Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 552-555 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 552-555 (2553)

ผลของการทำแห้งแบบระยะเดียว และแบบสองระยะต่อคุณภาพของขิง
Effects of Single Stage and Two Stage Dryings on Quality of Ginger

สุภาวิณี แสนทวีสุข[1] **และ สิงหนาท พวงจันทน์แดง**[1]
Supawinee Saentaweesuk[1] and Singhanat Phoungchandang[1]

Abstract

Two stage drying of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe.) was performed. Sliced ginger was dried in a cabinet dryer at 70 °C for 20 minutes followed by drying in tray and heat pump dehumidified dryers at 40, 50 and 60 °C. The obtained data were compared with single stage drying using tray and heat pump dehumidified dryers at 40, 50 and 60 °C. It was found that heat pump dehumidified dryer provided higher quality aspects and shorter drying time than tray dryer. Two stage drying could reduce drying time for 21-44 % and provide dried ginger with lower total color difference (ΔE*) and higher 6-gingerol content and rehydration ratio than single stage drying.
Key word: ginger, two stage drying, single stage drying

บทคัดย่อ

การศึกษาการทำแห้งขิง (*Zingiber officinale* Roscoe.) แบบสองระยะ โดยทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบตู้ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วตามด้วยการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด และแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบความร้อน ที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการทำแห้งขิงแบบระยะเดียวด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด และแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบความร้อน ที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบความร้อนมีคุณภาพของขิงที่ดีกว่า และใช้ระยะเวลาในการทำแห้งที่สั้นกว่าการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด พบว่าการทำแห้งขิงด้วยการทำแห้งแบบสองระยะสามารถลดเวลาการทำแห้งลงได้ ร้อยละ 21-44 ขิงที่ทำแห้งด้วยการทำแห้งแบบสองระยะมีค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE*) ที่น้อยกว่า ในขณะที่การคืนตัวหลังการทำแห้ง และปริมาณสาร 6-gingerol มากกว่าขิงที่ผ่านการทำแห้งด้วยการทำแห้งแบบระยะเดียว
คำสำคัญ ขิง, การทำแห้งแบบสองระยะ, การทำแห้งแบบระยะเดียว

คำนำ

ขิง *(Zingiber officinale* Rosc.) จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae เป็นพืชเครื่องเทศที่มีกลิ่นหอม ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย (essential oil) 1-3% สาร oleoresin 4-7.5 %และ แป้ง 40-60 % (Rinzler, 2001) ปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมขิงแห้ง กำลังเพิ่มความต้องการของตลาด ซึ่งขิงแห้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแพร่หลาย นอกจากจะใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ยังนำมาใช้ในในทางอุตสาหกรรมการทำเครื่องสำอาง และในทางเภสัชกรรม (Guzman and Siemonsma, 1999) แต่อย่างไรก็ดีคุณภาพของขิงขึ้นอยู่กับปริมาณสารสำคัญ (6- gingerol) ซึ่งจะมีมากที่สุดในขิงสด และจะค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาและสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษา (นิจศิริ, 2542) กระบวนการทำแห้งจึงเป็นกระบวนการแปรรูปที่สำคัญ การศึกษานี้เป็นการศึกษาการทำแห้งขิงแบบสองระยะ (Two-Stage Drying) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะที่สุดต่อการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray dryer: TD) และเครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบความร้อน (Heat pump dehumidified dryer: HPD) ที่เป็นมาตรฐาน และสามารถทำเป็นแบบแผนสำหรับการแปรรูปการทำแห้งขิง เพื่อเพิ่มมูลค่าของขิง และเพื่อการส่งออกต่างประเทศต่อไป

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 4002/ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[1] Department of Food Technology, Faculty of Technology, Khonkaen University, Khonkaen 4002/Postharvest Technology Innovation Center,Khonkaen University

อุปกรณ์และวิธีการ

ขิงอายุ 10-12 เดือน ที่เก็บเกี่ยวจากแหล่งเดียวกันในจังหวัดเพชรบูรณ์ ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำคลอรีน 5 ppm เมื่อสะเด็ดน้ำแล้วนำมาศึกษานำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (AOAC, 2000) และปริมาณสาร 6-gingerol (Balladin et al., 1998) จากนั้นนำมาศึกษาการทำแห้งที่เหมาะสม โดยหั่นขิงแนวยาวเป็นแผ่นบางให้มีความหนา 2 มม. นำมาทำแห้งแบบสองระยะ คือทำแห้งในระยะแรกด้วย Cabinet tray dryer ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (Hu et al., 2005) แล้วตามด้วยการทำแห้งด้วย TD และ HPD ที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบระยะเดียวด้วย TD และ HPD ที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส บันทึกการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักทุก 5 นาที จนมีความชื้นไม่เกิน 13.46 %d.b.. (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526) เปรียบเทียบสีโดยหาความแตกต่างสีรวม (ΔE^*) การหดตัว การคืนตัวของขิงหลังทำแห้ง และปริมาณสาร 6-gingerol

ผล

ขิงแก่อายุ 10-12 เดือนที่นำมาศึกษาการทำแห้งมีความชื้นเริ่มต้น 818.27 % dry base (d.b.) หรือประมาณ 89% wet base (w.b.) และปริมาณสาร 6-gingerol 1834.00 ± 30.11 mg/100g. โดยน้ำหนักแห้ง การศึกษาการทำแห้งขิง พบว่าในระหว่างการทำแห้งปริมาณความชื้นของขิงจะลดลง เนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำไปยังผิวหน้าและเกิดการระเหยของน้ำจากผิวหน้าของอาหารไปสู่อากาศ เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งมีค่าสูงขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นระหว่างการทำแห้งลดลงมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งจะเป็นการเพิ่มศักยภาพในการถ่ายโอนความร้อนระหว่างอากาศกับขิง ดังนั้นจึงสนับสนุนให้เกิดการระเหยของน้ำออกจากขิงได้ดีขึ้น เพื่อลดความชื้นของขิงลงเหลือไม่เกินร้อยละ 13.64 %d.b. และการทำแห้งด้วย HPD ใช้เวลาในการทำแห้งเร็วกว่าการทำแห้งด้วย TD (Phoungchandang et al., 2008) และการทำแห้งแบบสองระยะใช้เวลาในการทำแห้งที่สั้นกว่าการทำแห้งแบบระยะเดียว (Hu et al., 2006) และจาก Figure 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งกับเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง พบว่าการทำแห้งขิงที่ได้จากการทดลองนี้ อยู่ในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงเช่นเดียวกับผลิตผลทางเกษตรอื่น ๆ เช่น ใบสะระแหน่ (Doymez, 2006) และ พริก (Kaleemullah and Kailappan, 2006) เป็นต้น

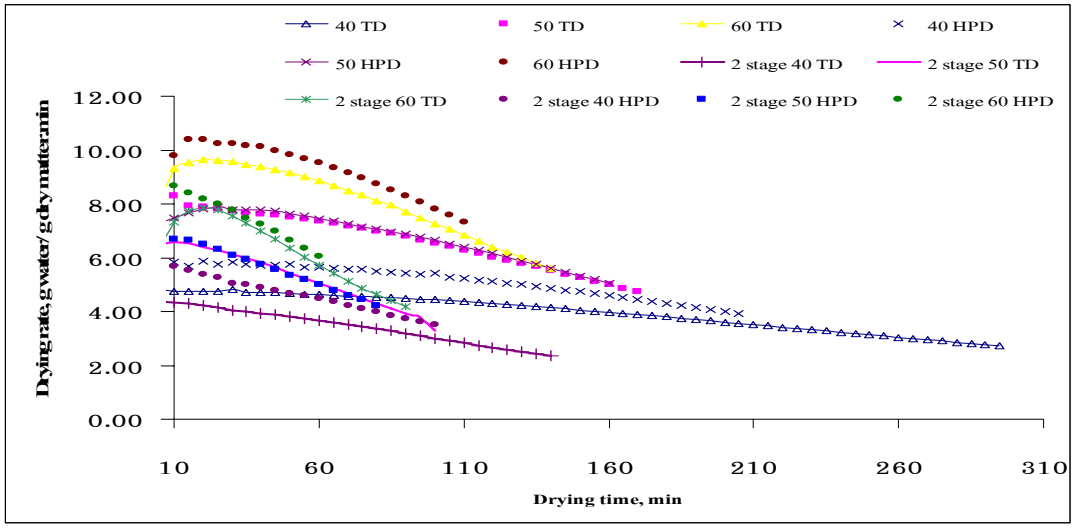

Figure 1 Drying rate of ginger from tray dryer and heat pump dehumidified dryer for two stage drying

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ปริมาณ 6- gingerol ลดลง (Table 2 และ 3) เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงทำให้สารสำคัญถูกทำลายและเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารอื่น (Phoungchandang et al., 2009) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องทำแห้งพบว่า ทั้งการทำแห้งแบบระยะเดียวและแบบสองระยะ โดยการทำแห้งด้วย HPD ทำให้อัตราส่วนการคืนตัวของขิงแห้งสูงกว่าการทำแห้งด้วย TD เนื่องจากการทำแห้งด้วย HPD นั้นใช้เวลาในการทำแห้งสั้นกว่าการทำแห้งด้วย TD (Table 2 และ 3) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อลดอุณหภูมิในการทำแห้งลงอัตราส่วนการคืนตัวจะเพิ่มขึ้น และความแตกต่างของสีรวม (ΔE^*) จะลดลง ดังนั้นอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งจึงมีผลต่อการคืนตัว และสีของขิงหลังทำแห้ง (Table 2 และ 3) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุณหภูมิ

ทำแห้งที่สูงขึ้น หรือระยะเวลาในการทำแห้งนานขึ้นนั้นทำให้โครงสร้างของเซลล์เกิดการแตกหัก และถูกทำลาย อีกทั้งท่อคาพิลลารี่ที่อยู่ในเซลล์เกิดการหดตัวมากขึ้น ทำให้สมบัติทาง Hydrophillic สูญเสียไป จึงทำให้ท่อคาพิลลารี่ขาดความสามารถในการดูดน้ำกลับคืนได้อย่างเต็มที่ ทำให้อัตราส่วนการคืนตัวลดลงตามไปด้วย (Krokida and Marino-Kouris, 2003)

Table 1 Effect of single stage drying on of dried ginger

Treatment	Drying time (min)	%MC (d.b.)	Rehydration ratio	ΔE^*	Gingerol content (mg/100)
40 °C TD	295	12.29	$5.09^{c} \pm 0.04$	$11.10^{c} \pm 0.06$	$1576.93^{b} \pm 7.85$
50 °C TD	170	12.45	$5.08^{c} \pm 0.01$	$14.95^{b} \pm 0.18$	$1563.30^{b} \pm 17.6$
60 °C TD	140	12.44	$4.88^{d} \pm 0.03$	$15.74^{a} \pm 0.34$	$1520.64^{c} \pm 6.51$
40 °C HPD	205	12.79	$5.41^{a} \pm 0.04$	$9.33^{d} \pm 0.37$	$1741.81^{a} \pm 5.45$
50 °C HPD	160	10.05	$5.21^{b} \pm 0.07$	$9.79^{d} \pm 0.24$	$1720.52^{a} \pm 7.08$
60 °C HPD	110	10.43	$5.10^{c} \pm 0.04$	$11.34^{c} \pm 0.13$	$1717.09^{a} \pm 9.09$

Mean in the same column with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$).

Table 2 Effect of two stage drying on quality of dried ginger

Treatment	Drying time (min)	%MC (d.b.)	Rehydration ratio	ΔE^*	Gingerol content (mg/100)
40 °C TD	165	12.14	$5.37^{e} \pm 0.02$	$10.85^{c} \pm 0.16$	$1706.29^{d} \pm 1.84$
50 °C TD	115	11.23	$5.21^{e} \pm 0.04$	$12.08^{b} \pm 0.33$	$1689.25^{e} \pm 6.96$
60 °C TD	110	12.18	$5.12^{d} \pm 0.01$	$14.63^{a} \pm 0.21$	$1664.19^{f} \pm 7.57$
40 °C HPD	120	12.27	$6.29^{a} \pm 0.04$	$8.08^{d} \pm 0.29$	$1787.53^{a} \pm 9.63$
50 °C HPD	100	10.51	$6.02^{b} \pm 0.03$	$10.36^{c} \pm 0.33$	$1767.60^{b} \pm 2.07$
60 °C HPD	80	9.01	$5.74^{c} \pm 0.07$	$11.93^{b} \pm 0.04$	$1740.28^{c} \pm 4.62$

Mean in the same column with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$).

* Compare between a two stage drying and a single stage drying with dried the same dryer.

Table 3 Quality of dried ginger with the best method.

Treatment	Drying time (min)	Rehydration ratio	ΔE^*	Gingerol content (mg/100)
Single stage 40 °C HPD	225	$5.41^{b} \pm 0.04$	$9.33^{b} \pm 0.37$	$1741.81^{b} \pm 5.45$
Single stage 50 °C HPD	160	$5.16^{bc} \pm 0.15$	$9.79^{b} \pm 0.24$	$1720.52^{bc} \pm 7.08$
Single stage 60 °C HPD	110	$5.06^{c} \pm 0.14$	$11.34^{a} \pm 0.13$	$1717.09^{c} \pm 9.09$
Two stage 40 °C HPD	120	$6.29^{a} \pm 0.04$	$8.08^{c} \pm 0.29$	$1787.53^{a} \pm 9.63$

Mean in the same column with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$).

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ให้ค่าทางคุณภาพดีที่สุดของแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบกัน (Table 3) พบว่า การทำแห้งแบบสองระยะ โดยใช้การทำแห้งในระยะที่สองด้วย HPD ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสนั้น ทำให้สามารถรักษาปริมาณ 6-gingerol ได้มากที่สุด อัตราการคืนตัวมากกว่า และมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีรวมน้อยกว่าการทำแห้งโดยใช้ HPD เพียงอย่างเดียว ซึ่งทำให้สามารถลดระยะเวลาการทำแห้งลงได้ถึง 40 – 85 นาที

วิจารณ์และสรุป

ผลการทำแห้งขิงโดยใช้เครื่อง HPD ใช้เวลาในการทำแห้งสั้นกว่าเครื่อง TD เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในเครื่องต่ำกว่า และเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น จะทำให้ความชื้นของขิงลดลงมากขึ้น การทำแห้งขิงด้วย HPD มีค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE^*) ของขิงน้อยกว่า และยังมีอัตราการดูดน้ำกลับคืน และปริมาณ 6-gingerol มากกว่าการทำแห้งด้วย TD

ผลการทำแบบสองระยะโดยทำแห้งด้วย Cabinet tray dryer ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วตามด้วยการทำแห้งด้วย TD และ HPD ใช้เวลาในการทำแห้งสั้นกว่าการทำแห้งแบบระยะเดียว โดยลดระยะเวลาลงได้ถึงประมาณ 21-44 % และยังพบว่าทำให้คุณภาพทั้งหมดของขิงแห้งดีกว่าการทำแห้งแบบระยะเดียว และจากการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะที่สุดสำหรับการทำแห้งขิง พบว่า การทำแห้งขิงโดยการทำแห้งด้วย Cabinet tray dryer ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วตามด้วยการทำแห้งด้วย HPD ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ขิงแห้งที่มีค่าคุณภาพดีที่สุด และสามารถลดระยะเวลาในการทำแห้งลงจากการทำแห้งแบบระยะเดียวถึง 85 นาที หรือประมาณร้อยละ 41.46

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว: หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่นและศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลการเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลองในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2526. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขิงแห้ง. เอกสาร มอก. 458-2526. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 7 น.

นิจศิริ เรืองรังสี. 2542. เครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 206 น.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA., U.S.A.

Balladin, D.A., O. Headley, I. Chang Yen and D.R. McGaw. 1998. High pressure liquid chromatographic analysis of the main pungent principles of solar dried West Indian ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Renewable Energy 13 (4): 531-536.

Doymaz, I. 2006. Thin-layer drying behaviour of mint leaves. J of Food Engineering. 74(3): 370-375.

Guzman, C.C. and J.S. Siemonsma. 1999. Plant Resources of South-East Asia. Backhuys Publisher. Leiden. The Netherlands. 400 p.

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

Kaleemullah, S. and R. Kailappan. 2006. Modeling of thin-layer drying kinetics of red chilles. J of Food Engineering.76: 531-537

Krokida, M.K. and D. Marinos-Kouris. 2003. Rehydration kinetics of dehydrated products. J Food Eng. 57(1): 1-7.

Phoungchandang, S., S. Nongsang and P. Sanchai. 2009. The development of ginger drying using tray drying, heat pump dehumidified drying and mixed mode solar drying. Drying Technol. 27(10): 1123-1131.

Phoungchandang, S., W. Srinukroh and B. Leenanon. 2008. Kaffir lime leaf (Citrus hystric DC.) drying using tray and heat pump dehumidified drying. Drying Technology. 26(12): 1602-1609.

Rinzler, A.C. 2001. The New Herb, Spices and Condiments. Animprint of Fact on File. Inc. New York. 422 p.