Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 541-544 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 541-544 (2554)

การอบแห้งกล้วยและเผือกโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

Drying of Banana and Taro Using Superheated Steam

กอดขวัญ นามสวน[1] **อารีย์ อัจฉริยวิริยะ**[1] **และ ศิวะ อัจฉริยวิริยะ**[1]

Kodkwan Namsanguan[1] Aree Achariyaviriya[1] and Siva Achariyaviriya[1]

Abstract

In this work, banana and taro drying using superheated steam were investigated on the drying kinetics and the quality of dried products. The dryings were performed at the superheated steam temperatures of 140,160 and 180°C and steam velocities of 2 and 4 m/s. The products were dried to final moisture content for both banana and taro at approximately 6% dry basis. The effects of drying temperature and drying velocity on drying kinetics and quality of dried products were investigated. Quality attributes of the products were evaluated in terms of color, shrinkage and texture. The results showed that moisture content decreased quickly with time, steam temperature as well as increasing steam velocity. Drying at higher steam temperature and higher steam velocity yielded products with better color and lower degree of shrinkage. Also, the results indicated that drying temperature affected the textural properties, i.e., hardness and crispiness. It was found that hardness and crispiness increased with increasing steam temperature, while the effect of drying velocity on these properties was not significant ($p > 0.05$) for both products.

Keyword: agricultural product drying, product quality, superheated steam

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ผลิตผลทางการเกษตรที่ศึกษาได้แก่ กล้วยและเผือก โดยศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งและผลของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง ทำการทดลองอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140,160 และ 180°C ความเร็ว 2 และ 4 m/s โดยอบแห้งตัวอย่างจนถึงความชื้นสุดท้าย 6% มาตรฐานแห้ง จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพสี การหดตัวและเนื้อสัมผัส จากการศึกษาพบว่า ความชื้นของวัสดุจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป โดยลดลงเร็วเมื่ออุณหภูมิและความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลาการอบแห้งลดลง การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งด้วยอุณหภูมิและความเร็วสูงมีผลให้คุณภาพสีดีขึ้น การหดตัวน้อยลง ส่วนคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็งและความกรอบ พบว่าอุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลต่อความแข็งและความกรอบ โดยความแข็งและความกรอบจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ส่วนความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งไม่มีผลต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสทั้งสองลักษณะที่ระดับนัยสำคัญ 5%

คำสำคัญ: การอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร, คุณภาพของผลิตภัณฑ์, ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

คำนำ

ผักและผลไม้มีอยู่ตามท้องถิ่นทั่วไปของประเทศไทย หลายชนิดให้ผลผลิตตลอดทั้งปีซึ่งในบางฤดูกาลให้ผลผลิตมากเกินความต้องการ ผลผลิตที่ใช้บริโภคสดนั้นมีอายุการเก็บได้ไม่นานและเสียง่าย การแปรรูปจึงเป็นแนวทางที่ช่วยให้เก็บไว้รอการบริโภคและจำหน่ายได้ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่า กล้วยและเผือกเป็นพืชที่มีประโยชน์ กล้วยมีวิตามินต่างๆ สูง และเผือกใช้เป็นยาระบาย ขับปัสสาวะ ขับน้ำนม ตัวอย่างการแปรรูปเช่น การอบแห้ง การฉาบ และการทอด ซึ่ง 2 อย่างหลังนี้จะมีน้ำตาลและน้ำมัน ไม่เหมาะกับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

การอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรทั่วไปจะใช้การอบแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งนาน ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและพลังงาน และคุณภาพผลิตภัณฑ์อาจไม่เป็นที่ยอมรับหากใช้เวลานานเกินไป การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นเทคนิคที่ให้อัตราการอบแห้งสูง และยังสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้สีคล้ำ (Leeratanarak *et al*., 2005) ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง การหดตัวน้อยเนื่องจากเกิดรูพรุนขนาดใหญ่จากการที่น้ำในผลิตภัณฑ์เกิดการเดือดและระเหยออกจากชั้นในของอาหารอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้สามารถคืนกลับสภาพเดิมเมื่อเติมน้ำได้เร็ว อันเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะพรุน

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[1] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University 50200

(Li *et al*., 1999; Iyota *et al*., 2001; Jamradloedluk *et al*., 2004) นอกจากนี้ยังสามารถนำไอน้ำที่ได้จากการอบแห้งกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เป็นการลดการสูญเสียพลังงานอีกทางหนึ่ง (Tarnawski *et al*., 1996; Elustondo *et al*., 2001) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการอบแห้งกล้วยและเผือกด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง โดยศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่มีต่อเวลาการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเตรียมตัวอย่างกล้วยน้ำว้าและเผือกโดยปลอกเปลือก และหั่นตามขวางหนา 3 mm. (กรณีของเผือกจะนำบล็อกทรงกระบอกมากดทางด้านบนของแผ่นเผือกที่หนา 3 mm. เพื่อให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 60 mm.) จากนั้นทำการทดลองอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140, 160 และ 180°C ความเร็ว 2 และ 4 m/s จนถึงความชื้นสุดท้ายประมาณ 6% d.b. ทำการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Miniscan XE Plus ซึ่งค่าสีที่วัดได้แสดงด้วยค่าความสว่าง (Lightness, L^*) ค่าความเป็นสีแดง (Redness, a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness, b^*) ในระบบ CIE LAB 2) การหดตัว โดยการวัดปริมาตรของตัวอย่างด้วยวิธีการแทนที่ในของเหลวซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้น้ำมันพืช และ 3) การทดสอบเนื้อสัมผัส (ความแข็งและความกรอบ) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ทำการวัดเนื้อสัมผัสของตัวอย่างโดยทำการวัดแบบเจาะทะลุโดยใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. ทำการกดด้วยความเร็วคงที่ 1 mm/min ทำการบันทึกค่าแรงกดเพื่อวิเคราะห์ความแข็งเปราะ และนับจำนวน peak ที่ได้จากการกดให้แตก เพื่อวิเคราะห์ค่าความกรอบ

ผลและวิจารณ์

การลดลงของความชื้นของกล้วยและเผือกภายใต้การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140, 160 และ 180°C ที่ความเร็ว 2 และ 4 m/s แสดงดัง Figure 1 และ 2 จะเห็นได้ว่า ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วแล้วค่อนข้างลดลงอย่างช้าๆ โดยค่าความชื้นจะลดลงเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และความเร็วเพิ่มขึ้น

จากการทดลองพบว่า เมื่อทำการอบแห้งที่ความชื้นเริ่มต้นจนถึงความชื้นสุดท้ายประมาณ 6% d.b. การอบแห้งกล้วยที่ความเร็ว 2 m/s ใช้เวลาประมาณ 25, 15 และ 14 นาที และที่ความเร็ว 4 m/s ใช้เวลาประมาณ 20, 13 และ 11.5 นาที ที่อุณหภูมิ 140, 160 และ 180°C ตามลำดับ

สำหรับการอบแห้งเผือกที่ความเร็ว 2 m/s ใช้เวลาประมาณ 42, 40 และ 30 นาที และที่ความเร็ว 4 m/s ใช้เวลาประมาณ 40, 40 และ 27 นาที ที่อุณหภูมิ 140, 160 และ 180°C ตามลำดับ (การอบแห้งอุณหภูมิต่ำลงมา คือ 120ºC ไม่สามารถลดความชื้นลงเหลือ 6 % d.b.จึงไม่ได้เสนอผลการทดลอง) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิและความเร็วมีผลต่อเวลาอบแห้ง โดยอุณหภูมิมีผลมากกว่าความเร็ว ซึ่งผลการทดลองช่วงแรกพบว่ามีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ซึ่งจากทฤษฎีพบว่าความเร็วจะมีผลต่อการอบแห้งเฉพาะช่วงการอบแห้งคงที่ จึงส่งผลให้ความเร็วมีผลต่อเวลาการอบแห้งโดยรวม

จากการศึกษาด้านคุณภาพ คือ สี การหดตัว และเนื้อสัมผัส แสดงดัง Table 1-3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงขึ้น ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองของกล้วยมีค่าน้อยลง ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองของเผือกมีค่ามากขึ้น โดยค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองจะมีค่ามากขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่างของกล้วยและเผือกมีแนวโน้มไม่แน่นอน อย่างไรก็ตาม พบว่าการอบแห้งกล้วยและเผือกด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ส่วนใหญ่โทนสีจะออกคล้ำเนื่องจากการอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูง แต่คุณภาพสีจะดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความเร็วที่ใช้สูงขึ้น เนื่องจากเวลาในการอบแห้งสั้นลง ทำให้วัสดุสัมผัสความร้อนสูงที่เวลาสั้นลง โดยสภาวะการอบแห้งที่ให้ค่าสีดีที่สุด คือการอบแห้งที่ 180°C และ 4 m/s

การหดตัวและเนื้อสัมผัสของกล้วยและเผือกมีแนวใกล้เคียงกันคือ การหดตัวมีแนวโน้มน้อยลงเมื่ออุณหภูมิและความเร็วสูงขึ้น เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เกิดรูพรุนขนาดใหญ่และจำนวนมากขึ้นในเนื้อวัสดุ ทำให้การหดตัวน้อยลง (Li *et al*., 1999) และความเร็วที่สูงขึ้นเป็นตัวช่วยพาน้ำในวัสดุออกไปได้เร็วขึ้น เวลาอบแห้งจึงลดลง ทำให้การหดตัวน้อยลง ด้านความแข็งและความกรอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ยกเว้นการอบแห้งกล้วยมีแนวโน้มไม่แน่นอน (ความกรอบพิจารณาจากจำนวน peaks คือ จำนวน peaks มาก หมายถึงกรอบมาก) ส่วนความเร็วไม่มีผลต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสทั้งสองลักษณะที่ระดับนัยสำคัญ 5%

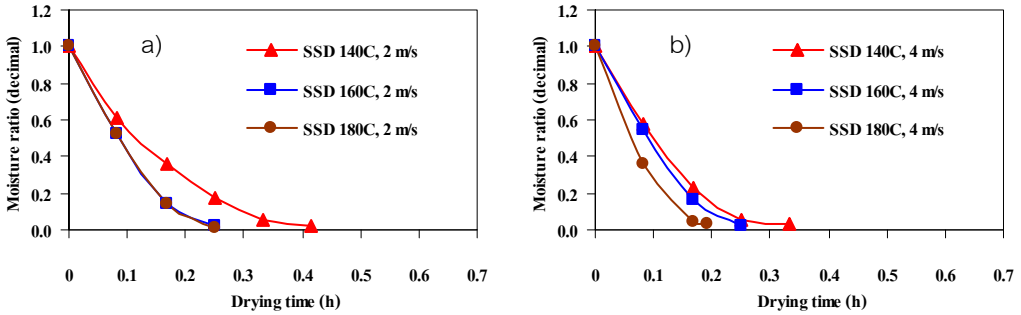

Figure 1 Drying curves of banana under superheated steam drying at different temperatures and a steam velocity, a) 2 m/s and b) 4 m/s

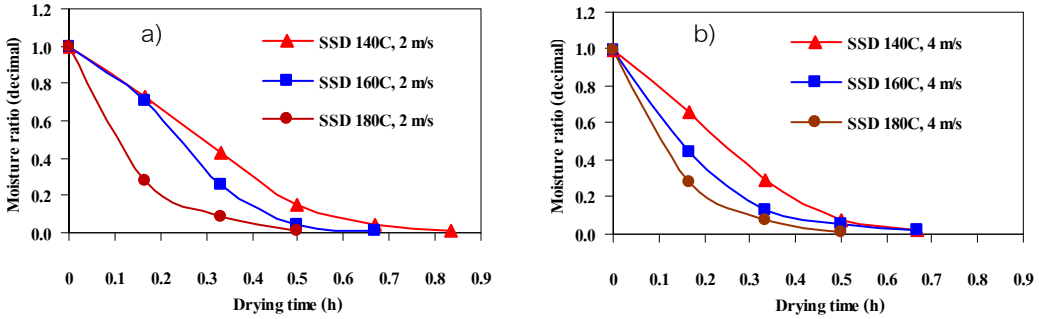

Figure 2 Drying curves of taro under superheated steam drying at different temperatures and a steam velocity, a) 2 m/s and b) 4 m/s

Table 1 Changes in color parameters of dried products

Condition	Color parameter					
	Banana			Taro		
	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*
Velocity 2 m/s						
SSD140°C	11.02 ± 1.61 ^{d}	17.43 ± 3.54 ^{d}	22.32 ± 2.72 ^{a}	3.88 ± 0.76 ^{a}	16.85 ± 2.47 ^{b}	49.05 ± 10.5 ^{d}
SSD160°C	8.70 ± 1.09 ^{b}	10.06 ± 1.96 ^{b}	25.29 ± 2.04 ^{c}	4.86 ± 0.68 ^{b}	20.45 ± 2.16 ^{c}	49.89 ± 4.74 ^{d}
SSD180°C	6.95 ± 1.17 ^{a}	7.36 ± 1.88 ^{a}	23.48 ± 1.56 ^{b}	8.54 ± 1.11 ^{d}	24.45 ± 2.32 ^{e}	44.27 ± 6.42 ^{c}
Velocity 4 m/s						
SSD140°C	17.22 ± 1.21 ^{h}	20.92 ± 1.90 ^{e}	37.35 ± 2.93 ^{f}	4.85 ± 1.60 ^{b}	17.13 ± 1.54 ^{b}	37.09 ± 7.29 ^{b}
SSD160°C	15.09 ± 1.66 ^{g}	18.22 ± 2.95 ^{d}	32.65 ± 3.25 ^{e}	5.87 ± 0.79 ^{c}	22.21 ± 2.61 ^{d}	51.41 ± 7.70 ^{d}
SSD180°C	13.16 ± 1.58 ^{f}	21.93 ± 2.77 ^{f}	40.23 ± 4.61 ^{g}	10.18 ± 1.22 ^{e}	24.86 ± 3.06 ^{e}	41.97 ± 6.19 ^{c}

$^{a-h}$ Means in the same column having a same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 2 Shrinkage of dried products

Drying process	Shrinkage (%)	
	Banana	Taro
Velocity 2 m/s		
SSD140°C	58.53 ± 2.23 [e]	79.16 ± 1.09 [c]
SSD160°C	49.18 ± 1.54 [d]	63.83 ± 0.95 [b]
SSD180°C	35.43 ± 3.25 [a]	65.44 ± 0.52 [b]
Velocity 4 m/s		
SSD140°C	41.34 ± 3.17 [c]	81.44 ± 1.49 [d]
SSD160°C	36.63 ± 1.16 [b]	63.21 ± 1.69 [b]
SSD180°C	34.56 ± 1.06 [b]	55.93 ± 2.82 [a]

[a - h] Means in the same column having a same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 3 Textural properties of dried products

Drying process	Hardness (N)		Number of peaks	
	Banana	Taro	Banana	Taro
Velocity 2 m/s				
SSD140°C	13.75 ± 0.93 [c]	8.58 ± 1.59 [a]	5.60 ± 1.67 [b]	5.50 ± 2.08 [b,c]
SSD160°C	13.18 ± 3.2 [b,c]	10.84 ± 2.84 [a]	10.17 ± 2.9 [c,d]	7.75 ± 2.65 [c]
SSD180°C	11.25 ± 1.05 [b]	18.22 ± 3.47 [b]	10.40 ± 5.47 [d]	8.40 ± 2.07 [c]
Velocity 4 m/s				
SSD140°C	13.20 ± 2.5 [b,c]	7.30 ± 1.74 [a]	7.80 ± 1.92 [b,c]	6.67 ± 2.52 [c]
SSD160°C	14.45 ± 1.74 [c]	9.83 ± 4.09 [a]	10.83 ± 2.3 [c,d]	7.60 ± 1.82 [c]
SSD180°C	13.30 ± 2.4 [b,c]	15.43 ± 6.33 [b]	14.0 ± 3.85 [d]	8.00 ± 1.00 [c]

[a - h] Means in the same column having a same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

สรุป

ความชื้นของวัสดุลดลงเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลาการอบแห้งลดลง โดยอุณหภูมิมีผลมากกว่าความเร็ว การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งด้วยอุณหภูมิและความเร็วสูงมีผลให้คุณภาพสีดีขึ้น การหดตัวน้อยลง อุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลต่อความแข็งและความกรอบ โดยความแข็งและความกรอบจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ส่วนความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งไม่มีผลต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสทั้งสองลักษณะที่ระดับนัยสำคัญ 5%

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Elustondo, D., M.P. Elustondo and M.J. Urinbicain. 2001. Mathematical modeling of moisture evaporation from foodstuffs exposed to sub-atmospheric pressure superheated steam. Journal of Food Engineering\ 49:15-24.

Iyota, H., N. Nishimura, T. Onuma and T. Nomura. 2001. Drying of sliced raw potatoes in superheated steam and hot air. Drying Technology 19(7): 1411-1424.

Jamradloedluk, J., A. Nathakaranakule, S. Soponronnarit and S. Prachayawarakorn. 2004. Influences of drying medium and temperature on drying kinetics and quality attributes of durian chip. Journal of Food Engineering 78: 198-205.

Leeratanarak, N., S. Devahastin and N. Chiewchan. 2005. Drying kinetics and quality of potato chips undergoing different drying techniques. Journal of Food Engineering 77: 635 – 643.

Li, Y.B., J. Seyed-Yagoobi, R.G. Moreira and R. Yamsaengsung. 1999. Superheated steam impingement drying of tortilla chips. Drying Technology 17(1 &2): 191-213.

Tarnawski, W.Z., J. Mitera, P. Borowski and A. Klepaczka. 1996. Energy analysis on use of air and superheated steam as drying media. Drying Technology 14(7&8): 1733-1749.