Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 309-312 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 309-312 (2550)

การทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน

Drying of longan leather by a combination of solar and hot air driers

กอบพัชรกุล เป็นบุญ[1] รัตนา อัตตปัญโญ[1] และ สายลม สัมพันธ์เวชโสภา[2]

Kobphatcharakul Penbun[1], Ratana Attabhanyo[1] and Sailom Sampanvejsopha[2]

Abstract

The drying of longan leather by using tunnel solar drier and solar-hot air drier combination was studied. It was found that the drying of longan leather 2.80 mm thick in a tunnel solar drier took 21 hrs under sunlight to achieve its final moisture content of 11.26%. For solar-hot air combination process, the longan leather were dried in a tunnel solar drier for 8 hrs (9.00am-5.00pm) ; and continuously dried in a hot air cabinet drier. The drying conditions in hot air drier were carried out at 60-80°C, the drying times of 5-9 hrs and air velocity of 0.2 m/s. The colour (L*, a*, b*), texture and moisture content of dried product were used for optimization by response surface methodology. It was found that the optimized combination process of drying longan leather was initially drying for 8 hrs in solar drier under sunlight, and finished drying at 73°C for 8 hrs in hot air drier. This process led to a reduction in drying time and provided better colour and texture products than using solar drying only.

Keywords: longan leather, drying, solar drier, hot air drier

บทคัดย่อ

ในการศึกษาการทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ และเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน พบว่า ในการทำแห้งลำไยแผ่นที่มีความหนา 2.80 มิลลิเมตร ด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่มีแดดจัดต้องใช้เวลาอบแห้ง 21 ชั่วโมง จึงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้น 11.26% ในการทำแห้งลำไยแผ่นแบบผสมนำลำไยแผ่นมาทำแห้งเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (9.00น.-17.00น.) ในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ และนำมาทำแห้งต่อในเตาอบลมร้อนอุณหภูมิ 60-80°C ระยะเวลาการทำแห้ง 5-9 ชั่วโมง ที่ความเร็วลมคงที่ 0.2 เมตรต่อวินาที นำผลการวิเคราะห์ค่าสี ปริมาณความชื้นและลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยแผ่น มาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งลำไยแผ่น คือ การทำแห้ง 8 ชั่วโมงในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์วันที่แดดจัด และอบจนแห้งในเตาอบลมร้อนอุณหภูมิ 73°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่า และใช้ระยะเวลาในการทำแห้งน้อยกว่าการทำแห้งด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

คำสำคัญ: ลำไยแผ่น การทำแห้ง เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เตาอบลมร้อน

คำนำ

ลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีแหล่งปลูกที่สำคัญในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน เชียงรายและแม่ฮ่องสอน โดยมีพื้นที่ในการเพาะปลูกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มที่จะขยายเพิ่มขึ้น ประกอบกับเกษตรกรมีการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตเพื่อเร่งลำไยให้ผลิตผลนอกฤดูกาล ทำให้มีลำไยจำหน่ายตลอดทั้งปี ส่งผลให้ในฤดูกาลมีปริมาณผลผลิตในตลาดมากเกินไป เป็นเหตุให้ราคาลำไยต่ำตามราคาตลาด ประกอบกับที่ผ่านมาไทยประสบปัญหาการกีดกันทางการค้า ทำให้ผลผลิตลำไยออกจำหน่ายยังต่างประเทศลดลง ส่งผลให้เกิดปัญหาลำไยล้นตลาด ซึ่งส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกลำไยเป็นอย่างมาก

การแปรรูปลำไยแผ่นจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่ช่วยลดการสูญเสีย และช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ ประกอบกับผลไม้แผ่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันดีทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยบริโภคในลักษณะขนมขบเคี้ยว อีกทั้งมีสารอาหารโดยเฉพาะใยอาหารและแร่ธาตุ ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย ผลไม้แผ่นจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโอกาสทดแทนขนมขบเคี้ยวอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี แต่ในกระบวนการแปรรูปผลไม้แผ่น พบว่า การใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในการทำแห้งต้องใช้ระยะเวลานาน

---

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

[1] Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50100

[2]สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

[2] School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57110

กว่าจะแห้งจนมีค่า Aw 0.4-0.6 (รัตนา และคณะ, 2549) ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตเป็นอย่างมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ลดต้นทุนการผลิตและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ จึงทำการศึกษาการทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมลำไยแผ่น นำลำไยพันธุ์ดอจากสวนในจังหวัดลำพูนมาล้าง คว้านเมล็ด แกะเปลือก นำเนื้อลำไยมาปั่นละเอียด นำไปเข้าสู่กระบวนการผลิตลำไยแผ่น บรรจุในถาดสแตนเลสให้มีความหนา 2.80 มม. นำไปทำแห้งด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ในวันที่มีแดดจัด ตั้งแต่เวลา 9.00 น.-17.00 น. นำออกจากเตาอบ ทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุในถุง โพลีเอทธิลีน ปิดผนึกถุงให้สนิท นำไปเก็บในตู้เย็นที่ 8-10°C ในการทำแห้งวันต่อไปนำตัวอย่างออกจากตู้เย็นไปตากต่อจนผลิตภัณฑ์มีความชื้นเหลืออยู่น้อยกว่า 14% ส่วนการทำแห้งโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน นำลำไยแผ่นมาทำแห้งด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ในวันที่มีแดดจัด ตั้งแต่เวลา 9.00 น.-17.00 น. เป็นเวลา 1 วัน และนำไปทำแห้งต่อด้วยเตาอบลมร้อน โดยศึกษาผลของปัจจัยในการทำแห้ง คือ อุณหภูมิ (60, 70 และ 80°C) และระยะเวลาในการทำแห้ง (5, 7 และ 9 ชั่วโมง) วางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial in CRD ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ นำตัวอย่างลำไยแผ่นที่ผ่านการทำแห้งมาวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้น ค่า Aw ค่าสี L*, a*, b* แรงฉีกและแรงกด และหาสภาวะในการทำแห้งที่เหมาะสมโดยใช้วิธี Response Surface Methodology (RSM)

ผล

การทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน พ.ศ.2549 พบว่า มีอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ในช่วง 60-65°C โดยเวลา 9.00 น. อุณหภูมิมีค่าไม่สูงมาก ทำให้ปริมาณความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ลดลงเพียงเล็กน้อย และเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆจนถึงช่วงเวลา 11.00 น.-13.00 น. จะเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงที่สุด คือ สูงถึง 80°C ทำให้ในช่วงนี้ปริมาณความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆลดลงจนถึงเวลา 17.00 น. ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นน้อยมาก และต้องใช้เวลา 21 ชั่วโมง หรือ 1,260 นาที ผลิตภัณฑ์จึงมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 11.26%db (Figure 1) ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 46.02, 13.76 และ 14.28 ตามลำดับ และกราฟอัตราการทำแห้ง พบเพียงช่วงอัตราการทำแห้งลดลงเท่านั้น

ในการทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน พบว่า อุณหภูมิของเตาอบลมร้อนมีผลต่อปริมาณความชื้น ค่า Aw ค่าสี L*, a*, b* แต่ไม่มีผลต่อค่าแรงฉีกและแรงกด และระยะเวลาในการทำแห้งมีผลต่อค่าสี L*, a*, b* แรงฉีกและแรงกด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาในการทำแห้งนานขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้น ค่า Aw ค่าสี L*, b* ลดลง ส่วนค่าสี a* แรงฉีก และแรงกดเพิ่มขึ้น

การหาสภาวะการทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบลมร้อนในขั้นตอนสุดท้ายด้วยวิธี RSM จะได้กราฟ contour plot (Figure 2) แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมในการทำแห้ง และเพื่อเป็นการลดต้นทุนในกระบวนการทำแห้งและช่วยคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะเลือกใช้สภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาสั้น คือ ที่อุณหภูมิ 73°C ระยะเวลา 8 ชั่วโมง

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน คือ นำลำไยแผ่นที่มีปริมาณความชื้นและค่า Aw เริ่มต้นเท่ากับ 182.75%db และ 0.874 ตามลำดับ มาทำแห้งโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 1 วัน ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 17.00 น. จนมีปริมาณความชื้นและค่า Aw เหลือเท่ากับ 41.60%db และ 0.572 ตามลำดับ นำมาทำแห้งต่อโดยใช้เตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 73°C ระยะเวลาในการทำแห้ง 8 ชั่วโมง รวมระยะเวลาในการทำแห้งทั้งหมด 16 ชั่วโมง ทำให้ได้ปริมาณความชื้น ค่า Aw ค่าสี L* a* b* แรงฉีกและแรงกด เท่ากับ 13.96%, 0.441, 53.78, 12.29, 21.22, 2.952 นิวตัน และ 1.573 นิวตัน ตามลำดับ

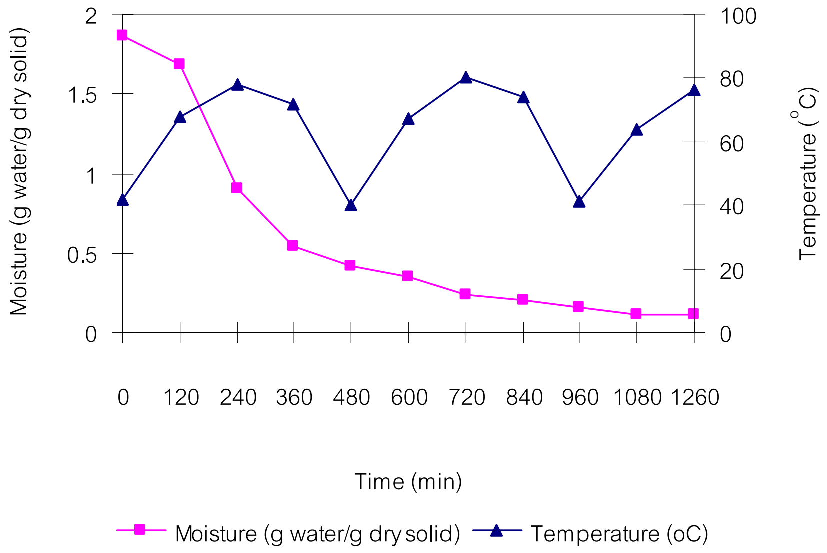

Figure 1 Change of drier temperature and moisture content of longan leather during drying in tunnel solar drier

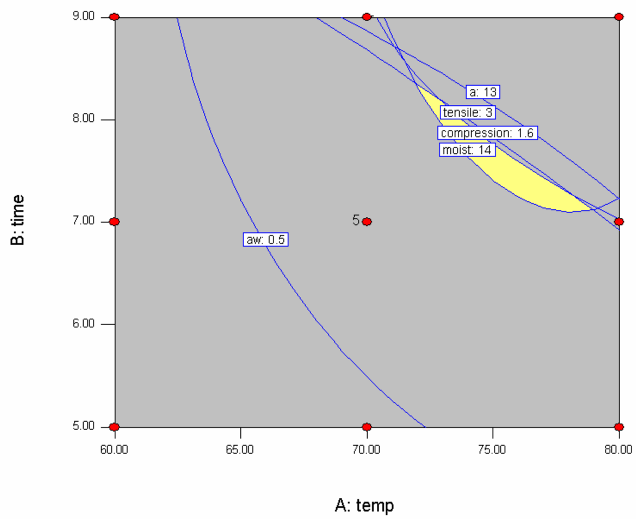

Figure 2 Contour plot of longan leather during hot air drying

วิจารณ์ผล

การทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ พบเพียงช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (Falling rate period) เท่านั้น เนื่องจากในการทำแห้งมีการใช้อุณหภูมิสูง ประกอบกับในการบันทึกน้ำหนักตัวอย่างมีการเว้นช่วงห่างของระยะเวลามากเกินไปจึงเป็นไปได้ที่จะไม่พบช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทำแห้ง prickly pear fruit ของ Lahsasni *et al.* (2004) การทำแห้ง red และ green chillies ของ Hossain and Bala (2007) ซึ่งผลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่ากลไกการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในมาที่ผิวภายนอกน่าจะเป็นแบบการแพร่ (diffusion) มากที่สุด (Lahsasni *et al.*, 2004)

อุณหภูมิและระยะเวลาในการทำแห้งเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์แห้ง อุณหภูมิที่สูงเกินไปและระยะเวลาที่นานเกินไป จะทำให้เกิดความเสียหายของลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส และสารอาหาร (Hu *et al.*, 2006) จากผลของปัจจัยในการทดลอง พบว่า ทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการทำแห้งที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้น ค่าAw ค่าสี L*, b* ลดลง ค่าสี a* แรงฉีกและแรงกดเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะไปเร่งให้น้ำที่อยู่บริเวณผิวผลิตภัณฑ์เกิดการระเหยอย่างรวดเร็ว ทำให้ตัวทำละลายที่ผิวมีความเข้มข้นมากขึ้น และโครงสร้างภายในเกิดการยุบตัว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่น

มากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีความเหนียวมากขึ้น ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับ Lewicki and Jakubczyk (2000) ในการทำแห้ง apple cubes โดยใช้เตาอบลมร้อน พบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์เกิดการหดตัวและเกิด moisture gradient ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวเพิ่มขึ้น และ Lewicki และ Jakubczyk (2004) ยังพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้ง apples จาก 50^{o}C เป็น 70^{o}C มีผลทำให้ค่าแรงกด (ความแข็ง) เพิ่มขึ้นมากกว่า 30% และเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการทำแห้งนานขึ้นก็ยิ่งทำให้ค่าสี L*, b* ลดลง ค่าสี a* เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Maillard reaction) ซึ่งอัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และถ้าในอาหารมีน้ำตาลฟรักโตสจะทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 5-10 เท่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10^{o}C และจะเกิดเร็วเมื่อมีปริมาณน้ำตาลมากขึ้น ความเข้มของสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วย (นิธิยา, 2545) ดังนั้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ลำไยแผ่นมีสีน้ำตาล

สรุป

สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน คือ นำลำไยแผ่นมาทำแห้งด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และทำแห้งต่อในขั้นสุดท้ายด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 73^{o}C ความเร็วลม 0.2 เมตรต่อวินาที เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าและใช้ระยะเวลาในการทำแห้งน้อยกว่าการทำแห้งด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้ทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพ. น. 329.

รัตนา อัตตปัญโญ, สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และอนุวัตร แจ้งชัด. 2549. การพัฒนาผลไม้แผ่นเพื่อยกระดับมาตรฐานและการศึกษาการตลาด. รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Hossain, M.A. and Bala, B.K. 2007. Drying of hot chilli using solar tunnel drier. Solar Energy. 81 : 85-92.

Hu, Q., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Xiao, G. and Sun, J. 2006. Drying of edamames by hot air and vacuum microwave combination. J. Food Eng. 77 : 977-982.

Lahsasni, S., Kouhila, M., Mahrouz, M. and Jaouhari, J.T. 2004. Drying kinetics of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). J. Food Eng. 61 : 173-179.

Lewicki, P.P. and Jakubczyk, E. 2000. Changes of rheological properties of apple tissue undergoing convective drying. Drying Tech. 18 : 707-722.

Lewicki, P.P. and Jakubczyk, E. 2004. Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples. J. Food Eng. 64 : 307-314.