ผลของอุณหภูมิและตัวกลางการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งและสมบัติของเปลือกแก้วมังกร

Effects of Drying Temperatures and Media on Drying Kinetics and Properties of Dragon Fruit Peel

ละมุล วิเศษ[1] และ ณัฐพล ภูมิสะอาด[1]
Lamul Wiset[1] and Nattapol Poomsa-ad[1]

Abstract

Dragon fruit peel is a waste after consuming the flesh. However, the peel found to contain bioactive compounds which has some medical values. The objective of the research was to study the effects of drying temperatures and media on the drying kinetic of dragon fruit peel and total phenolic compounds content, antioxidant activity and soluble pigment. Heat pump dryer with drying media was used for drying the peel at drying media temperatures of 45, 50 and 55°C. Results of the study found that at a specific drying temperature, the use of air as drying medium had the higher drying rate than the use of nitrogen as drying medium. The peel sample with initial moisture content of 1011 % dry basis was dried down to 11% dry basis where it took 400 and 340 min for nitrogen and air respectively, at the drying temperature of 55 °C. The analyzed results for the determination of total phenolic compounds, antioxidant activity and soluble pigment found that those values were increased with the drying temperature significantly ($p \leq 0.05$). Moreover, at the same drying temperature, the nitrogen as drying medium gave a higher antioxidant activity and soluble pigment but had a lower total phenolic compounds than those obtained from using the air as drying medium.

Keywords: antioxidant, heat pump dryer, drying

บทคัดย่อ

เปลือกแก้วมังกรเป็นส่วนเหลือทิ้งหลังจากบริโภคเนื้อผล ในเปลือกมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสรรพคุณทางยา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและตัวกลางในการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง ปริมาณสารประกอบฟีนอล ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และสารสีที่ละลายได้ ในการอบแห้งโดยใช้ปั๊มความร้อน ที่อุณหภูมิของตัวกลาง 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิเดียวกันอากาศมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าก๊าซไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในการอบแห้งเพื่อลดความชื้นตัวอย่างเปลือกแก้วมังกรจาก 1011 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ให้เหลือ 10 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ของตัวกลางไนโตรเจนและอากาศใช้เวลา 400 และ 340 นาที ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอล ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และสารสีที่ละลายได้ พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าที่ได้มีแนวโน้มสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารสีที่ละลายได้โดยใช้ตัวกลางก๊าซไนโตรเจนส่งผลให้ค่ามากกว่าอากาศ แต่สารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีค่าน้อยกว่าที่อุณหภูมิการอบแห้งเดียวกัน

คำสำคัญ: ตัวต้านการออกซิเดชัน เครื่องอบแห้งปั๊มความร้อน การอบแห้ง

บทนำ

แก้วมังกร (*Hylocereus spp.*) เป็นผลไม้ที่มีสารอาหาร เส้นใยและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (Le Bellec *et al.*, 2006) แก้วมังกรที่บริโภคภายในประเทศมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์เนื้อแดง (*Hylocereus polyrhizus*) และ พันธุ์เนื้อขาว (*Hylocereus undatus*) เปลือกแก้วมังกรเป็นผลพลอยได้ที่สำคัญจากการแปรรูปแก้วมังกร มีรายงานวิจัยว่าในส่วนของเปลือกแก้วมังกรมีฤทธิ์ในการเป็นตัวต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในเนื้อผล (Nurliyana *et al.*, 2010) นอกจากนี้ยังพบว่าในส่วนของเปลือกมีรงควัตถุที่ให้สีแดง คือ Betalain ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้เป็นสารสีจากธรรมชาติได้ (Harivaindaran *et al.*, 2008) อย่างไรก็ตามในรูปของเปลือกสดไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน ดังนั้นการอบแห้งจึงมีความจำเป็นในการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม สำหรับการใช้ความร้อนนั้นทำให้ผลิตภัณฑ์เกษตรเกิดการเปลี่ยนสีได้ง่าย อาจ

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150
[1] Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kamriang District, Kantarawichai, Maha Sarakham 44150

เนื่องมาจากการสลายตัวของรงควัตถุ หรือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่มีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง (Arabhosseini *et al*., 2001; Negi and Roy, 2001; Sinnecker *et al*., 2005; Arslan and Ozcan, 2008) การทำแห้งโดยการผึ่งแดดหรือผึ่งในที่ร่ม ในที่ร่มนั้นมีปัจจัยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นตัวแปร ทำให้เวลาในการผึ่งไม่แน่นอน อีกทั้งการผึ่งแดดเป็นเวลานานทำให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับออกซิเจนและแสงแดดมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการออกซิเดชันทำให้สรรพคุณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง การใช้เครื่องอบแห้งเพื่อลดความชื้นจึงเป็นข้อดีในแง่ของการควบคุมการผลิตทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ การใช้เครื่องอบแห้งแบบสูบความร้อนเป็นหนึ่งทางเลือก มีข้อดีคือ อบแห้งที่อุณหภูมิไม่สูงมากนักอยู่ในช่วง 40-60 องศาเซลเซียส มีการลดความชื้นของอากาศก่อนเข้าสู่ห้องอบทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำ ผลิตภัณฑ์สามารถถ่ายเทความชื้นออกจากตัวผลิตภัณฑ์ได้ดีขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้น (Sosle *et al*., 2003; Teeboonma *et al*., 2003) อีกทั้งเป็นระบบปิดจึงสามารถป้องกันการปนเปื้อนเชื้อโรคจากฝุ่นละอองในบรรยากาศได้ และสามารถนำก๊าซเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ มาเป็นตัวกลางในการอบแห้ง ซึ่งการอบแห้งภายใต้สภาพที่ไร้ออกซิเจนจะสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Ramesh *et al*., 1999) งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะอบแห้งเปลือกแก้วมังกรด้วยเครื่องอบแห้งแบบสูบความร้อนภายใต้สภาวะของตัวกลางที่เป็นอากาศ และก๊าซไนโตรเจน เพื่อดูผลของสภาวะการอบแห้งต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

แก้วมังกรที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์เนื้อสีขาว ซื้อจากตลาดสด จังหวัดมหาสารคาม นำมาปอกเปลือกซึ่งวัดความหนาได้ประมาณ 3 มิลลิเมตรแล้วหั่นเป็นชิ้นขนาด กว้างxยาว เท่ากับ 3x20 ตารางมิลลิเมตร นำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสูบความร้อน ที่อุณหภูมิ 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส ภายใต้ตัวกลาง อากาศและก๊าซไนโตรเจน ที่ความเร็วลมคงที่ 0.5 เมตรต่อวินาที บันทึกน้ำหนักของเปลือกแก้วมังกรทุก 20 นาที จนกระทั่งน้ำหนักคงที่พลอตกราฟระหว่างความชื้นและระยะเวลาการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ เพื่อดูลักษณะการอบแห้ง สำหรับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ทำการอบแห้งจนกระทั่งตัวอย่างมีค่าความชื้นสุดท้ายร้อยละ 10 มาตรฐานแห้ง โดยระยะเวลาการอบแห้งดูได้จากกราฟ จากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระตามวิธีของ Braca *et al*. (2001) สารประกอบฟีนอลตามวิธีของ Zhou and Yu (2006) สำหรับสารสีที่ละลายได้ใช้วิธีการวัดทางอ้อมโดยดัดแปลงจากงานวิจัยของ อรุษา และคณะ (2553) โดยการนำเปลือกแก้วมังกรอบแห้งมาบดให้ละเอียดแล้วละลายในเอทานอลความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็น ในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 จากนั้นกรองเอาเฉพาะส่วนใส แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu, UV-1800) สำหรับความชื้นหาโดยวิธีการอบแห้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการอบแห้งเปลือกแก้วมังกรโดยเครื่องอบแห้งแบบสูบความร้อนที่อุณหภูมิ 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส ภายใต้ตัวกลางอากาศและก๊าซไนโตรเจน โดยความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างมีค่าประมาณ 1011 มาตรฐานแห้ง พลอตกราฟระหว่างความชื้นกับระยะเวลาในการอบแห้ง กราฟการอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกันโดยใช้ตัวกลางการอบแห้งต่าง ๆ แสดง Figure 1

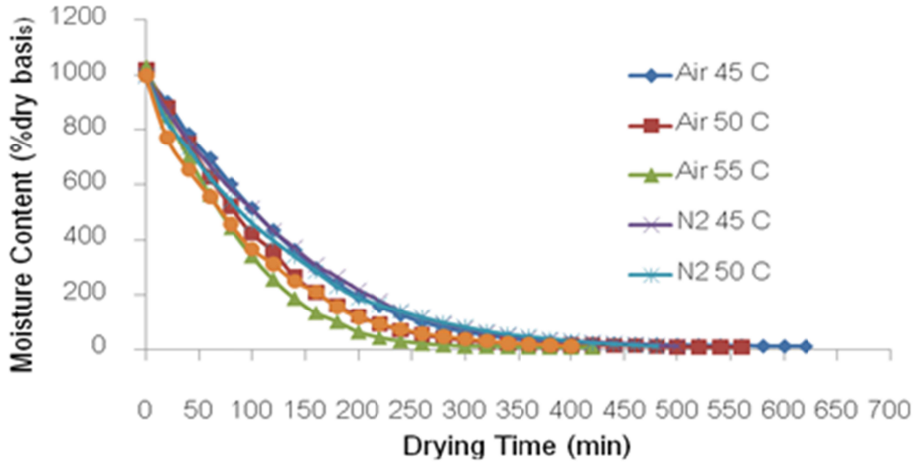

Figure 1 Drying characteristics of dragon fruit peel at various drying temperatures of air and nitrogen as drying media

จาก Figure 1 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีผลต่อการลดความชื้นของเปลือกแก้วมังกร โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้ความชื้นของตัวอย่างลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิตัวกลางและเปลือกแก้วมังกรมีค่าสูงส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลสารได้ดี ส่วนการอบแห้งภายใต้ตัวกลางอากาศและก๊าซไนโตรเจนผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งแตกต่างกันดังแสดงใน Table 1 อาจเนื่องมาจากว่าสมบัติของความร้อนจำเพาะต่างกันทำให้เวลาในการอบแห้งต่างกัน

เมื่อนำเปลือกแก้วมังกรที่ผ่านการอบแห้งจากสภาวะต่างๆ มาวิเคราะห์สารประกอบฟีนอล ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ค่าที่ได้ดังแสดงใน Table1

Table 1 Levels of total phenolics, DPPH radical-scavenging activity and total soluble of dried dragon fruit peel under various drying conditions.

Drying condition under air and N_2 media	Drying time (hr)	Total phenolics (mg GAE/g sample)	DPPH (% inhibition)	Absorbance at 538 nm
Drying at 45 °C under Air	600	4.68±0.13^{c}	43.79±0.43^{e}	0.479±0.037^{d}
Drying at 50 °C under Air	480	5.22±0.05^{b}	49.19±1.16^{d}	0.546±0.011^{c}
Drying at 55 °C under Air	340	6.01±0.17^{a}	65.04±0.76^{b}	0.575±0.007^{c}
Drying at 45 °C under N_2	500	2.71±0.26^{e}	48.11±0.23^{d}	0.690±0.062^{b}
Drying at 50 °C under N_2	480	3.32±0.10^{d}	56.13±0.30^{c}	0.700±0.025^{b}
Drying at 55 °C under N_2	400	4.85±0.13^{c}	75.21±0.55^{a}	0.835±0.042^{a}

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different ($p \geq 0.05$) by DMRT
Note: DPPH = 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในการอบแห้งพบว่าสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในทุกตัวกลางการอบแห้งและมีค่ามากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง ส่วนการอบแห้งภายใต้อากาศมีค่าสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าการใช้ไนโตรเจน

การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ได้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าที่ 50 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในตัวกลางแต่ละชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งนานขึ้นมีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลง และเมื่อพิจารณาถึงตัวกลางการอบแห้งพบว่าการใช้อากาศทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเปลือกแก้วมังกรลดลงมากกว่าการอบแห้งภายใต้ไนโตรเจน อาจเป็นไปได้ว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพถูกออกซิไดซ์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนในระหว่างการอบแห้ง

จากงานวิจัยปริมาณสารสีที่ละลายได้ โดยใช้การวัดค่าการดูดกลืนแสงของเปลือกแก้วมังกรที่ละลายในเอทานอลความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเปลือกแก้วมังกรที่อบแห้งภายใต้ไนโตรเจนมีค่าสูงกว่าการอบแห้งภายใต้อากาศ อาจเป็นไปได้ว่ารงควัตถุสีแดงถูกออกซิไดซ์ในระหว่างการอบแห้งภายใต้อากาศ ทำให้สารสีที่ละลายได้มีค่าน้อยกว่าการอบแห้งด้วยไนโตรเจน ส่วนอุณหภูมิการอบแห้งที่สูงขึ้นทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยลง ถึงแม้ว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงจะสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้มากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ จากรายงานวิจัยของ กรรณิการ์และปราณี (2552) รายงานว่าแก้วมังกรที่มีรงควัตถุสีแดงในกลุ่มของเบต้าไซยานิน มีค่าความเป็นสีแดงไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 40 และ 60 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งไม่มีผลต่อความคงตัวของเบต้าไซยานิน แต่จากงานวิจัยของ กรรณิการ์ และปราณี (2552) รายงานว่าแสงสว่างมีผลต่อความคงตัวของเบต้าไซยานิน ซึ่งแสงสว่างอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการออกซิเดชันเช่นเดียวกับออกซิเจนในอากาศ

สรุป

การอบแห้งเปลือกแก้วมังกรด้วยเครื่องอบแห้งแบบสูบความร้อนที่อุณหภูมิ 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส ภายใต้ตัวกลางอากาศและก๊าซไนโตรเจน จนกระทั่งมีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 10 มาตรฐานแห้ง ซึ่งจะใช้เวลาการอบแห้งแตกต่างกัน พบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าที่ได้มีแนวโน้มสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารสีที่ละลายได้โดยใช้ตัวกลางก๊าซไนโตรเจนส่งผลให้ค่ามากกว่าอากาศแต่สารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีค่าน้อยกว่าที่อุณหภูมิการอบแห้งเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่สนับสนุนเงินในการเข้าร่วมการประชุมวิชาการและการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณนางสาวภาวิณี ปากเสียงดี และ นางสาวศิรินันท์ เรืองศรีมั่น สำหรับการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ สอนโยธา และปราณี อ่านเปรื่อง. 2552. สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความคงตัวของเบต้าไซยานินจากเปลือก และเนื้อแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40(1): 15-18.

อรุษา เชาวนลิขิต, ประเสริฐ เตชชีวพงศ์ และปริญญา ตั้งเจริญกิจ. 2553. ความคงตัวของเบต้าไซยานินจากเปลือกแก้วมังกร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(3/1): 409-412.

Arabhosseini, A., W. Huisman, A. van Boxtel and J. Muller. 2007. Long-term Effects of Drying conditions on the essential Oil and color of tarragon leaves during storage. Journal of Food Engineering 79: 561-566.

Arslan, D. and M. M. Ozcan. 2008. Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and colour characteristics of rosemary leaves. Energy Conversion and Management 49: 1258-1264.

Braca, A., N. Tommasi, D. L. Bari, C. Pizza, M. Politi and I. Morelli. 2001. Antioxidant principle from Bauhinia terapotensis. Journal of Natural Products 64: 982-895.

Harivaindaran, K. V., O. P. S. Rebecca and S. Chandran. 2008. Study of optimal temperature, pH and stability of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel for use as potential natural colorant Pakistan. Journal of Biological Science 11(18): 2259-2263.

Le Bellec, F., F. Vaillant and E. Eric Imbert. 2006. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): a new fruit crop, a market with a future. Fruits 61(4): 237-250.

Ramesh, M. N., W. Wolf, D. Tevini and G.Jung. 1999. Studies on inert gas processing of vegetables. Journal of Food Engineering 40: 199-205.

Nurliyana, R., I. Syed Zahir, K. Mustapha Suleiman, M. R Aisyah and K. Kamarul Rahim. 2010. Antioxidant study of pulps and peel of dragon fruits: a comparative study. International Food Research Journal 17: 367-375.

Negi, P. S. and S. K. Roy. 2001. Effect of drying conditions on quality of green leaves during long term storage. Food Research International 34: 283-287.

Sinnecker, P., N. Braga, E. L. A. Macchione and U. M. Lanfer-Marquez. 2005. Mechanism of soybean (*Glycine max* L. Merrill) degreening related to maturity stage and postharvest drying temperature. Postharvest Biology Technology 38: 269-279.

Sosle, V., G. S. V. Raghavan and R. Kittler. 2003. Low-temperature drying using a versatile heat pump dehumidifier. Drying Technology 21(3): 539-554.

Teeboonma, U., J. Tiansuwan and S. Soponronnarit. 2003. Optimization of heat pump fruit dryers. Journal of Food Engineering 59(4): 369-377.

Zhou, K. and L. Yu. 2006. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. Lebensmittel-Wissenschaft Technologies 39: 1155-1162.