



การทำแห้งกากแครอทและการนำไปใช้ในขนมปังเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ Drying of carrot pomace and utilization in the bread for improving nutrition values

ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน

หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จ.นครราชสีมา

E-mail: porrarath@hotmail.com

บทคัดย่อ

ของเหลือทิ้งจากผักและผลไม้เป็นแหล่งของใยอาหารและมืองค์ประกอบทางชีวภาพที่มีประโยชน์ โดยเฉพาะของเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำแครอทซึ่งพบว่าเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีน สารฟีนอลและใยอาหารที่สามารถนำมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์เป็นแหล่งของสารปรุงแต่งในอาหารได้ งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการทำแห้งกากแครอท โดยเปรียบเทียบสภาวะการทำแห้งแบบตากแดด การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส และนำผงแครอทที่ได้ไปใช้เป็นส่วนผสมในขนมปังที่ระดับต่างๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพของขนมปังที่และคุณภาพทางประสาทสัมผัส จากการศึกษาพบว่า สภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมคือ การใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที เพราะทำให้ผงแครอทที่ได้มีใยอาหารสูง (ร้อยละ 18.51) โปรตีนสูง (ร้อยละ 8.25) และไขมันต่ำ (ร้อยละ 1.12) เมื่อนำไปเติมในขนมปังพบว่าที่ร้อยละ 5 ส่งผลให้ขนมปังที่ได้มีคุณภาพดีที่สุดและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมผงแครอทในขนมปังนอกจากช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้นแล้วยังส่งผลให้คุณภาพของขนมปังและการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงขึ้น

ABSTRACT

Vegetable by-product are considered as a good source of dietary fiber and other biologically important compounds. Especially, by product of carrot after juice extraction represent promising sources of beta-carotene, phenolic and fiber that could be explored in the development of food ingredients and dietary supplement. The objective of this study was to determine the drying method and condition of carrot pomace by sun drying and tray drying at 50 and 60 °C. The effects of carrot pomace powder levels on the quality and sensory characteristic of the bread were also investigated. Optimal drying was observed at 50 °C for 240 min as it provided the dried product with high fiber (18.51 %) and protein (8.25 %) content as well as low fat (1.12 %) content. The best bread product from physical properties and sensory evaluation point of view was 5% addition of carrot pomace. The results show that bread supplement with carrot pomace not only increases nutrition value of products but also have significance on the quality and sensory acceptability of the bread.

คำสำคัญ: กากแครอท ขนมันปัง โยอาหาร

Keywords: Carrot pomace, Bread, Fiber

บทนำ

แครอท (*Daucus carota* L.) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่อุดมไปด้วยวิตามิน เกลือแร่ โยอาหารและเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยยับยั้งความเสื่อมของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย (Sharma and Thakur, 2012) การผลิตน้ำแครอทโดยการคั้นแยกกากจะมีกากแครอทเป็นของเหลือทิ้ง ซึ่งในกากไยนั้นยังมีประโยชน์หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยมีการนำกากที่เหลือทิ้งมาใช้ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาเติมลงในอาหาร เพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการ เพิ่มกากใยอาหาร และอุดมไปด้วยวิตามิน (Hager and Howard, 2006)

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญด้านสุขภาพกันมากขึ้น จึงหันมาให้ความสำคัญกับอาหารที่มีผักผลไม้เป็นส่วนประกอบ การบริโภคขนมปังที่มีการเสริมโยอาหาร เช่น ขนมปังโฮลวีท ขนมปังเต็มธัญพืช เป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้น Kumari and Grewal (2007) นำแครอทที่เหลือจากการคั้นน้ำมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำบิสกิตชนิดโยอาหารสูง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจนำกากแครอทที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำแครอทมาผลิตขนมปังเสริมโยอาหารจากกากแครอท โดยศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งผงแครอทด้วยตู้อบลมร้อนศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแครอทผงเพื่อเติมในขนมปัง และศึกษาคุณภาพด้านเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการและอายุการเก็บรักษาของขนมปังผสมผงแครอท

วิธีการดำเนินการวิจัย

1 ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งผงแครอท

ผงแครอทที่ใช้ในการทดลองนี้ได้จากร้านค้าส่งในจังหวัดนครราชสีมา จากนั้นนำมาทำการคัดเลือก ล้างทำความสะอาด

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงแครอทในสูตร

ร้อยละ	แป้งสาลี (กรัม)	ผงแครอท (กรัม)
0	400	0
5	380	20
10	360	40
15	340	60

สะอาด นำเข้าเครื่องคั้นแยกกาก บันทึกร้ำน้ำหนัก แล้วนำผงแครอทที่ได้มากระจายในตะแกรงที่มีผ้าขาวบางรองไว้แล้วจึงนำตากแดดโดยอุณหภูมิเฉลี่ย 40 ± 3 องศาเซลเซียส จากนั้นอบด้วยตู้อบลมร้อน (Tray dry) ที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อน 2 เมตรต่อวินาที โดยทำการตรวจสอบความชื้นของผงแครอททุกๆ 30 นาที ด้วยเครื่องวัดความชื้นเมื่อได้ความชื้นที่ต้องการไม่เกินร้อยละ 12 แล้วนำผงแครอทไปป่นด้วยเครื่องป่นผสมแบบแห้งแล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 0.150 μ Sieve แล้วนำไปปิดผนึกแบบสุญญากาศ

อัตราการอบแห้ง (drying rate) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นต่อหน่วยเวลา ซึ่งคำนวณได้ดังสมการ (Kar and Gupta, 2003)

$$\text{Drying rate} = (M_0 - M_t) / T$$

เมื่อ M_0 คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้น, g water/g dry solid
 M_t คือ ปริมาณความชื้นที่เวลา T, g water/g dry solid
 T คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, min

ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เบต้าแคโรทีน สารประกอบฟีนอล และวิตามินซี

2. ศึกษาปริมาณผงแครอทที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังผสมผงแครอท

ทำการผลิตขนมปังผสมผงแครอท โดยแปรปริมาณผงแครอทอบแห้งคิดจากร้ำน้ำหนักของแป้งเป็น 4 ระดับ คือ ชุดควบคุม อัตราส่วนของผงแครอทที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยร้ำน้ำหนักของแป้งสาลีดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 1

การผลิตขนมปังโดยเตรียมแป้งสาลีและผงแครอทอบแห้ง ตามตารางที่ 1 มาผสมกับยีสต์ 5 กรัม ผงฟู 5 กรัม นมผง 40 กรัม ผสมเข้าด้วยกันด้วยเครื่อง Kitchen aid ใช้เวลาประมาณ 5 นาทีเติมเกลือ 5 กรัมและไข่ไก่ 50 กรัม ลงไปในส่วนผสม จากนั้นละลายน้ำตาล 20 กรัม กับน้ำ 200 กรัม แล้วเติมลงไปในส่วนผสม ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที ใส่เนยขาว 10 กรัม ผสมลงไปแล้วตีให้เข้ากัน ใช้เวลาประมาณ 5 นาที จนเกิดลักษณะโด จากนั้นนำผ้าขาวบางชุบน้ำบิดให้แห้งแล้วนำมาห่อโดจากนั้นนำไปหมักทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นนำโดที่ได้มานวดไล่อากาศจากนั้นนำมาตัดเป็นก้อน ก้อนละประมาณ 30 กรัม แล้วคลึงเป็นก้อนกลมจนมีผิวเนียน นำไปหมักต่อประมาณ 30 นาทีนำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ด้วยเตาอบขนมปังแบบใช้แก๊ส

3. การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ

3.1 ตรวจสอบค่าสี L^* a^* b^* ด้วยเครื่อง Mini Scan Ez (Hunter Lab)

3.2 วัดเนื้อสัมผัส hardness ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA.XT2 ขนาด Probe P/36

3.3 วัดปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยการแทนที่ด้วยเมล็ดข้าวฟ่าง (AACC, 2000)

3.4 วิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 472 และ 508 นาโนเมตร (Hernández-Ortega et al., 2012)

3.5 วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก (Folin-Ciocalteu) (Waterhouse, 2001)

3.6 วิเคราะห์องค์ประกอบในอาหาร (Proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000) และพลังงานด้วยการคำนวณ

3.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบด้านต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบ 50 คน โดยใช้ 9-Point hedonic scale (Meilgaard et al., 1999)

4. แผนการทดลองและสถิติ

วางแผนการทดลองทางด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ แบบ completely randomized design และด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ completely randomized block design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน

ของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS version 11.5

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. สภาวะการทำแห้งผงแครอทและตรวจสอบคุณภาพ

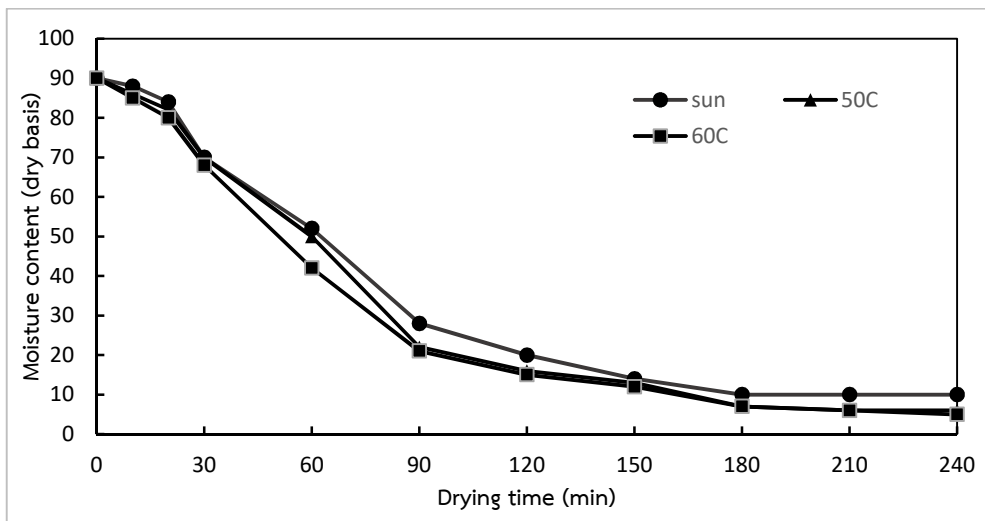
กากแครอทที่เหลือจากการคั้นน้ำ มีความชื้นก่อนอบที่ร้อยละ 86.50 ± 0.41 (รูปที่ 1) สอดคล้องกับ Upadhyay et al. (2008) พบว่าความชื้นเริ่มต้นในกากแครอทเท่ากับร้อยละ 85.62 เมื่อผ่านการตากแดดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที ความชื้นของผงแครอทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อยู่ในช่วงร้อยละ 5.65-10.16 เมื่อพิจารณาอัตราการทำแห้ง (Drying rate) กับระยะเวลาการทำแห้ง (Drying time) แสดงในรูปที่ 2 อุณหภูมิการทำแห้งสูงซึ่งอัตราการระเหยน้ำออกจากผงแครอทจะเกิดขึ้นเร็ว ความชื้นในผงแครอทในช่วง 30 นาทีแรก อัตราการทำแห้งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากแครอทมีปริมาณน้ำอยู่สูงดังนั้นจึงเกิดการถ่ายเทความชื้นสู่บรรยากาศในตู้อบอย่างรวดเร็ว ในช่วง 30-120 นาที อัตราการทำแห้งสูงสุด ความชื้นในผงแครอทลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลาผ่านไป 150 นาที การลดลงของความชื้นเริ่มเกิดขึ้นอย่างช้าๆ อัตราการทำแห้งโดยรวมจะค่อยๆ ลดลงในช่วงของอัตราเร็วคงที่ เมื่อความชื้นของอาหารต่ำลงอัตราการทำแห้งจะลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ที่ความชื้นสมดุล (ความชื้นในอาหารสมดุลกับความชื้นในอากาศแห้ง) หรือที่เรียกว่าเป็นช่วงอัตราลดลง (falling-rate period) ในช่วงอัตราลดลงอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในอาหารมายังผิวหน้าจะต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำ ผิวหน้าจึงแห้งช่วงนี้จะเป็นช่วงที่นานสุดของกระบวนการทำแห้งปัจจัยที่ควบคุมอัตราการทำแห้งจะเปลี่ยนไปในช่วงอัตราลดลง ปัจจัยที่สำคัญในช่วงแรกจะคล้ายคลึงกับในช่วงอัตราเร็วคงที่ แต่อัตราการถ่ายเทมวลจะค่อยๆ กลายเป็นปัจจัยควบคุมการทำแห้งที่สำคัญขึ้น (ปรรัตน์, 2556b)

การอบแห้งกากแครอทที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความชื้นลดลงเร็วกว่าที่ 50 องศาเซลเซียส และการตากแดดโดยอุณหภูมิเฉลี่ยของแดดอยู่ที่ 40 ± 3 องศาเซลเซียส เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอากาศที่อุณหภูมิสูงมีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้ความร้อนจากลมร้อนสามารถ

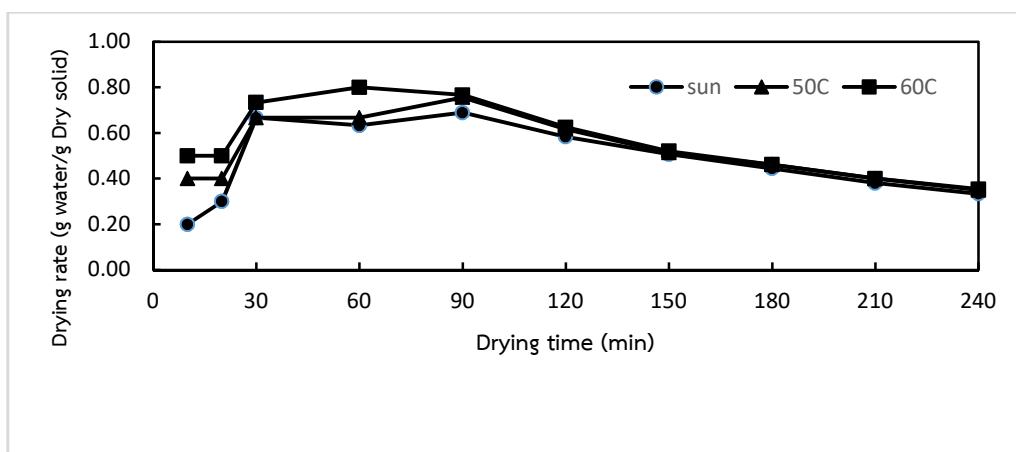
ถ่ายเทยังผลิตภัณฑ์แครอทอบแห้งเพื่อการระเหยน้ำได้มากกว่า จึงส่งผลให้น้ำในผลิตภัณฑ์แครอทอบแห้งที่อบอุณหภูมิสูงถูก ระเหยได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (ทวีชัยและคณะ, 2545)

ความชื้นเริ่มต้นของกากแครอท เท่ากับ 86.50 (ตาราง ที่ 1) เมื่อผ่านไป 4 ชั่วโมง ความชื้นของผงแครอทอบแห้ง มีค่า ในช่วง 5.65-10.16 และมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.25-0.30 ซึ่งเป็น ระดับที่เหมาะสมของอาหารแห้ง เพราะความชื้นในระดับนี้จะ สามารถชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมี ต่างๆ ลดลง (ปรรัตน์, 2556b) การลดความชื้นโดยการตากแดด

อบที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความชื้นเหลือร้อยละ 10.16, 7.64 และ 5.65 ตามลำดับ ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 3.25, 9.89 และ 2.92 ตามลำดับ สอดคล้องกับ Kohajdová et al. (2012) ที่ระบุว่าความชื้นผงแครอทที่ร้อยละ 9.13 โดยทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง Upadhyay et al. (2008) รายงานว่าที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้ตู้อบลมร้อนจะทำแห้งผงแครอทเหลือความชื้น 8.85 เป็นสภาวะที่ทำให้กากแครอทมีปริมาณเบต้าแคโรทีนและ วิตามินซีคงเหลือมากที่สุด



รูปที่ 1 ความชื้นของผงแครอทที่ผ่านการทำแห้งด้วยแสงแดด และตู้อบลมร้อนที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0-240 นาที



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแห้งกับเวลาการทำแห้งแครอทด้วยการตากแดด และการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 -240 นาที

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแครอทสดและผงแครอทที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยการตากแดด การทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที

Proximate analysis	Raw carrot	Sun dried	50 °C	60 °C
Moisture (%)	86.50±0.41 ^a	10.16±0.53 ^b	7.64±0.035 ^c	5.65±0.030 ^d
Protein (% dry weight)	0.9±0.17 ^b	8.15±0.74 ^a	8.25±1.43 ^a	9.07±0.76 ^a
Ash (% dry weight)	1.1±0.04 ^c	6.62±0.10 ^a	6.67±0.10 ^a	6.37±0.76 ^b
Crude fiber (% dry weight)	1.2±0.06 ^d	17.72±0.06 ^b	18.51±0.05 ^a	17.69±0.01 ^c
Fat (%dry weight)	0.24±0.01 ^d	2.66±0.01 ^b	1.12±0.03 ^c	3.04±0.07 ^a
Carbohydrate (% dry weight)	10.6±0.04 ^c	54.69±0.04 ^b	57.81±1.51 ^a	58.18±0.70 ^a
β-carotene (mg/100g db)	52.34±0.00 ^a	10.0±0.00 ^d	15.9±0.01 ^b	12.7±0.01 ^c
Phenolic (mg/g GAE)	13.12±0.00 ^a	11.05±0.00 ^c	12.10±0.01 ^b	12.91±0.02 ^b
Lightness (L*value)	50.80±0.00 ^d	64.66±0.05 ^c	68.68±0.01 ^b	70.92±0.03 ^a
Redness (a*value)	36.92±0.00 ^a	25.87±0.03 ^b	28.13±0.02 ^b	20.37±0.06 ^c
Yellowness(b*value)	48.45±0.00 ^a	26.87±0.02 ^c	29.41±0.04 ^b	26.80±0.03 ^c

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) Values (Means \pm SD) n = 3

ผลการทำให้แห้งทั้ง 3 สภาวะมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ต่างจากวัตถุดิบเริ่มต้น โดยปริมาณโปรตีนในแครอทสดเท่ากับร้อยละ 0.9 เมื่อผ่านการทำให้แห้งแล้วปริมาณน้ำระเหยออกไปทำให้ปริมาณโปรตีนต่อกรัมของอาหารสูงขึ้น พบว่าผงแครอทอบแห้งมีโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 8.15-9.07 Kohajdová et al. (2012) ในผงแครอทอบแห้งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.73 จากผลการทำให้แห้งแครอททำให้ปริมาณโปรตีนสูงขึ้นเกือบ 10 เท่า

ปริมาณเส้นใยที่พบในวัตถุดิบแครอทมีร้อยละ 1.1 เมื่อผ่านการทำให้แห้งปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 6.37-6.62 ซึ่งสอดคล้องกับ Upadhyay et al. (2008) ที่รายงานว่าในแครอทสดมีปริมาณเส้นใยเท่ากับ 0.83 เมื่ออบแห้งแล้วอยู่ในช่วงร้อยละ 6.20-6.22 ปริมาณเส้นใยที่พบสัมพันธ์กับเกลือแร่ Sharma et al. (2012) รายงานว่าเกลือแร่ที่พบในแครอท ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โพแทสเซียม สังกะสี เป็นต้น

ปริมาณใยอาหาร (crude fiber) ที่พบในแครอทมีร้อยละ 1.2 เมื่อผ่านการทำให้แห้งปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 17.69-18.51 ซึ่ง Upadhyay et al. (2008) รายงานว่าในแครอทสดมีปริมาณใยอาหารเท่ากับ 1.87 เมื่ออบแห้งแล้วอยู่ในช่วงร้อยละ 15.89-18.38 จากการศึกษาพบว่าปริมาณใยอาหารที่พบในผงแครอทสูงขึ้นประมาณ 15 เท่าเมื่อผ่านการทำให้แห้ง จึงสามารถใช้ผงแครอทเป็นแหล่งของใยอาหารในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับอาหารต่างๆ ได้ Lineback (1999)

และ Nawirska and Kwasniewska (2005) รายงานว่าผนังเซลล์ของแครอทประกอบด้วยเพคติน (ร้อยละ 7.41) เซลลูโลส (ร้อยละ 80.94) ลิกนิน (ร้อยละ 2.48) และเฮมิเซลลูโลส (ร้อยละ 9.14) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแหล่งของใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Anderson et al., 1994)

ปริมาณไขมันในแครอทสดเท่ากับร้อยละ 0.24 เมื่อผ่านการทำให้แห้งปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 1.12-3.04 Kohajdová et al. (2012) รายงานว่าในผงแครอทอบแห้ง มีปริมาณไขมัน เท่ากับ 2.10 จากการศึกษาพบว่าสภาวะการทำให้แห้งผงแครอทที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีปริมาณไขมันมากที่สุด ซึ่งเมื่อเก็บรักษาผงแครอทอบแห้งแล้ว จะพบว่ามีกลิ่นหืนเกิดขึ้น คาร์โบไฮเดรต ในแครอทสดมีเท่ากับร้อยละ 10.6 เมื่อผ่านการทำให้แห้งผงแครอทที่ได้มีคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 54.69-58.18

เบต้าแคโรทีน ในแครอทสดเท่ากับ 52.34 mg/100g db เมื่อผ่านการทำให้แห้งปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลงเหลือเพียง 10.0-15.9 mg/100 g(db) โดยสภาวะการอบที่ 50 องศาเซลเซียส คงเหลืออยู่มากที่สุด จากรายงานของ Upadhyay et al. (2008) ที่รายงานว่า ในแครอทสดมีเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 55.25 mg/100 g(db) เมื่อคั้นแยกน้ำแล้วกากที่ได้มีเบต้าแคโรทีนเหลือ 14.39 mg/100 g(db) เมื่ออบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60-85 องศาเซลเซียส ลดลงเหลือ 9.19-14.00 การตากแดดเหลือ 1.19 mg/100 g(db) ในการศึกษาพบว่า การตาก

แดดทำให้เบต้าแคโรทีนมีปริมาณคงเหลือต่ำที่สุด เนื่องจากแสงแดดทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (auto oxidation) และการใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มทำให้เบต้าแคโรทีนถูกทำลายจากความร้อน สอดคล้องกับผลการทดลองที่มีรายงานมาก่อนนี้ (Banga and Bawa, 2000; Upadhyay et al., 2008) นอกจากนี้พบว่าเอนไซม์ Lipoxigenases เป็นเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการสูญเสียของแคโรทีนอยในระหว่างการเก็บรักษา (Kalac and Kyzlink, 1980)

ปริมาณสารฟีนอลิกในแครอทสด เท่ากับ 13.12 mg/g GAE เมื่อผ่านการทำแห้งพบว่าปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก พบว่ามีค่าในช่วง 11.05-12.91 mg/g GAE ซึ่ง Sun et al. (2009) ศึกษาปริมาณสารฟีนอลในแครอทที่มีสีต่างๆ พบว่าสารที่พบเป็นหลักคือ chlorogenic acid, caffeic acid, p-OH-benzoic acid, ferulic acid และ cinnamic acid isomers ซึ่ง Chlorogenic acid และ caffeic acid จะพบในแครอททุกสี

ค่าสี $L^*a^*b^*$ ของผงแครอทที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ผงแครอทมีสีเหลืองอ่อน พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี $L^*a^*b^*$ คืออุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิสูงและใช้เวลานานจะทำให้สารแคโรทีนอยสลายตัวทำให้สีอ่อนลง (ปรรัตน์, 2556b) และสภาวะการทำแห้งผงแครอทด้วยวิธีการตากแดดจะพบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนน้อยกว่าสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากแสงสว่างเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของเบต้าแคโรทีน (Surles et al., 2004) ปรรัตน์ (2556a) ศึกษาการอบแห้งกากมะเฟืองด้วยสภาวะต่างๆ โดยสภาวะที่เหมาะสมคือ ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาทีทำให้ผงที่ได้มีองค์ประกอบต่างๆเหมาะสมและมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง

เมื่อพิจารณาผลการทำแห้งโดยการตากแดด การใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ การใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที ทำให้ผงแครอทที่ได้มีใยอาหารสูงที่ร้อยละ 18.51 โปรตีนสูงร้อยละ 8.25 และไขมันต่ำที่ร้อยละ 1.12 มีปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน 15.9 mg/100g db และปริมาณสารประกอบ ฟีนอลเท่ากับ 12.10 mg/g GAE

2. ปริมาณผงแครอทที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังผสมผงแครอท

จากตารางที่ 2 พบว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของขนมปังผสมผงแครอทสูตรควบคุมมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุดและเมื่อเติมผงแครอทลงไปมีแนวโน้มว่าขนมปังจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางของขนมปังลดลงและทุกสูตรมีอัตราส่วนความสูงที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณผงแครอทในขนมปังเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ขนมปังมีขนาดเล็กลง

การวัดเนื้อสัมผัสของขนมปังผสมผงแครอท พบว่าค่าความแน่นเนื้อ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อปริมาณผงแครอทเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแน่นเนื้อสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ขนมปังผสมผงแครอทที่ร้อยละ 5 มีค่าความแน่นเนื้อ ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุดการเติมผงแครอทในขนมปังจะส่งผลทำให้ขนมปังมีเส้นใยเพิ่มขึ้นส่งผลให้เนื้อสัมผัสของขนมปังแข็งกระด้างกว่าขนมปังขัดขาวล้วน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยุพรและวิญญู (2554) ที่พบว่าการใช้กากกล้วยหรือโอคาราสทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง แขนววิขพบว่าเมื่อเติมโอคาราสในการทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ค่าความยืดหยุ่นของขนมปังลดลงขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลงมีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้นและขนมปังมีสีคล้ำ พบว่าปริมาณโอคาราสที่ใช้ทดแทนแป้งได้อยู่ที่ระดับร้อยละ 20

จากการศึกษาค่าสีขนมปังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าค่าสี $L^*a^*b^*$ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่ค่าความสว่าง (L^*) ของสูตรร้อยละ 5 จะมีค่าที่สูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับสูตรควบคุม ($p > 0.05$) และสูตรร้อยละ 10 และ 15 ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) จะสูงขึ้นตามปริมาณที่ใช้ผงแครอท เนื่องจากรงควัตถุที่มีในแครอทอยู่ในกลุ่มแคโรทีนอย ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ละลายได้ในไขมันให้สีส้มและแดงจึงทำให้ขนมปังที่ผลิตได้มีสีส้มแดงเพิ่มตามปริมาณผงแครอทที่เพิ่มขึ้น

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของ ผู้บริโภคแสดงในตารางที่ 4 พบว่าขนมปังที่เติมผงแคโรท ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านสีมากกว่าสูตรควบคุม กลิ่นได้รับการยอมรับลดลงเมื่อปริมาณผงแคโรทเพิ่มขึ้น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในสูตรควบคุมและผงแคโรทร้อยละ 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อเติมผงแคโรทมากกว่าร้อยละ 5 ส่งผลให้การยอมรับด้านต่างๆ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากขนมปังมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น ความนุ่มลดลง

ตารางที่ 2 เส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง การวัดปริมาตร และค่า Hardness ของขนมปังผสมผงแคโรทที่ร้อยละ 0-15

ปริมาณผงแคโรท (ร้อยละ)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซ.ม.)	ความสูง (ซ.ม.)	การวัดปริมาตร (มล.)	Hardness (g)
0	6.76 ^a ± 0.25	2.90 ^a ± 0.20	68.80 ^a ± 1.41	572.91 ^c ± 48.65
5	5.40 ^b ± 0.45	2.66 ^b ± 2.11	68.00 ^b ± 2.73	724.31 ^{bc} ± 20.82
10	4.75 ^c ± 0.45	2.63 ^b ± 0.20	67.62 ^b ± 2.98	892.11 ^{ab} ± 154.49
15	3.26 ^d ± 0.25	2.63 ^b ± 0.11	66.20 ^{bc} ± 1.81	1038.82 ^a ± 121.16

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) Values (Means ± SD) n = 3

ตารางที่ 3 ค่าสีความสว่าง ความเป็นสีแดงและความเป็นสีเหลืองของขนมปังผสมผงแคโรทที่ร้อยละ 0-15

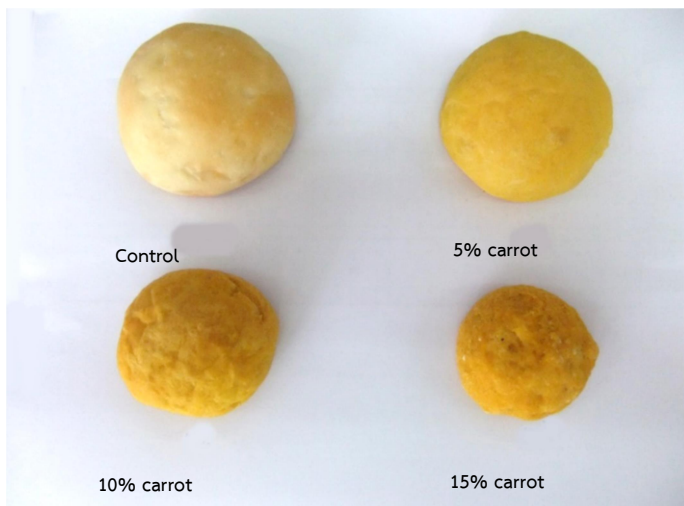
ปริมาณผงแคโรท (ร้อยละ)	ค่าสี		
	ความสว่าง (L*)	ความเป็นสีแดง (a*)	ความเป็นสีเหลือง (b*)
0	70.72 ^{ab} ± 2.85	10.87 ^b ± 2.86	27.75 ^b ± 37.70
5	71.90 ^a ± 1.12	12.71 ^{ab} ± 0.97	37.95 ^a ± 0.96
10	68.62 ^{ab} ± 2.55	14.82 ^a ± 1.64	38.86 ^a ± 3.78
15	67.49 ^b ± 0.43	14.41 ^a ± 0.63	39.67 ^a ± 1.83

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) Values (Means ± SD) n = 3

ตารางที่ 4 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของขนมปังผสมผงแคโรท

ปริมาณ ผงแคโรท	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส(9-Point hedonic scale)				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	5.06 ^c ± 0.63	7.20 ^a ± 0.77	7.26 ^a ± 0.70	7.46 ^a ± 0.51	7.73 ^a ± 0.45
5	7.40 ^a ± 0.77	6.60 ^b ± 0.73	7.06 ^a ± 0.70	7.00 ^a ± 0.53	7.48 ^a ± 0.77
10	7.20 ^a ± 0.77	5.80 ^c ± 0.77	6.60 ^b ± 0.70	5.80 ^b ± 0.86	5.66 ^b ± 0.48
15	6.80 ^b ± 0.59	4.66 ^d ± 0.73	5.14 ^c ± 0.51	4.53 ^c ± 0.63	5.00 ^c ± 0.65

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) Values (Means ± SD) n = 50



รูปที่ 3 ขนมปังที่เติมผงแครอทปริมาณร้อยละ 0 5 10 และ 15

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าปริมาณผงแครอทมีผลต่อคุณภาพของขนมปังเมื่อปริมาณมากขึ้นจะส่งผลให้ปริมาตรของขนมปังลดลงผิวของขนมปังไม่เรียบเนียน ขนมปังมีโพรงอากาศเล็กลงส่งผลทำให้ขนมปังมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเติมใยอาหารลงในขนมปังจะลดสัดส่วนของแป้งสาาลีง ทำให้ไปลดปริมาณกลูเตนในขนมปังและส่งผลทำให้ความยืดหยุ่นของโดลดลง ทั้งนี้ความยืดหยุ่นของโดจะมีผลต่อขนาดของขนมปัง ในขั้นตอนการหมักโดโดยเมื่อยีสต์สร้างก๊าซโดจะมีการขยายตัวที่น้อยกว่าขนมปังปกติ และขนมปังที่ได้จะมีเซลล์อากาศที่เล็กกว่าขนมปังปกติ (พัชรี, 2542)

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังสูตรควบคุมและสูตรเติมผงแครอทที่ร้อยละ 5 แสดงในตารางที่ 5 พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน ใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต เบต้าแคโรทีน สารฟีนอล และปริมาณพลังงานในอาหาร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขนมปังเสริมแครอทมีค่าความชื้นสูงกว่าชุดควบคุม การเติมผงแครอทช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและที่โดดเด่นคือปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นในขนมปังผสมแครอท จากชุดควบคุมร้อยละ 5.9 เป็นร้อยละ 18.86 ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่าของสูตรควบคุม ปริมาณเบต้าแคโรทีนจาก 0.18 เป็น 0.45 mg/g db คิดเป็น 2.5 เท่า และค่าพลังงานในการบริโภคลดลงจาก 261.40 แคลอรีต่อ 100 กรัม เป็น 189.32 แคลอรีต่อ 100 กรัม คิดเป็นพลังงานที่ลดลง 1.3 เท่า จึงอาจกล่าวได้ว่า การเสริมผงแครอทในขนมปังทำให้ขนมปังมีใยอาหาร โปรตีนและเบต้าแคโรทีนสูงขึ้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและ

พลังงานลดลง ขนมปังผสมผงแครอทจึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น เพราะเยื่อใยมีส่วนช่วยในระบบขับถ่ายให้เป็นปกติและเบต้าแคโรทีนเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอที่ช่วยในการมองเห็นและบำรุงสายตา (ปรรัตน์, 2556c)

สรุปผลการวิจัย

การทำแห้งแครอทผงด้วยวิธีการตากแดด การใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ การใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที ทำให้ผงแครอทที่ได้มีใยอาหารสูงที่ร้อยละ 18.51 โปรตีนสูงร้อยละ 8.25 และไขมันต่ำที่ร้อยละ 1.12 การเติมผงแครอทในขนมปังที่ร้อยละ 0-15 พบว่า ปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 5 เนื่องจากแสดงการวิเคราะห์องค์ประกอบของขนมปังสูตรควบคุมและสูตรเสริมผงแครอทที่ระดับร้อยละ 5 พบว่า ปริมาณความชื้น โปรตีน ใยอาหาร เบต้าแคโรทีน สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และพลังงานต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สำหรับปริมาณเถ้าและไขมันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นเมื่อเติมผงแครอทอบแห้งในขนมปังส่งผลให้คุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะใยอาหารเพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่า เบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นแหล่งของวิตามินเอ เพิ่มขึ้น 2.5 เท่า ซึ่งเป็นการนำกากแครอทซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากการคั้นน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ โดยพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมปังแครอท

proximate	control	Bread contained 5% carrot powder
Moisture (%)*	33.64±1.21	37.04±0.90
Protein (% dry weight)*	20.24±0.85	24.84±0.52
Ash (% dry weight) ^{ns}	3.78±0.10	3.74±0.23
Fiber (% dry weight)*	5.90±0.01	18.86±0.56
Fat (%dry weight) ^{ns}	5.70±0.37	5.08±0.44
Carbohydrate (% dry weight)*	32.27±4.30	11.05±1.06
β-carotene (mg/g db)*	0.18±0.005	0.45±0.005
Phenolic (mg/g)*	22.14±0.005	22.28±0.005
Energy (incaloriesper100gram)*	261.40±21.20	189.32±6.06

เครื่องหมาย * ทรินเมนต์ในแนวนอน หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) Values (Means \pm SD) n = 3

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ให้
ทุนอุดหนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ทวีชัย วงศ์ศักดิ์ไพโรจน์, สมชาย โสภณรณฤทธิ์, สมบูรณ์ เวชตมา และ สมเกียรติ ปรัชญารากร. (2545). ไอโซโทมและการเปรียบเทียบเชิงเส้นเฉพาะการอบแห้งของหน่อไม้ในการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและลมร้อน. วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา 13(2): 42-49.
- ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน. (2556a). การใช้กากมะเฟืองผงเพื่อเป็นแหล่งของสารแอนติออกซิเจนที่ในน้ำสลัด. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 41(4): 1008-1018.
- ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน. (2556b). เทคโนโลยีผักและผลไม้. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. หน้า 166-179.
- ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน. (2556c). อาหารและโภชนาการ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. หน้า 69-88.
- พัชรี สาตรา. (2542). การพัฒนาสูตรขนมอบเสริมใยอาหารโดยใช้กากฝรั่งและเม็ดฝรั่ง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (อาหารและโภชนาการเพื่อการพัฒนา). มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ: 100 หน้า.
- ยุพร พิษกมูท และวิญญู ฝิวนิม. (2554). การปรับปรุงคุณภาพของขนมปังแซนด์วิชที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลี. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 21(3): 607-616.
- Anderson, J.W, Smith, B.M. and Guftanson, N.S. (1994). Health benefit and practical aspects of high fiber diets. Am J Clin Nutr. 59: 1242-1247.
- Banga, R. and Bawa, A.S. (2002). Studies on carrot drying. J. Food Sci. Technol. 39: 467-672.

- Hager T.J. and Howard, L.R. (2006). Processing effects on carrot phytonutrients. Hort Sci. 41: 74-79.
- HernándezO., OrtizM.M., Hernández- N.A., Chamorro,C.MD., Dorantes, A.G,Land Necoechea,M.H,(2012).Antioxidant, anti-nociceptive, and anti-inflammatory effects of carotenoids extracted from dried pepper (*Capsicum annumL.*),” J. Biomed Biotech. 524019:1-10.
- Kalac, P. and Kyzlink, V. (1980). The enzyme nature of the beta-carotene in red clover and in other forage crops during silage making with acid additives. Anim Feed Sci Technol. 5: 59-63.
- Kar, A., and Gupta, D.K. (2003). Air drying of osmosed button mushroom. J. Food Sci Technol. 40(1): 23-27.
- Kohajdová Z., Karovicova, J and Jurasova, M. (2012). Influence of carrot pomace powder on the rheological characteristics of wheat flour dough and on wheat rolls quality. Acta Sci. Pol Technol. Aliment. 11(4): 381-387.
- Kumari, S. and Grewal, R.B. (2007). Nutritional evaluation and utilization of carrot pomace for preparation of high fiber biscuits. J. Food Sci Technol. 44: 56-58.
- Lineback, D.R. (1999). The chemistry if complex carbohydrates. New York: Marcel Dekker. pp. 1-17.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, BT.(1999) Sensory evaluation techniques. 3rded. CRC Press. pp. 310-345.
- Mustafa, A.I., Alwwsali, M.S., SI-Busha, and Al-Amia, R.H. (1986). Utilization of cowpea flour and protein isolate in bakery products. Cereal Food World. 31: 756-759.

- Nawirska, A and Kwasniewska, M (2005). Dietary fiber fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chem* 91: 221-225.
- Sharna K, D., and Thakur, N.S. (2012). Chemical composition, functional properties and processing of carrot-a review. *J Food Sci Technol.* 49(1): 22-32.
- Sun, T., Simon, P. W., and Tanumihardjo, S. A. (2009). Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucuscarota* L.) of various colors. *J. Agri Food Chem.* 57(10): 4142-4147.
- Surles, R. L., Weng, N., Simon, P. W., and Tanumihardjo, S.A. (2004). Carotenoid profiles and consumer sensory evaluation of specialty carrots (*Daucuscarota*, L.) of various colors. *J. Agri. Food Chem* 52(11): 3417-3421.
- Upadhyay A, Sharma. H.K., and Sarkar, L. (2008) Characterization and dehydration kinetics of carrot pomace. *Agri. Eng. Inte.* 7(3): 1-9.
- Waterhouse, A.L., 2001 Determination of Total Phenolics, in *Current Protocols in Food Analytical Chemistry.* Wrolstad, R.E: Wiley

