Agricultural Sci. J. 45 : 3/1 (Suppl.) : 421-424 (2014) ว. วิทย. กษ. 45 : 3/1 (พิเศษ) : 421-424 (2557)

ผลของการอบแห้งแบบอุณหภูมิสองระดับต่อสมบัติทางกายภาพและสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพของกระเจี๊ยบแดงพันธุ์ขอนแก่น

Effect of Two-Stage Drying Temperature on Physical properties and Bioactive Compound of Roselle cv.Khon Kaen

เพียรพรรณ สุภะโคตร,[1] ละมุล วิเศษ[1] และณัฐพล ภูมิสะอาด[1]
Painpan Supakot [1], Lamal Wiset [1] and Nattapol Poom-ad[1]

Abstract

This research was aimed at studying the effect of two-stage drying temperatures on physical properties and bioactive compounds of roselle cv.Khon Kaen, then compared the quality of roselle petals with the sample drying at constant temperature of 70 °C (control), drying time was 6.23 hours. At two-stage drying temperature, the roselle petals were dried at 70 °C for 3 hours followed by 40, 50 and 60 °C. The drying time was 9, 8.30, and 8 hours, respectively. The initial moisture content of 798.10 % dry basis was dried until the final moisture content at 11.48 ± 0.61 (control), 11.18 ± 0.07, 11.15 ± 0.79 and 11.39 ± 0.55 % dry basis, respectively. The experimental results showed that the lower drying temperature in second stage resulted in the decreasing of Lightness value (L*), yellowness (b*), and hue angle values compared with control sample. Moreover, the values of redness (a*) chroma and total color difference (ΔE*) were not significantly different from control sample ($p \geq 0.05$). However, roselle petals drying at 70 °C followed by drying at 40 °C remained the higher antocyanin content and DPPH scavenging inhibitions than control sample ($p \leq 0.05$). In addition, the drying process followed by drying at 50 °C had higher values of ascorbic acid and total phenolic contents than control sample ($p \leq 0.05$).

Keywords: two-stage drying, bioactive compounds, roselle

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการอบแห้งแบบอุณหภูมิสองระดับต่อสมบัติทางกายภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของกระเจี๊ยบแดงพันธุ์ขอนแก่นเปรียบเทียบกับกระเจี๊ยบแดงที่อบแห้งแบบอุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ตัวอย่างควบคุม) โดยใช้เวลาในการอบแห้ง 6.23 ชั่วโมง การอบแห้งแบบอุณหภูมิสองระดับโดยนำกลีบกระเจี๊ยบมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมงแล้วตามด้วยอุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการอบแห้งคือ 9, 8.30 และ 8 ชั่วโมงตามลำดับ โดยกระเจี๊ยบมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 798.10 (มาตรฐานแห้ง) อบแห้งจนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้าย 11.48±0.61 (ตัวอย่างควบคุม),11.18 ± 0.07, 11.15 ± 0.79 และ 11.39 ± 0.55 (มาตรฐานแห้ง) ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าการลดอุณหภูมิในการอบแห้งขั้นที่สองต่ำลงส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่ามุมสี (hue angle) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่วนค่าสีแดง (a*) ค่าความเข้มสี (chroma) และค่าค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE*) ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p \geq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่ากระเจี๊ยบที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมงแล้วตามด้วยอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สามารถรักษาปริมาณสารแอนโทไซยานินและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$) ส่วนการอบแห้งที่ตามด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: การทำแห้งแบบสองขั้น, สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, กระเจี๊ยบ

บทนำ

ปัจจุบันผู้คนได้มีการตื่นตัวในด้านสุขภาพ สมุนไพรเป็นทางเลือกในการดูแลสุขภาพ จึงมีความต้องการสมุนไพรมากขึ้น กระเจี๊ยบแดงเป็นสมุนไพรอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ทำเครื่องดื่ม (Wong *et al*., 2002) สีผสมอาหาร และยารักษาโรค เป็นสมุนไพรที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ มีสรรพคุณช่วยลดไขมันในเส้นเลือด ลดความดันโลหิต ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา

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

ขับปัสวะ แก้ไอ ขับเสมหะ และป้องกันการเกิดนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ เป็นต้น พบว่าในกลีบกระเจี๊ยบประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก สารแอนโทไซยานิน และวิตามินซี ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งในกระเจี๊ยบแดงแต่ละสายพันธุ์จะมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพแตกต่างกัน ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะปลูกกระเจี๊ยบเพื่อจำหน่ายเป็นกระเจี๊ยบแห้ง เนื่องจากกระเจี๊ยบแดงสดจะมีระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้น โดยส่วนมากนิยมทำแห้งด้วยการตากแดด ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก และค่าใช้จ่ายต่ำ แต่มีข้อเสียหลายอย่าง เช่น สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เนื่องจากใช้เวลาในการทำแห้งนาน ไม่สามารถควบคุมสภาวะในการทำแห้งได้ และอาจปนเปื้อนจาก ฝุ่นละออง เศษวัสดุต่างๆ (Andritsos *et al*., 2003) จึงมีการพัฒนาวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเพื่อควบคุมสภาวะในการทำแห้งและลดระยะเวลาในการทำแห้งได้ดีกว่าการทำแห้งแบบตากแดด (Ertekin and Yaldiz, 2004)

อย่างไรก็ตามการนำเทคโนโลยีด้านการอบแห้งด้วยลมร้อนยังส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของกระเจี๊ยบแดง ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าความสว่างลดลง และสูญเสียสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูง (Vega-Galvez *et al*., 2009) ซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมอบแห้งแบบลมร้อนอุณหภูมิคงที่ตลอดเวลาในการอบแห้ง ซึ่งการอบแห้งด้วยวิธีดังกล่าวจะส่งผลต่อสี คุณค่าทางโภชนาการ และสารสำคัญต่างๆ ในผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง (Doymaz and Pala, 2002) และจากงานวิจัยของ Phomkong *et al*., 2009 ได้อบแห้งพริกแบบอุณหภูมิสองขั้นพบว่าสามารถลดการสูญเสียสี และสาระสำคัญของพริกได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจทำการศึกษาการอบแห้งกระเจี๊ยบแบบอุณหภูมิสองขั้นเพื่อลดการสูญเสียสี และสารสำคัญในกระเจี๊ยบแดงพันธุ์ขอนแก่น

อุปกรณ์และวิธีการ

นำกลีบกระเจี๊ยบแดงในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่น นำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนในขั้นที่หนึ่งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง แล้วตามด้วยอุณหภูมิระดับที่สองที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส สำหรับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ทำการอบแห้งจนกระทั่งตัวอย่างมีค่าความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 12 มาตรฐานแห้ง จากนั้นนำตัวอย่างมาวัดค่าสีโดยใช้ระบบ CIELAB (L* a* b*) ด้วยเครื่อง Hunter Lab Colour Flex EZ (Sigge *et al*., 2001) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) (AOAC, 1990) วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดัดแปลงตามวิธีของ Braca *et al*. (2001) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดตามวิธีของ Chuah *et al*., (2008) แอนโทไซยานินดัดแปลงจากวิธีของ Ranganna (1977) และวิตามินซีตามวิธีการของ AOAC (2000) สำหรับความชื้นของกระเจี๊ยบแดงหาโดยวิธีการอบแห้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการอบแห้งกระเจี๊ยบแดงพันธุ์ขอนแก่นด้วยอุณหภูมิสองระดับ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในขั้นที่หนึ่ง แล้วตามด้วยอุณหภูมิระดับที่สองที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ในขั้นที่สอง ได้ผลการทดลองซึ่งนำเสนอในเรื่องการเปลี่ยนแปลงความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของกระเจี๊ยบแดงพันธุ์ขอนแก่น แสดงดัง Table 1 จากการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของกระเจี๊ยบแดงพันธุ์ขอนแก่น พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.46 – 0.51 และเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งขั้นที่สองเพิ่มขึ้นเวลาในการทำแห้งมีแนวโน้มลดลง แสดงดัง Table 1

Table 1 Drying time, water activity and moisture content of dried roselle petal under various drying conditions.

Drying condition	Drying time (hours)	Water activity^{ns}	Moisture content^{ns} (% dry basis)
Control (70 °C)	6.23	0.46±0.04	11.48±0.61
70 °C 3 hr-40 °C	12.00	0.51±0.02	11.18±0.07
70 °C 3 hr-50 °C	11.30	0.50±0.01	11.15±0.79
70 °C 3 hr-60 °C	11.00	0.50±0.29	11.39±0.55

จาก Figure 1 พบว่า กระเจี๊ยบแดงพันธุ์ขอนแก่นที่ผ่านการอบแห้งแบบอุณหภูมิสองระยะมีค่าความสว่างสูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยพบว่าการอบแห้งกระเจี๊ยบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง แล้วตามด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างสูงสุด ($p \leq 0.05$) แสดงดัง Figure 1 ซึ่งสอดคล้องกับ Chou *et al*. (2000) ที่พบว่าการทำแห้งกล้วยแบบอุณหภูมิหลายระดับทำให้กล้วยหลังการอบแห้งมีค่าความสว่างสูงกว่าการอบแห้งแบบอุณหภูมิคงที่ สำหรับค่าสีแดง (a*) พบว่าการอบแห้งแบบอุณหภูมิสองระดับส่งผลทำให้ค่า a* มีค่าต่ำกว่าการอบแห้งแบบอุณหภูมิคงที่ อาจเนื่องจากการอบแห้งแบบอุณหภูมิสองระดับใช้เวลาในการอบแห้งนานส่งผลให้มีการสูญเสียสีแดงมากกว่าการอบแห้งแบบอุณหภูมิคงที่

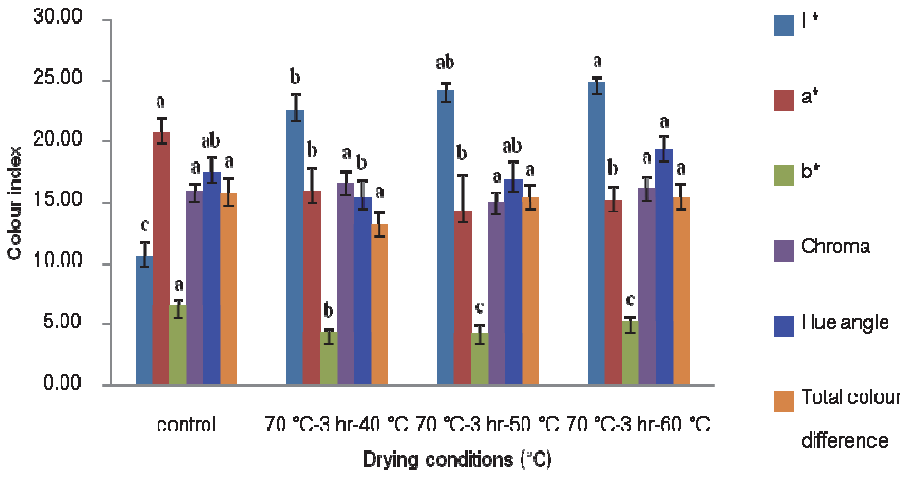

Figure 1 Colour index of dried roselle under various drying conditions.

นอกจากนี้พบว่าค่าความเข้มสี (Chroma) ของกระเจี๊ยบแดงพันธุ์ขอนแก่นที่ผ่านการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าอุณหภูมิการทำแห้งส่งผลให้ค่าความเข้มสีลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด เนื่องจากการอบแห้งส่งผลให้สารแอนโทไซยานินในกระเจี๊ยบเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และมีอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Von Elbe and Schwartz, 1996) เช่นเดียวกันกับค่ามุมของสี (hue angle) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total colour difference) ที่พบว่าการอบแห้งแบบอุณหภูมิคงที่และอุณหภูมิสองระดับไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) จากการคำนวณพบว่ากระเจี๊ยบมีค่า hue angle อยู่ในช่วง 17.56 – 19.36 ซึ่งแสดงถึงกระเจี๊ยบมีโทนสีแดงถึงม่วงแดง

Table 2 Content of ascorbic acid, total anthocyanin, total phenolic and DPPH radical-scavenging activity of dried roselle under various drying conditions.

Drying condition	Ascorbic acid (mg/100 g DW)	Total anthocyanin (mg /100 g DW)	Total phenolic content^{ns} (mg/100g DW)	DPPH (% inhibition)
Control (70 °C)	140.70 ± 8.04^{c}	341.97 ± 6.08^{b}	29.36 ± 2.92	29.01 ± 7.14^{b}
70 °C 3 hr-40 °C	178.90 ± 6.05^{b}	401.79 ± 5.23^{a}	33.16 ± 3.39	46.41 ± 21.13^{a}
70 °C 3 hr-50 °C	242.54 ± 16.73^{a}	357.32 ± 21.80^{ab}	33.24 ± 7.72	24.29 ± 10.61^{b}
70 °C 3 hr-60 °C	170.45 ± 11.84^{b}	345.32 ± 5.14^{b}	31.79 ± 3.90	23.64 ± 12.20^{b}

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different ($p\geq0.05$) by DMRT

Table 2 พบว่าสภาวะการอบแห้งมีผลทำให้กรดแอสคอร์บิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยพบว่าการอบแห้งแบบอุณหภูมิสองระดับที่ 70 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมงแล้วตามด้วย 50 องศาเซลเซียส คงปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งที่สภาวะอื่นๆ และพบว่าการอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส คงปริมาณกรดแอสคอร์บิกต่ำสุด และพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งขั้นที่สองเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้แอสคอร์บิกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้พอลิเมอร์ (polymer) ที่เรียกว่า melanoidins เกิดเป็นสารสีน้ำตาล (Gregory, 1996) ซึ่งสอดคล้องกับ Kurozawa *et al.* (2014) ที่พบว่าปริมาณกรดแอสคอร์บิกในมะละกอมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น และจาก Table 2 พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง แล้วตามด้วย 40 องศาเซลเซียส คงปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าสภาวะอื่นๆ ($p\leq0.05$) เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำช่วยลดการสัมผัสกับความร้อนสูง ซึ่งช่วยป้องกันการสลายตัวของแอนโทไซยานินทั้งหมดจากความร้อนสูงได้ (Kwok *et al.*, 2004) และพบว่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งขั้นที่สองเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้พบว่าสภาวะการอบแห้งมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด แต่อย่างไรก็ตามการอบแห้งที่สภาวะต่างๆไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ($p\geq0.05$) อาจเนื่องจากการทำแห้งในขั้นแรก (70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง) ใช้อุณหภูมิสูงจึงส่งผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกเกิดการสลายตัวลงจากตัวอย่างสด และเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งระดับที่สองเพิ่มขึ้น (40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส) จึงอาจทำให้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าการอบแห้งระหว่างอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส จะทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากการการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงอาจเกิดการสลายตัวของสารดังกล่าวได้มากกว่า แต่ใช้เวลาในการทำแห้งสั้นกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (Chantaro *et al.*, 2008)

อย่างไรก็ตาม พบว่าสภาวะการอบแห้งแบบอุณหภูมิสองระดับมีผลทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการอบแห้งแบบอุณหภูมิคงที่ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง แล้วตามด้วย 40 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดและเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งระดับที่สองเพิ่มขึ้นทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการทำแห้งทำให้ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระถูกออกซิไดซ์ในระหว่างกระบวนการอบแห้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Garau *et al.* (2007) ที่พบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น

สรุป

จากการศึกษาผลกระทบของการอบแห้งกระเจี๊ยบแดงพันธุ์ขอนแก่นแบบอุณหภูมิสองระดับที่อุณหภูมิการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วตามด้วยอุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ต่อสมบัติทางกายภาพ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของกระเจี๊ยบแดงพันธุ์ขอนแก่นจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 12 มาตรฐานแห้ง ซึ่งจะใช้เวลาการอบแห้งแตกต่างกัน ผลการทดลองพบกว่าการอบแห้งแบบอุณหภูมิสองระดับคงปริมาณแอสคอร์บิก แอนโทไซยานิน และเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการอบแห้งแบบอุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ($p \leq 0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่สนับสนุนเงินในการเข้าร่วมการประชุมวิชาการและการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณนางสาวเบญจพร สุวรรณภักดี และนางสาวเสาวนีย์ ด้านเนาลา สำหรับการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

Andritsos, N., P. Dalampakis and N. Kolios. 2003. Use of geothermal energy for tomato energy. GMC Bulletin 9-13.

AOAC. 1990. Official method analysis of AOAC. AOAC International, Gaithersberg, MD.

AOAC. 2000. Ascorbic acid in vitamin preparation and juices. Association of analytical chemists. No. 967.21. Official method of analysis 17th end. Gaithersburg, MD: USA.

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.

Chantaro, P., S. Devahastin and N. Chiewchan. 2008. Production of antioxidant high dietary fibre powder from carrot peels. Journal of Food Science and Technology 41 :1987-1994.

Chou, S. K., K. J. Chua, A. S. Mujumdar, M. N. Hawlader and J. C. Ho. 2000. On the intermittent drying of Agricultural product. Food and Bioproducts Processing 78(4) : 193-203.

Chuah, A. M., Y. Lee, T. Yamaguchi, H. Takamura, L. Yin and T. Matoba. 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of colour peppers. Journal of Food Chemistry 111: 20 - 28.

Doymaz, I and M. Pala. 2002. Hot air drying characteristics of red pepper. Journal of Food Engineering 55: 331– 335.

Ertekin, C. and O. Yaldiz. 2004. Drying of eggplant and selection of Suitable thin layer drying model. Journal of Food Engineering 63: 349-359.

Garau M. C., S. Simal, C. Rossello and A. Femenia. 2007. Effec of air-drying temperature on physical-chemical properties of dietary fibre and antioxidant and capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. Food Chemistry 114: 1014-1024.

Gregory, J. F. 1996. “Vitamins”. Food Chemistry. Fennema, O. R., ed. pp. 531-616.

Kurozawa, L.E., L. Terng, M.D. Hubinger and K.J. Park. 2014. Ascorbic acid degradation of papaya during drying effect of process conditions and glass transition phenomena. Journal of Food Engineering 123: 157–164.

Kwok, B. H. L., C. Hu, T. Durance and D. D. Kitts. 2004. Dehydration techniques affect phytochemical contents and free radical scavenging activities of Saskatoon berries (*Amlanchier alnifolia nutt*). Journal of Food Science 69 : 122 -126.

Phomkong, W., P. Thammarutwasik and S. Soponronnarit. 2009. Effect of drying air temperature and chemical pretreatments on quality of dried chilli. International Food Research Journal 16 : 441-454.

Ranganna, S. 1977. Plant pigments. pp. 72-93. *In* S. Ranganna (ed.). Manual of Analysis of fruit and Vegetable Product. Tata cGraw –Hill Publishing Co., Ltd New Delhi.

Sigge G. O., C. F. Hansmann and E. Jourbert. 2001. Effect of storage conditions, packaging material and metabisulfite treatment on the colour of dehydrated green bell peppers (Capsaicum annuum L.). Journal of Food Quality 24: 205 - 218.

Vega-Galves, A., K. Di Scala, K. Rodriguez, R. Lemus-Mondaca, M. Miranda, J. Lopez and M. Perez-Won 2009. Effect of air-drying temperature on physic-chemical properties antioxidant capacity colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L.var.Hunggarian). Journal of Food Chemistry 117: 647 - 653.

Von Elble, J.H. and S. J. Schwartz. 1996. Colourant. Food Chemistry. Third Edition. pp. 651-722.

Wong, P.K., S. Yusof, H.M. Ghazali and Y.B.Che Man. 2002. Physico-chemical characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Natrition & Food Science 32 : 68-73.