้เท่ากับร้อยละ 31

4.5 ผลการทดสอบมวลน้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทับ ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจากเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี มีมวลน้ำหนักลดลงเฉลี่ยร้อยละ 62.1 ของน้ำหนักมวลรวมเดิมก่อนทำการอบแห้ง



ภาพประกอบที่ 9 แสดงอุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าและออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



ภาพประกอบที่ 10 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ผ่านเข้าและออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในการอบแห้ง และด้านความคุ้มทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยใช้พลังงานหมุนเวียนจากรังสีอาทิตย์ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรพัฒนาตนเอง สามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ และ สร้างความมั่นคงในการแปรรูปอาหาร โดยจากการทดลองผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้กล้วยน้ำว้า ทดลองที่ขนาด 5 กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลา วันที่ 9 มกราคม 2556 ถึง 1 เมษายน 2556 ในช่วงฤดูหนาวสภาพอากาศค่อนข้างแจ่มใส อาจมีเมฆปกคลุม แต่มีลมอ่อน ๆ และอากาศเย็น จากการทดลองพบว่า มีความสามารถในการอบแห้งได้ ซึ่งอากาศที่อบแห้งเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 52.5 องศาเซลเซียสและบรรยากาศภายนอก (กลางแจ้ง)เฉลี่ยเท่ากับ 35.5 องศาเซลเซียส ผลิตปริมาณความร้อนได้เท่ากับ 2800 วัตต์ สามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ลงได้ร้อยละ 62.1 ของน้ำหนัก และในด้านผลิตภัณฑ์ของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ มีความสามารถในการอบแห้งได้ และไม่มีจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอบแห้ง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์ ในการทดลองของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทดสอบ ประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ โดยมีอัตราส่วนพื้นที่การรวมรังสีคือ 8.9 : 1 ประสิทธิภาพของแผ่นรับแสงเท่ากับร้อยละ 89.9 และ

ประสิทธิภาพทางความร้อนรวมทั้งระบบเท่ากับ ร้อยละ 31

ผลการคำนวณด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เป็นการเปรียบเทียบผลทางด้านการประหยัดพลังงานระหว่างเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์กับเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนโดยใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG ที่มีขนาดบรรจุวัตถุดิบเท่ากัน เครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีขนาดบรรจุ 5 kg. สามารถประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง LPG ลงได้ 14,662.5 บาทต่อปี มีราคาการลงทุนเริ่มแรกประมาณ 22,500 บาท จะให้อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ 53 ภายใต้อายุการใช้งาน 5 ปี และมีระยะเวลาการคืนทุนที่ 1.5 ปี

การประเมินความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้องในผลการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็นบุคคล 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในการนำมาใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์กล้วยอบม้วน และกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ โดยผู้วิจัยได้จัดทำแบบสำรวจความคิดเห็นในกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว แบ่งออกได้เป็น 5 ด้าน คือ ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการบำรุงรักษา ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และด้านความคุ้มค่าในการลงทุน พบว่าความคิดเห็นในกลุ่มผู้ใช้งานฯ เฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับดี ($\bar{X}$=4.3,S.D.=0.5) และการประเมินความคิดเห็นด้านความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการอบแห้งเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก ($\bar{X}$=4.7,S.D.=0.2)

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรพัฒนาวิธีการถนอมอาหารและสร้างมูลค่าเพิ่มในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งแนวคิดในการออกแบบและสร้างแบ่งออกเป็น 5 ส่วนคือ ส่วนจานรวมรังสีอาทิตย์ ส่วนขดท่อรับความร้อน ส่วนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนพัดลมระบายความร้อน และส่วนตู้อบแห้ง โดยส่วนจานรวมรังสีอาทิตย์เป็นการรวมรังสีถึง 3 มิติ เพื่อให้รับรังสีได้ทุกด้าน จะได้อุณหภูมิที่สูง (ในขนาดพื้นที่รับรังสีที่เท่ากัน) สอดคล้องกับการลดพื้นที่ที่เกิดการสูญเสียความร้อนจะทำให้การถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในตัวดูดกลืนที่มีขนาดเล็กจะมีการสูญเสียความร้อนที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบที่อุณหภูมิเดียวกัน (จงจิตร์ หิรัญลาภ. 2541 : 144) ส่วนขดท่อรับความร้อน ส่วนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนพัดลมระบายความร้อน และส่วนตู้อบแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อรู้อัตราการไหลและอุณหภูมิของของไหลที่จะเข้าและออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถกำหนดขนาดของส่วนต่างๆ ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ เช่น ขนาดท่อ ความยาวของท่อที่ใช้ ระยะวางท่อ และลักษณะการวางท่อ เป็นต้น การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ยังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องขึ้น ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง ซึ่งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องควรมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด (นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย : 2532: 425) ผลของการอบแห้งมีความสามารถในการอบแห้งได้ โดยใช้วัตถุดิบในอบแห้ง คือ กล้วยน้ำว้าสุกงอม (เปลือกนิ่ม,ความหนา 3-4 ม.ม.) จำนวน 5 กิโลกรัม โดยอบแห้งที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมงตั้งแต่ 10.30-16.30 น. ที่ท้องฟ้าแจ่มใสตลอดวันและน้ำหนักสุดท้ายชั่งได้ 1.8 กิโลกรัม ลักษณะ ความชื้นตรงตามท้องตลาด สี ความสะอาด เนื้อสัมผัส ขนาด และการบรรจุภัณฑ์น่ารับประทาน แต่ถ้าต้องการอบแห้งจนได้ความชื้นที่ร้อยละ 13.7 (w.b.) ต้องเพิ่มระยะเวลาเป็น 7-8 ชั่วโมง สามารถบริโภคได้ แต่ทำในเชิงพาณิชย์ ยังไม่เป็นที่นิยมของตลาด เพราะผลิตภัณฑ์แห้งมากเกินไป ดังนั้น ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพจึงควรต้องมีสภาวะอากาศที่มีท้องฟ้าแจ่มใสตลอดวัน หรืออากาศที่ใช้ในการอบแห้งมีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ขึ้นไปเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง และต้องปรับจานรวมรังสีทุกครึ่งชั่วโมง แต่ถ้าสภาวะอากาศไม่แจ่มใสจะไม่สามารถอบแห้งได้ เพราะจะทำให้รักษาอุณหภูมิกล้วยจะมีลักษณะเป็นสีดำ คล้ำ เกิดเชื้อรา จะไม่เหมาะสมในเชิงพาณิชย์ตลอดจนไม่สามารถบริโภคได้

ข้อเสนอแนะ

การนำเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ไปใช้งานในเชิงพาณิชย์หรือทำการศึกษาวิจัยในขั้นต่อไป มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้

1.การเลือกแผ่นสแตนเลส ที่ใช้ในการสะท้อนรังสีอาทิตย์ ควรเลือกเกรด 304 No.8 (mirror finish) ซึ่งมีคุณสมบัติในการสะท้อนรังสีได้ดียิ่งขึ้น จะมีผลทำให้เครื่องอบแห้งสามารถได้รับปริมาณความร้อนได้สูงขึ้น

2.การพัฒนาของเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสี ให้ใช้ร่วมกับเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (LPG) จะช่วยให้มีความสามารถในการอบแห้งได้อย่างต่อเนื่องเหมาะสมในเชิงพาณิชย์มากขึ้น

3.แผงโซล่าเซลล์ ควรมีการออกแบบให้มีขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 40 วัตต์ เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานได้ทั้งพัดลมระบายความชื้นและปั๊มน้ำได้ ซึ่งช่วยลดทุนในด้านพลังงานได้มากยิ่งขึ้น ตลอดจนมีความสามาถในการใช้พลังงานทดแทนได้อย่างสมบูรณ์

บรรณานุกรม

จงจิตร์ หิรัญลาภ. 2541. กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี

ธีระศักดิ์ หุดากร. 2552. การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววี สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ : นครปฐม บัณฑิตวิทยาลัยศิลปากร. ถ่ายเอกสาร

นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย. 2532. การถ่ายเทความร้อน. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซนนเตอร์ การพิมพ์

ชมภู่ ยิ้มโต. 2550. การถนอมอาหาร. กรุงเทพฯ : โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์

อนุตร จำลองกุล. 2545. พลังงานหมุนเวียน. กรุงเทพฯ : โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์

โอภาส สุขหวาน. 2555. การอนุรักษ์พลังงานในงานอุตสาหกรรม. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 มกราคม – มิถุนายน 2555 หน้าที่ 30-35.กรุงเทพ.

A. Fudholi and Board. 2009.Review of solar dryers for agricultural and marineproducts. Retrieved March 3. 2011. From http://www.sciencedirect.com

Xi Wenhua. 2006 . Solar Energy Application Technologies. May 2006. Lanzhou China