Agricultural Sci. J. 46 : 3/1 (Suppl.) : 449-452 (2015) ว. วิทย. กษ. 46 : 3/1 (พิเศษ) : 449-452 (2558)

การวิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งพลังงานร่วมสำหรับผลิตเนื้อลำไยอบแห้งสีทอง

A Study on Improvement Conventional Flesh Longan Drying Plant Combining Solar Energy from Green House Effect

ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์[1,2], สนอง อมฤกษ์[1, 2], เกรียงศักดิ์ นักผูก[1, 2], สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[1, 2], ธีรศักดิ์ โกเมฆ[1, 2], ปรีชา ชมเชียงคำ[1, 2], เวียง อากรชี[2,4], อนุชา เชาว์โชติ[2,3]

Chaiwat Paosantadpanich[1, 2], Snong Amaroek[1, 2], Kiangsak Nukpook[1, 2], Satitpong Rattanakam[1, 2], Theerasak Komake[1, 2], Preecha Chomchiangkam[1, 2], Weng Arekornchee[2,4] and Anucha Chaochot[2,3]

Abstract

The aim of this research is to improve the conventional flesh longan drying plant reducing its drying cost and drying time. The improvement was done by combining solar energy from the greenhouse effect to the conventional heat obtained from fire wood furnace. The prototype drying plant of 2.5 x 3.5 x 2.8 m^3 (W x L x H) was constructed having walls, ceiling, and doors made of 9 mm. gypsum board sandwich into 0.35 mm. metal sheets. The firewood furnace was modified by covering the front opening with metal sheet and provides a blower supplying air for combustion and blows the combustion products into two sets of heat exchanger. The heat exchanger was made of 0.29 m. diameter arranged rectangular along the length of the drying plant. Exhaust from the two exchangers was joint and ducted to the chimney at the back of the drying plant. Six units of 24 inches straight blade centrifugal blower were used for circulating hot air inside the drying plant, also, drawing hot air from the greenhouse and exhaust moist air through the opening at the top of the drying plant. The greenhouse was constructed according to the design of the Agricultural Engineering Institute, Ministry of Agriculture and Cooperatives having dimension of 6.0 x 6.0 x 2.7 m^3. Result of drying 500 kg flesh longan from 86.46 %w.b. to 18.91 %w.b. at 60° – 70°C took 10 hours drying time having drying costs for firewood of 0.50 Baht/kg of flesh longan. The improved drying plant could reduce the drying costs about 410 Baht/ton of flesh longan and drying time by 4 hours as compared to those of the conventional drying plant.

Keywords: Development on longan drying plant, Golden dried longan drying plant, golden dried longan process

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาปรับปรุงโรงอบแห้งผลิตเนื้อลำไยอบแห้งสีทองแบบพื้นบ้านให้มีประสิทธิภาพประหยัดพลังงาน และช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้ง โดยประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อสำรองใช้ร่วมในกระบวนการอบแห้ง โดยต้นแบบโรงอบแห้งเป็นห้องขนาดเฉลี่ย (กว้าง x ยาว x สูง) 2.5 x 3.5 x 2.8 เมตร^3 ใช้ผนัง เพดาน และบานประตู เป็นวัสดุแผ่นยิบซั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร ซึ่งถูกหุ้มปิดหน้าหลังด้วยแผ่นเมทัลชีท หนา 0.35 มิลลิเมตร มีแหล่งกำเนิดความร้อน เป็นเตาฟืนแบบปรับปรุงชนิดหัวเตาเดี่ยว มีฝาเหล็กปิดหน้าเตา ติดตั้งท่อลมเป่าอากาศ ภายในหัวเตาใช้ท่อต้นไฟจำนวน 2 ช่อง ต่อด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.29 เมตร ต่อทอดยาวไปตามพื้นห้องอบแห้ง แล้ววกกลับมาต่อเชื่อมกันด้วยข้อต่อสามทาง ทะลุผ่านผนังออกเป็นท่อปล่องควัน กระจายลมร้อนให้สม่ำเสมอในการอบแห้งด้วยพัดลมแบบใบพัดตรง ขนาด 24 นิ้ว จำนวน 6 ตัว และระบายอากาศขึ้นออกทางด้านบนห้องอบแห้ง โรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์แบบสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ขนาดเฉลี่ย (กว้าง x ยาว x สูง) 6 x 6 x 2.7 เมตร^3 ได้ปรับปรุงแหล่งพลังงานความร้อนร่วม เพื่อนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาสำรองใช้ร่วมในกระบวนการอบแห้งเนื้อลำไย จากผลการ

[1] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50100.
[1] Chiangmai Agricultural Engineering Research Center, Chiangmai 50100
[2] กรมวิชาการเกษตร
[2] Department of Agriculture.
[3] สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กทม.10900.
[3] Agricultural Engineering Research Institute, Bangkok 10900.
[4] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น, ขอนแก่น 40002.
[4] Khonkaen Agricultural Engineering Research Center, Khonkaen 40002.

ทดสอบการอบแห้งเนื้อลำไยสดด้วยโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพัฒนาที่ปริมาณ 500 กิโลกรัม ความชื้นเริ่มต้น 86.46%w.b. จนเหลือความชื้นสุดท้าย 18.91%w.b. ที่อุณหภูมิ 60 - 70 องศาเซลเซียส พบว่าใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน 10 ชั่วโมง ซึ่งเร็วขึ้น 4 ชั่วโมง จากโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพื้นบ้าน และอัตราค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงไม้ฟืนสำหรับพลังงานความร้อน เป็น 0.50 บาทต่อกิโลกรัมสด ถูกกว่าโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพื้นบ้าน ซึ่งโรงอบแห้งแบบพัฒนานี้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 0.41 บาทต่อกิโลกรัมสด หรือ ประหยัดถึง 410 บาทต่อตันเนื้อลำไยสด

คำสำคัญ: พัฒนาโรงอบแห้งลำไย, โรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทอง, การผลิตลำไยอบแห้งสีทอง

คำนำ

การผลิตเนื้อลำไยอบแห้งสีทองเป็นวิธีการหนึ่งในการแปรรูปลำไยที่มีการใช้ความร้อนระเหยน้ำออกจากเนื้อลำไยจนเนื้อลำไยมีความชื้นต่ำไม่เกิน 18% พอจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลลินทรีย์และแบคทีเรีย ทำให้ยืดระยะเวลาการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าผลผลิต การอบแห้งเป็นกรรมวิธีที่ต้องใช้พลังงานค่อนข้างสูง นโยบายรัฐบาลด้านพลังงานของประเทศมีเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนคิดเป็นร้อยละ 8 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของประเทศภายในปี พ.ศ. 2554 (กระทรวงพลังงาน, 2549) ซึ่งเป็นเป้าหมายที่สำคัญสำหรับรัฐบาลและหน่วยงานที่รับผิดชอบ ปัญหาที่สำคัญในการผลิตเนื้อลำไยอบแห้งสีทองด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบต่างๆ คือ ความต้องการใช้พลังงานความร้อนจากก๊าซหุงต้ม (LPG) มีปริมาณที่สูงมากขึ้นในช่วงฤดูการอบแห้งทำให้เกิดการขาดแคลนก๊าซหุงต้ม และส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการแปรรูปลำไย แต่ในการผลิตเนื้อลำไยอบแห้งสีทองด้วยโรงอบแห้งแบบพื้นบ้านที่ใช้เตาฟืน เกษตรกรในภาคเหนือส่วนใหญ่นิยมและใช้กันอยู่ทั่วไป เนื่องจากเตาฟืนมีข้อดีคือ ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายพลังงานความร้อนในการอบแห้งต่ำกว่าการใช้ก๊าซหุงต้มและหาง่ายในท้องถิ่น เกษตรกรมีโรงอบแห้งแบบพื้นบ้านอยู่แล้วไม่ต้องลงทุนใหม่เพียงศึกษาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเป็นทางเลือกสำหรับใช้งานได้ในกรณีเกิดวิกฤตการขาดแคลนก๊าซหุงต้มหรือราคาก๊าซสูงขึ้น และใช้โรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์แบบสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม (เวียง และคณะ, 2556) มาปรับปรุงเป็นแหล่งพลังงานความร้อนร่วมเพื่อนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาสำรองใช้ร่วมในการอบแห้งเนื้อลำไย ปัจจุบันการศึกษาหาแนวทางการอบแห้งที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายให้น้อยที่สุดสำหรับการอบแห้ง และการศึกษาใช้พลังงานความร้อนร่วมเพื่อปรับปรุงกระบวนการอบแห้งที่ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่รวดเร็วและเหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเนื้อลำไยอบแห้งสีทองยังไม่ปรากฏแพร่หลายในเอกสารเผยแพร่ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงอบแห้งแบบพื้นบ้าน เพื่อให้การอบแห้งประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานความร้อนลง และช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลง โดยการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อสำรองใช้ร่วมในกระบวนการอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษารูปแบบและการผลิตเนื้อลำไยอบแห้งสีทองด้วยโรงอบแห้งแบบพื้นบ้าน โดยทำการสำรวจเก็บข้อมูลการใช้โรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพื้นบ้านและสภาพปัญหา ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสันป่าเหียง ต.มะเขือแจ้ อ.เมือง จ.ลำพูน จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อออกแบบพัฒนาและปรับปรุงโรงอบแห้งให้มีประสิทธิภาพ ออกแบบพัฒนาโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทอง โดยดำเนินการปรับปรุงพัฒนาและสร้างต้นแบบโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพัฒนา และปรับปรุงแหล่งพลังงานความร้อนร่วมด้วยโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลังคาทรงจั่วซึ่งคลุมด้วยวัสดุแผ่นโพลีคาร์บอเนตใส เพื่อนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาสำรองใช้ร่วมในกระบวนการอบแห้งเนื้อลำไย นำตัวอย่างเนื้อลำไยแกะมาทดสอบการอบแห้งในโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพัฒนา ควบคุมอุณหภูมิในการอบที่ 60 - 70 องศาเซลเซียส เก็บข้อมูลการอบแห้งเนื้อลำไย วิเคราะห์หาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม โดยวัดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้แก่ ความชื้นเนื้อลำไยด้วยตู้อบแห้งลมร้อน, น้ำหนักเนื้อลำไยด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล, สีผิวเนื้อลำไยด้วยสายตาสังเกตระดับความเข้มสี, อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ปรากฏรวมทั้งของลมร้อนด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดิจิตอล กับเทอร์โมมิเตอร์แบบหน้าปัด, เวลาที่ใช้ในการอบแห้งด้วยนาฬิกาจับเวลาดิจิตอล,และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบสปริง เป็นต้น

ผล

ผลการศึกษาสำรวจการผลิตเนื้อลำไยอบแห้งสีทองด้วยโรงอบแห้งแบบพื้นบ้านและสภาพปัญหา พบว่าเกษตรกรใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงไม้ฟืนเนื่องจากไม้ฟืนมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ต่ำและหาได้ง่ายในท้องถิ่น โรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพื้นบ้านใช้กันอยู่ทั่วไปนี้ (Figure 1) มีเตาฟืนแบบ 2 หัวเตา อยู่ชิดผนังด้านซ้ายและด้านขวา ภายในแต่ละหัวเตามีท่อต้นไฟจำนวน 1 ช่อง ต่อด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.29 เมตร ต่อขดกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางทอด

ยาวไปตามพื้นโรงอบแห้ง ส่วนปลายท่อของเตาทั้งสองต่อเชื่อมกันด้วยข้อต่อสามทาง แล้วทะลุผ่านผนังออกเป็นท่อปล่องควัน ภายในโรงอบแห้งจะแบ่งออกเป็น 9 ชั้น แต่ละชั้นห่างกัน 0.18 เมตร บรรจุถาดลำไยได้รวม 216 ถาด ผนังโดยรอบและบานประตู รวมทั้งเพดานเป็นวัสดุสังกะสี ส่วนด้านล่างโรงอบแห้งจะเป็นห้องผนังปูนสูง 0.90 เมตร สำหรับวางท่อแลกเปลี่ยนความร้อน เตาฟืนใช้ไม้ฟืนลำไยเป็นเชื้อเพลิง โดยความร้อนจะวิ่งผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งวางอยู่ด้านล่างของโรงอบแห้ง ใช้พัดลมประมาณ 4-6 ตัว ทำงานเพื่อให้ไอความร้อนกระจายในห้องอบ ปัญหาสำคัญคือมีการสูญเสียพลังงานความร้อนในการอบแห้งออกโดยรอบ ทั้งหน้าเตาเผาฟืนและผนังสังกะสีรอบโรงอบ ทำให้มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนสูงมาก มีละอองฝุ่นควันที่ปลายปล่องไฟ รวมทั้งมีการระบายความชื้นออกจากโรงอบแห้งได้ช้า โรงอบแห้งแบบพื้นบ้านดังกล่าวนี้มีข้อบกพร่องและประสิทธิภาพยังไม่ดีเท่าที่ควร ได้แก่ การกระจายลมร้อนไม่สม่ำเสมอทั่วถึงทุกจุดในห้องอบ ทำให้อัตราการอบลดความชื้นมีความแตกต่างกัน ลำไยที่อยู่ถาดล่างจะแห้งและเปลี่ยนสีเร็วกว่าถาดบน จำเป็นต้องมีการหมุนสลับถาดและเลื่อนจากชั้นล่างขึ้นชั้นบนตามลำดับทำให้ต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญหลายคน ไม่สามารถอบเนื้อลำไยจนแห้งตามต้องการได้ในเตาอบ เนื่องจากสีของเนื้อลำไยจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำก่อนแห้ง เกษตรกรจะนำมาตากแดดอีกประมาณ 2 ชั่วโมง ก่อนทำการบรรจุใส่ถุงป้องกันความชื้นกลับ ผลข้อมูลเบื้องต้นคุณลักษณะการใช้งานโรงอบแห้งแบบพื้นบ้าน (Table 1)

(a) (b) (c)

Figure 1 The conventional flesh longan drying plant at Bansanpahiang, Makhueajae district, Mueang, Lamphun; (a) Furnace, (b) Heat exchanger, (c) Drying room

Table 1 Drying performance of flesh longan in conventional drying plant.

Holding capacity of dryer (kg.)	540
Initial moisture content (% wb)	87.5
Final moisture content (% wb)	17.4
Drying period (hr.)	14
Weight of dried-longan flesh (kg./day)	75
Temperature of hot air (^{o}C)	60-70
Weight of used firewood (kg.)	492.8
Firewood consumption (kg./ hr.)	35.2
Cost rate of firewood (baht/ $kg_{.\ wet\ weight}$)	0.91
Ratio of dry weight : wet weight	1.39 : 10

Place: the community enterprise of bansanpahiang, makhueajae district, mueang, Lamphun

ผลการศึกษาออกแบบพัฒนาโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทอง ได้ออกแบบปรับปรุงและสร้างโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพัฒนาเป็นห้องขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 2.50 x 3.50 x 2.80 เมตร ใช้ผนัง เพดาน และบานประตู เป็นฉนวนกันความร้อนด้วยวัสดุแผ่นยิบซั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร ซึ่งหุ้มปิดหน้าหลังด้วยแผ่นเมทัลชีทหนา 0.35 มิลลิเมตร มีแหล่งกำเนิดความร้อนเป็นเตาฟืนแบบปรับปรุงชนิดหัวเตาเดี่ยว มีฝาเหล็กปิดหน้าเตา ติดตั้งท่อลมเป่าอากาศ ภายในหัวเตาใช้ท่อต้นไฟจำนวน 2 ช่องต่อด้วยท่อแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.29 เมตร ต่อทอดยาวไปตามพื้นห้องอบแห้งแล้ววกกลับมาต่อเชื่อมกันด้วยข้อต่อสามทางทะลุผ่านผนังออกเป็นท่อปล่องควัน การกระจายลมร้อนในการอบแห้งด้วยพัดลมแบบใบพัดตรง ขนาด 24 นิ้ว จำนวน 6 ตัว และระบายอากาศชื้นออกทางด้านบนห้องอบแห้ง และได้ปรับปรุงแหล่งพลังงานความร้อนร่วมด้วยโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลังคาทรงจั่วซึ่งคลุมด้วยวัสดุแผ่นโพลีคาร์บอเนตใส ขนาดเฉลี่ย (กว้าง x ยาว x สูง) 6.00 x 6.00 x 2.70 เมตร (Figure 2)

Figure 2 The improved flesh longan drying plant having additional solar energy from greenhouse effect; (a) improved furnace, (b) improved drying room, (c) improved heat exchanger, (d) additional solar greenhouse

ผลการทดสอบอบแห้งเนื้อลำไยด้วยโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพัฒนา ที่ปริมาณบรรจุ 500 กิโลกรัม ความชื้นเริ่มต้น 86.46%w.b. อบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้าย 18.91%w.b. ด้วยอุณหภูมิ 60 - 70 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่เร็วกว่าโรงอบแห้งดั้งเดิมแบบพื้นบ้าน คือ ใช้เวลาในการอบแห้งนาน 10 ชั่วโมง และพบว่าอัตราค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงสำหรับพลังงานความร้อนก็ถูกกว่า คือ มีอัตราค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง 0.50 บาทต่อกิโลกรัมสด (Table 2)

Table 2 Drying performance of flesh longan by the improved drying plant.

Holding capacity of dryer (kg.)	500
Initial moisture content (% wb)	86.46
Final moisture content (% wb)	18.91
Drying period (hr.)	10
Weight of dried-longan flesh (kg./day)	75
Temperature of hot air (^{o}C)	60-70
Weight of used firewood (kg.)	248
Firewood consumption (kg./ hr.)	24.8
Cost rate of firewood (baht/ kg $_{\text{. wet weight}}$)	0.50
Ratio of dry weight : wet weight	1.5 : 10

วิจารณ์ผล

ผลเบื้องต้นการศึกษาใช้โรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์แบบสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ณ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ในฤดูฝนช่วงเดือนสิงหาคม 2557 สามารถนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ มาสำรองใช้ร่วมในกระบวนการอบแห้งเนื้อลำไยได้ ซึ่งพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือน ตั้งแต่เวลา 8:30 น.ถึง 12:30 น. ได้อุณหภูมิเฉลี่ย 50.7 และ 53.4 องศาเซลเซียส ซึ่งเฉลี่ยที่ช่วงระยะเวลา 0-2, และ 0-4 ชั่วโมง ตามลำดับ เนื้อลำไยจากห้องอบแห้งที่อบจนใกล้แห้งตามที่ต้องการแล้ว สามารถนำมาผึ่งแห้งต่อในโรงเรือนพลังงานแสงอาทิตย์อีกประมาณ 2 ชั่วโมง จะช่วยให้สีของเนื้อลำไยไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ อันเนื่องจากการอบเนื้อลำไยจนแห้งเสร็จในห้องอบแห้ง

สรุป

การอบแห้งเนื้อลำไยสดด้วยโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพัฒนา ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน 10 ชั่วโมง ซึ่งเร็วขึ้น 4 ชั่วโมงจากโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพื้นบ้าน และอัตราค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงไม้ฟืนสำหรับพลังงานความร้อน เป็น 0.50 บาทต่อกิโลกรัมสด ซึ่งถูกกว่าและประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 0.41 บาทต่อกิโลกรัมสด จากโรงอบแห้งลำไยเนื้อสีทองแบบพื้นบ้าน หรือ ประหยัดได้ถึง 410 บาทต่อตันเนื้อลำไยสด

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน. 2549. แผนอนุรักษ์พลังงานระยะที่ 3 (ช่วงปี 2548-2554). รายงานประจำปี 2548 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, กระทรวงพลังงาน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/doc/annual-2548/index.html.

เวียง อากรชี, วิบูลย์ เทเพนทร์, ทวีศักดิ์ บุญคุม, บัณฑิต จิตรจำนงค์, อนุชา เชาว์โชติ, บัณชา แสงวงษา, อุทัย ธานี และอัคคพล เสนาณรงค์. 2556. ศึกษาการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการทำพริกแห้ง. *ใน*: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์. วันที่ 5-7 กุมภาพันธ์ 2556. ณ อาคารศูนย์เรียนรวม 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บางเขน, กทม.