

การใช้ประโยชน์จากน้ำตาลสดในผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบ Utilization of fresh coconut syrup in crispy jelly product

อินท์ธิมา หิรัญอัศววงศ์¹ และ วรลักษณ์ ปัญญาธิพิงศ์^{1*}
Intheema Hiran-akkharawong¹ and Woralak Panyathitipong^{1*}

บทคัดย่อ

น้ำตาลสดได้จากจันทมะพร้าว มีรสหวานและกลิ่นรสเฉพาะตัว มีอายุการเก็บรักษาสั้น นิยมนำมาแปรรูปเป็นน้ำตาลปีก การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลสดเป็นการเพิ่มมูลค่าของน้ำตาลสด โดยศึกษากระบวนการผลิตวุ้นกรอบจากน้ำตาลมะพร้าวโดยทำการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมเป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำมาผลิตวุ้นกรอบ ได้สูตรที่มีน้ำตาลทราย 42.11 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 56.14 เปอร์เซ็นต์ และผงวุ้น 1.75 เปอร์เซ็นต์ นำสูตรพื้นฐานมาปรับปริมาณน้ำและของแข็ง ที่ละลายน้ำด้วยการคำนวณ จากนั้นศึกษาปริมาณน้ำตาลทราย เวลาในการให้ความร้อน และอุณหภูมิการทำแห้งที่เหมาะสม พบว่าปริมาณน้ำตาลทรายที่ต่างกันและเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของส่วนผสมสูงขึ้นเป็นผลทำให้วุ้นกรอบมีปริมาณเกล็ดน้ำตาลบริเวณผิวหน้ามากขึ้น และมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด คือ วุ้นกรอบที่มีปริมาณของน้ำตาลทรายเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ และวุ้นกรอบที่เวลาในการให้ความร้อนเท่ากับ 5 นาที การทำแห้งวุ้นกรอบที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็นผลทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลง และมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้ลักษณะของวุ้นกรอบที่ดี และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุด

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ วุ้นกรอบ น้ำตาลสด

Abstract

Fresh coconut syrup is one of the blossoms of coconut flavors which are sweet and unique but it has short shelf life. Generally, coconut sugar is hard or crystallized chunks, so the new product as crispy jelly was developed in order to increase the value of coconut sugar. Moreover, the effects of sucrose concentration, heating time and drying temperature were studied. The production of crispy jelly was based on the basic formula composing of sucrose 42.11%, water 56.14% and agar 1.75%. This formulation was calculated for equivalence on water and total soluble solid increasing sucrose concentration and heating time of hardness and sugar gain on the surface of the crispy jelly. The panelists were accepted the crispy jelly with the sucrose 60% and the heating time was at 5 minute. The drying temperature was found to have the effect of decreasing drying time and increasing hardness of the jelly and at the 70 °C, the crispy jelly shows the best appearance and has high score from the panelists.

Keywords: development, crispy jelly, fresh coconut syrup

¹ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10300

¹ Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok 10300

* Corresponding author. E-mail: woralak.p@rmutp.ac.th

บทนำ

วุ้นกรอบ เป็นอาหารที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมซื้อเป็นของฝากหรือรับประทานเป็นอาหารว่าง วุ้นกรอบมีลักษณะเป็นรูปทรงต่างๆ เช่น ก้อนสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือตามแบบพิมพ์ที่ใช้ ผิวด้านนอกมีเกล็ดน้ำตาลเคลือบมีสีส้มสวยงาม และมีกลิ่นหอม วุ้นกรอบเป็นอาหารที่รับประทานง่าย จึงเหมาะกับทุกเพศทุกวัย ส่วนผสมของวุ้นกรอบทำจากผงวุ้น และน้ำตาลทรายเป็นส่วนใหญ่ (นิธิพล และพรรณอร, 2552) น้ำตาลที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวานส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลทรายที่ผลิตจากอ้อยซึ่งมีขั้นตอนและกระบวนการผลิตที่ยุ่งยากและต้นทุนในการผลิตสูงส่งผลให้น้ำตาลทรายในปัจจุบันมีราคาสูงขึ้น (ศิริโกคนันท์, 2553) น้ำตาลสดเป็นน้ำตาลอีกชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ในการผลิตอาหารได้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากจั่นของมะพร้าว มีรสชาติหวานและมีกลิ่นหอมที่มีลักษณะเฉพาะตัว เหมาะสำหรับการนำไปประกอบอาหารคาวและอาหารหวาน หรือนำไปบริโภคสด น้ำตาลสดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นชื่อในจังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งการผลิตน้ำตาลสดเป็นอาชีพดั้งเดิมของบรรพบุรุษ และทำให้เกิดรายได้กับครอบครัว แต่เนื่องจากปัจจุบันการปลูกมะพร้าวเพื่อนำมาทำเป็นน้ำตาลมะพร้าวลดลง (วรลักษณ์, 2554) และจากราคาที่ผันผวนไม่แน่นอน ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกและผลิตน้ำตาลมะพร้าวหาวิธีลดความเสี่ยงโดยมีความพยายามนำน้ำตาลมะพร้าวที่ผลิตได้ไปแปรรูปเป็น

ผลิตภัณฑ์อาหาร (สุรินทร์, 2553) เพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม และพัฒนาการแปรรูปน้ำตาลสดในรูปแบบที่หลากหลาย จึงทำการศึกษาการใช้น้ำตาลสดในผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบ โดยใช้น้ำตาลสดที่ได้จากจั่นของมะพร้าว ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้วนำมาทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบโดยไม่ใส่สีและกลิ่น เพื่อเป็นต้นแบบในการแปรรูปน้ำตาลสดเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายต่อไป

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมน้ำตาลสดสำหรับการผลิตวุ้นกรอบ

นำน้ำตาลสดที่ได้มาจากการปาดของจั่นมะพร้าว โดยมีแหล่งเพาะปลูกสวนมะพร้าวที่จังหวัดสมุทรสงคราม โดยนำน้ำตาลสดมารองด้วยผ้าขาวบางเพื่อกรองให้แมลงหรือสิ่งเจือปนอื่นๆ ออก แล้วนำมาเทใส่หม้อสแตนเลสตั้งไฟให้เดือดเวลา 15 นาที ขณะที่น้ำตาลเริ่มเดือดคอยช้อนฟองออก และทิ้งไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำให้มีค่าเริ่มต้น 20 องศาบริกซ์ จากนั้นนำมาผลิตเป็นวุ้นกรอบ น้ำตาลสด โดยมีส่วนผสมน้ำตาลสด 56.25 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทราย 31 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 11.25 เปอร์เซ็นต์ และผงวุ้น 1.50 เปอร์เซ็นต์ และมีขั้นตอนดังนี้

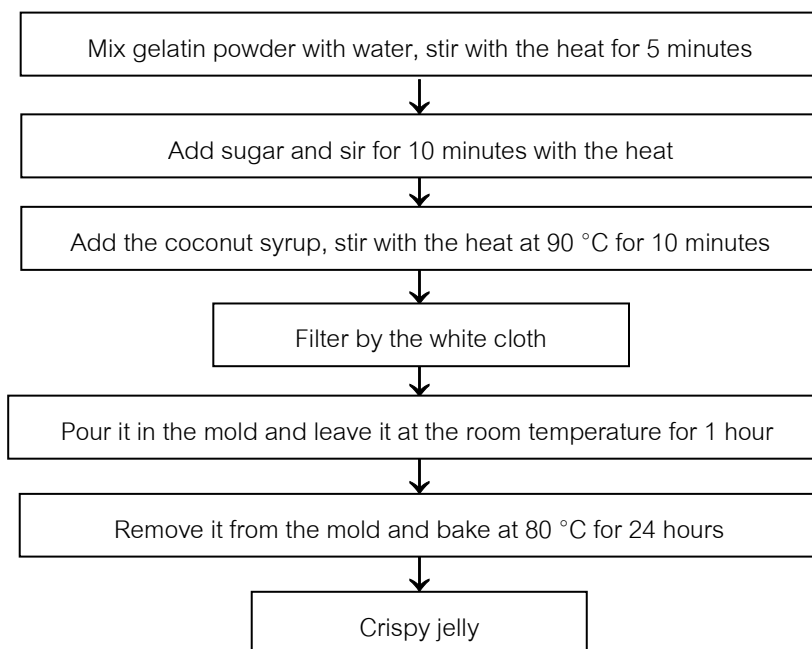


Figure 1 The production process of crispy jelly product.

2. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

นำตัวอย่าง วั่นกรอบของน้ำตาลสดที่มีขนาดตัวอย่าง 2x2x1.5 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการกด (compression) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยกดลงไปบนตัวอย่าง โดยใช้หัวกด P/50 (50 mm diameter cylinder probe) ด้วยความเร็วของหัวกดเคลื่อนที่ลงมาก่อนสัมผัสตัวอย่าง (pre-test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ลงในตัวอย่าง (test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ขึ้นจากตัวอย่าง (post-test speed) 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยทำการทดลอง 50 ซ้ำ

3. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale (1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม

4. สถิติและการวางแผนการทดลอง

ทุกการทดลองวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลด้วยแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ส่วนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลด้วยแผนการทดลองแบบ randomized

completely block design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

5. การศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตวุ้นกรอบ

นำน้ำตาลสดที่เตรียมสำหรับผลิตวุ้นกรอบในข้อ 1 มาทำการผลิตวุ้นกรอบน้ำตาลสดตามวิธีการผลิต (Figure 1) โดยนำมาศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตวุ้นกรอบ เท่ากับ 20, 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราส่วนของน้ำตาลสด แล้วนำวุ้นกรอบน้ำตาลสดไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อเลือกปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตวุ้นกรอบไปศึกษาในข้อต่อไป

6. การศึกษาระยะเวลาการให้ความร้อนในการเคี้ยววุ้นกรอบน้ำตาลสด

นำวุ้นกรอบน้ำตาลสดที่ได้การศึกษปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตวุ้นกรอบจากข้อ 5 มาทำการศึกษาระยะเวลาให้ความร้อนในการเคี้ยววุ้นกรอบ 4 ระดับ ได้แก่ 5, 10, 15 และ 20 นาที นำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อเลือก

ระยะเวลาการให้ความร้อนในการเคี้ยววุ้นกรอบน้ำตาลสดที่เหมาะสมไปศึกษาในข้อต่อไป

7. การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งวุ้นกรอบน้ำตาลสด

นำวุ้นกรอบน้ำตาลสดที่ได้จากข้อ 6 มาทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้ง 4 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส เพื่อเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งวุ้นกรอบน้ำตาลสด

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายเหมาะสมที่ใช้ในการผลิตวุ้นกรอบ

ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตวุ้นกรอบ โดยนำวุ้นกรอบที่มีปริมาณของน้ำตาลทรายต่างกัน ไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าวุ้นกรอบที่มีปริมาณของน้ำตาลทรายต่ำ มีสีเข้มที่สุด นอกจากนี้ยังมีปริมาตรน้อยที่สุดและเกล็ดน้ำตาลบริเวณผิวน้ำน้อยที่สุด ดัง (Figure 2)

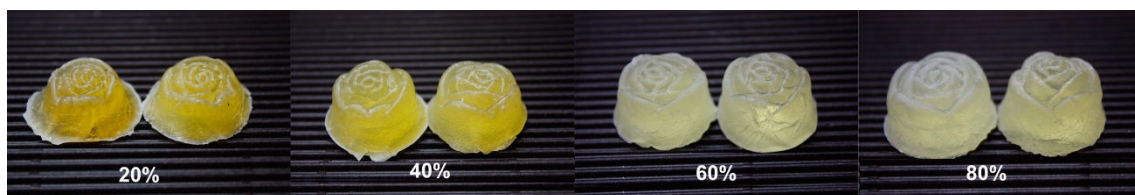


Figure 2 The various quantities of sugar in the fresh coconut syrup.

เมื่อนำวุ้นกรอบ มาทดสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและความชื้น พบว่าวุ้นกรอบที่มีปริมาณน้ำของน้ำตาลทรายต่ำมีการหดตัวมากที่สุด และมีปริมาตรน้อยที่สุด โดยปริมาตรของวุ้นกรอบจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณน้ำตาลทรายสูงขึ้น เนื่องจากในระหว่างการทำแห้งวุ้นกรอบน้ำในวุ้นจะเคลื่อนที่จากภายในและระเหยออก เมื่อวุ้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูง จะเกิดลักษณะเกล็ดน้ำตาลบริเวณผิวหน้าของวุ้นจำนวนมาก และกีดขวางไม่ให้น้ำที่อยู่ภายในระเหยออกสู่ภายนอก (Ben-Yoseph and Hartel, 1999) จึงทำให้มีปริมาณความชื้นสูงกว่าวุ้นกรอบที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำต่ำ ส่งผลให้วุ้นกรอบมีการหดตัวเนื่องจากการระเหยน้ำน้อยกว่าวุ้นกรอบที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในปริมาณน้อย นอกจากนี้

ปริมาณน้ำตาลทรายที่เพิ่มขึ้น ทำให้สารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น เมื่อนำไปทำแห้ง มีผลทำให้เกิดเกล็ดน้ำตาลบริเวณผิวหน้าของวุ้นกรอบมากขึ้น (Ben-Yoseph *et al.*, 2000) วุ้นกรอบที่มีปริมาณของน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและมีปริมาณความชื้นหลังการทำแห้งสูงขึ้นซึ่งมีผลต่อการระเหยน้ำและสีของวุ้นกรอบ พบว่าการระเหยน้ำสูงมีผลให้วุ้นกรอบมีสีเข้มมากกว่าวุ้นกรอบที่มีอัตราการระเหยน้ำต่ำ ดัง (Table 1) และสีที่เข้มขึ้นเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไมใช่เอนไซม์ (non-enzymatic browning reactions) (Nadian *et al.*, 2015) โดยการเกิดสีน้ำตาลดังกล่าวอาจเกิดจากปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน (Baini and Langrish, 2009)

Table 1 The solid quantity of water and the humidity of crispy jelly product.

fresh coconut syrup/ sugar	dissolved solid in water (°brix)	moisture (%)	
		before drying	after drying
1 : 0.2	27.97 ^d ±0.21	65.30 ^a ±0.42	14.92 ^d ±0.16
1 : 0.4	38.08 ^c ±0.16	53.35 ^b ±0.56	16.56 ^c ±0.16
1 : 0.6	48.05 ^b ±0.15	49.38 ^c ±0.44	17.18 ^b ±0.15
1 : 0.8	57.02 ^a ±0.18	43.15 ^d ±0.36	18.69 ^a ±0.13

The letter in the vertical row shows that there is the statistical significant difference ($p \leq 0.05$).

เมื่อนำวุ้นกรอบที่มีปริมาณน้ำตาลทรายต่างกันไปทำการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อปริมาณของน้ำตาลทรายเพิ่ม มีผลทำให้วุ้นกรอบมีความแข็งเพิ่มขึ้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยหมู่ไฮดรอกซิลน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสสามารถ สร้างพันธะไฮโดรเจนได้ทั้งภายในและ

ภายนอกของโมเลกุลน้ำตาล และนอกจากนี้น้ำตาลซูโครสยังประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตส ซึ่งในโครงสร้างของวุ้นหรือการมีส่วนประกอบของน้ำตาลกลูโคส จึงทำให้น้ำตาลซูโครสกับอการ์สามารถเชื่อมต่อกันได้ดี และเป็นผลให้โครงสร้างของเจลแข็งแรงขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลทรายและวุ้นกรอบที่มีปริมาณน้ำตาลทรายเท่ากับ

20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งแรงมากที่สุดเนื่องจากการเกิดเกล็ดน้ำตาลที่ผิวหน้ามีน้อย มีผลทำให้ น้ำที่อยู่ภายในวุ้นระเหยออกมาได้มาก โดยที่ไม่มีการเกิดน้ำตาลมาก็ดี ขบวนการระเหยของน้ำที่ผิวหน้า

(Ben-Yoseph and Hartel, 1999) จึงทำให้มีค่าความแข็งแรงมากขึ้นโดยปริมาณน้ำตาลทรายไม่มีผลต่อความยืดหยุ่นของวุ้นกรอบ ดัง (Table 2)

Table 2 The various levels of the skin of crispy jelly product.

fresh coconut syrup/sugar	hardness (g.force)	flexibility ^{ns}
1 : 0.2	11177.43 ^a ±914.29	0.793±0.05
1 : 0.4	8546.73 ^b ±545.99	0.778±0.04
1 : 0.6	8654.74 ^b ±586.45	0.770±0.07
1 : 0.8	10875.11 ^a ±728.44	0.724±0.22

The letter in the vertical row shows that there is the statistical significant difference ($p \leq 0.05$) and ns shows that there is no statistical significant difference ($p > 0.05$).

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้นผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบจากการทดสอบชิมมากขึ้น เนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ลักษณะ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวุ้นกรอบที่ปริมาณน้ำตาลทราย

ที่ 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด และมีความแตกต่างกันที่ปริมาณของน้ำตาลทรายที่ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจากการทดลองพบว่าปริมาณน้ำตาลทรายที่น้อยที่สุด ทำให้ได้ลักษณะของวุ้นกรอบที่ดี คือ ปริมาณน้ำตาลทรายที่ 60 เปอร์เซ็นต์

Table 3 The testing scores of flavors of crispy jelly products.

sugar (%)	appearance	color	smell	taste	texture	overall
20	4.28 ^c ±2.49	4.68 ^c ±2.22	4.53 ^c ±2.31	4.68 ^c ±2.16	3.83 ^c ±2.16	4.43 ^c ±2.17
40	5.73 ^b ±2.26	5.98 ^b ±2.25	5.40 ^b ±2.06	5.68 ^b ±2.08	5.48 ^b ±2.08	5.88 ^b ±1.96
60	6.68 ^a ±1.54	6.98 ^a ±1.07	6.38 ^a ±1.75	6.68 ^a ±1.30	7.00 ^a ±1.30	7.10 ^a ±1.73
80	6.86 ^a ±2.23	7.09 ^a ±2.06	6.57 ^a ±1.70	7.04 ^a ±2.21	7.04 ^a ±2.21	7.11 ^a ±1.79

The letter in the vertical row shows that there is the statistical significant difference ($p \leq 0.05$).

2. ผลของระยะเวลาในการให้ความร้อนในการเคี้ยววนกรอบน้ำตาลสด

จากการทดลองศึกษาระยะเวลาในการให้ความร้อนในการเคี้ยววนกรอบจากน้ำตาลสดพบว่า เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ได้วนกรอบที่มีลักษณะขาวขุ่น และมีความหนา

ของเกล็ดน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ดัง (Figure 3) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากระยะเวลาในการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมลดลง ส่งผลให้ความเข้มข้นของส่วนผสมเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปทำแห้งจึงทำให้วนกรอบมีลักษณะเกล็ดน้ำตาลเพิ่มขึ้น



Figure 3 The crispy jelly product in different heat.

เมื่อนำมาทดสอบปริมาณความชื้นของวนก่อนและหลังทำแห้ง พบว่าน้ำในส่วนผสมจะระเหยในปริมาณมาก เนื่องจากวนมีความแข็ง จากการทดลองศึกษาระยะเวลาในการให้ความร้อนในการเคี้ยววนกรอบจากน้ำตาลสดพบว่าเมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ได้วนกรอบที่มีลักษณะขาวขุ่น และมี

ความหนาของเกล็ดน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากระยะเวลาในการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมลดลงดัง (Table 4) ส่งผลให้ความเข้มข้นของส่วนผสมเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปทำแห้งจึงทำให้วนกรอบมีลักษณะเกล็ดน้ำตาลเพิ่มขึ้น

Table 4 The humidity of crispy jelly product in different heat.

Time (second)	moisture (%)	
	before drying	after drying
5	58.62 ^a ±0.57	20.36 ^a ±0.23
10	53.09 ^b ±0.47	17.12 ^{ab} ±0.69
15	50.27 ^c ±0.28	15.08 ^b ±0.81
20	48.38 ^d ±0.38	13.40 ^b ±0.20

The letter in the vertical row shows that there is the statistical significant difference ($p \leq 0.05$).

เมื่อนำวุ้นกรอบไปทำการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการให้ความร้อนลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้นกรอบมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านของความยืดหยุ่น

($p>0.05$) แต่มีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมลดลง ดัง (Table 5) ทำให้ส่วนผสมมีความเข้มข้นขึ้นส่งผลให้วุ้นกรอบมีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น

Table 5 The skin of crispy jelly product in different heat.

time (minute)	hardness (g.force)	flexibility ^{ns}
5	7212.67 ^c ±444.08	0.784±0.05
10	8176.96 ^b ±628.91	0.786±0.08
15	10550.94 ^a ±519.33	0.787±0.06
20	11217.07 ^a ±911.57	0.822±0.02

The letter in the vertical row shows that there is the statistical significant difference ($p\leq 0.05$) and ns shows that there is no statistical significant difference ($p>0.05$).

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านสีและกลิ่นรส ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบลดลงเมื่อเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มมากขึ้นและผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบวุ้นกรอบ ที่ใช้เวลาในการให้ความร้อนเป็นเวลา 5 นาทีมากที่สุด

3. ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งวุ้นกรอบน้ำตาลสด

ในกระบวนการผลิตวุ้นกรอบต้องนำวุ้นกรอบไปผึ่งแดดหรือการทำแห้งเพื่อลดปริมาณน้ำทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของวุ้นกรอบ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง จึงได้ทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งวุ้นกรอบ พบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ทำแห้งสูงขึ้นมีผลทำให้

อัตราการระเหยน้ำของวุ้นกรอบสูงขึ้นในช่วงแรกของการทำแห้ง เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งพบว่า การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงสามารถลดปริมาณน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นน้ำหนักของวุ้นมีแนวโน้มลดลงและคงที่ และการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาสั้นกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการทำแห้งมากที่สุด และมีแนวโน้มที่น้ำหนักจะคงที่ที่เวลามากกว่า 24 ชั่วโมง การทำแห้งที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ทำให้วุ้นกรอบมีน้ำหนักคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 20, 18 และ 17 ชั่วโมงตามลำดับ และเวลาในการอบลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ดัง (Figure 4) แต่การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เกิดผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากผลิตภัณฑ์ วุ้นกรอบมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูงซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากปฏิกิริยามเมลลาร์ด (รสิตา, 2548; Baini and Langrish, 2009) ดัง (Figure 5)

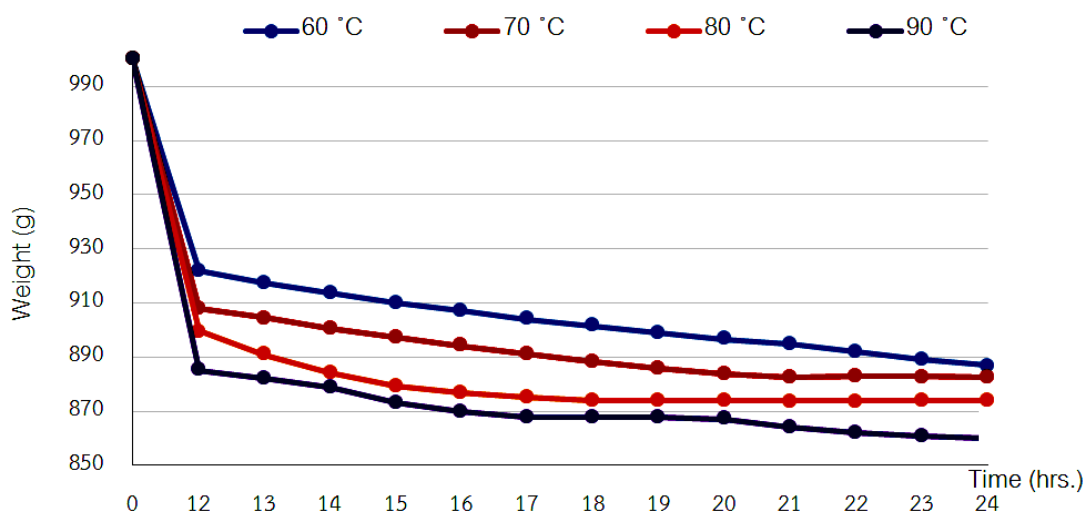


Figure 4 The relationship between weight and time of crispy jelly product.



Figure 5 The dry crispy jelly product in different temperatures.

เมื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของ วุ้นกรอบจากเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า การทำแห้ง ที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความแข็งของวุ้นกรอบ สูงขึ้น และมีผลทำให้ความยืดหยุ่นลดลงอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องจากการใช้ อุณหภูมิสูงทำให้มีอัตราการระเหยน้ำที่สูง ทำให้เกิด

ลักษณะเกล็ดน้ำตาลแข็งที่บริเวณผิวหน้า (case hardening) จึงทำให้วุ้นกรอบมีความแข็งมากขึ้น (Simal *et al.*, 2000) และ (Miranda *et al.*, 2010) และเกิดการสูญเสียน้ำในโครงสร้างร่างแหสามมิติ ของเจลจากวุ้น ทำให้ลักษณะโครงสร้างของเจล มีความแน่นมากขึ้น และมีความยืดหยุ่นลดลง

Table 6 The skin of crispy jelly product in various drying.

temperature (°C)	hardness (g.force)	flexibility
60	4843.86 ^d ±369.57	0.862 ^a ±0.05
70	6922.85 ^c ±548.28	0.830 ^a ±0.03
80	12438.96 ^b ±1150.57	0.786 ^b ±0.05
90	21398.12 ^a ±1868.40	0.779 ^b ±0.04

The letter in the vertical row shows that there is the statistical significant difference ($p \leq 0.05$).

เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดัง (Table 7) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบวุ้นกรอบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสน้อยที่สุด เนื่องจากได้วุ้นกรอบที่มีสีเข้ม มีลักษณะเกิดน้ำตาลที่บริเวณผิวหน้าหนา (Figure 5) และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งมากที่สุด ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบวุ้นกรอบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมากที่สุด โดยวุ้นกรอบมีลักษณะใสไม่ขุ่น มีลักษณะเกิดน้ำตาลที่ไม่หนาและละเอียดมากกว่าการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบวุ้นกรอบที่มีลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด

Table 7 The testing scores of the crispy jelly skin in various drying.

temperature (°C)	appearance	color	smell	taste	texture	overall
60	6.13 ^a ±1.45	7.05 ^a ±1.32	6.43 ^b ±1.68	6.73 ^{ab} ±1.85	6.00 ^c ±1.77	6.25 ^b ±1.13
70	7.05 ^a ±1.43	7.50 ^a ±.36	7.30 ^a ±1.02	6.98 ^a ±1.46	7.65 ^a ±0.86	7.23 ^a ±1.10
80	6.75 ^{ab} ±1.19	7.10 ^a ±1.41	6.15 ^b ±1.75	6.20 ^a ±1.84	6.78 ^b ±1.10	7.58 ^a ±1.13
90	4.65 ^c ±1.33	3.23 ^b ±1.48	4.93 ^b ±1.76	6.85 ^{ab} ±0.86	4.38 ^d ±1.39	4.55 ^c ±1.80

The letter in the vertical row shows that there is the statistical significant difference ($p \leq 0.05$).

สรุป

การศึกษากระบวนการผลิตวุ้นกรอบจากน้ำตาลสดพบว่าปริมาณน้ำตาลทรายที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้อัตราการระเหยน้ำลดลง และทำให้เกิดเกล็ดน้ำตาลที่บริเวณผิวหน้าของวุ้นกรอบมากขึ้น เวลาในการให้ความร้อนระหว่างที่ทำการเคี่ยววุ้นมีผลต่อปริมาณความชื้นของวุ้นกรอบ และความแข็งของวุ้นกรอบ เมื่อเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณความชื้นของวุ้นกรอบลดลงและทำให้วุ้นกรอบมีค่าความแข็งสูงขึ้น คุณสมบัติที่ใช้ในการทำแห้งวุ้นกรอบที่สูงขึ้นทำให้ใช้เวลาในการทำแห้งลดลง และมีผลทำให้วุ้นกรอบมีค่าความแข็งสูงขึ้น การทำแห้งวุ้นกรอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะได้วุ้นกรอบที่มีลักษณะเกล็ดน้ำตาลที่มีความละเอียดและได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนทุนการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- นิธิพล งามขวีรวาท และพรรณอร ไทรราหู. 2552. การใช้ น้ำปีรุททดแทนน้ำในการทำวุ้นกรอบ. แผนงานพิเศษสาขาอาหารและโภชนาการ. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.
- รสิตา ธัญธังสกุล. 2548. การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเคี่ยวน้ำตาลมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทมหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- วรลักษณ์ ปัญญาธิพิงศ์และคณะ. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากภูมิปัญญาท้องถิ่นเรื่องน้ำตาลมะพร้าวของชุมชนจังหวัดสมุทรสงคราม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา เครือข่ายอุดมศึกษาภาคกลางตอนล่าง, กรุงเทพฯ.
- ศิริโกคนันท์ มิ่งเมือง. 2553. ระบบสอยกนกลับกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย. การศึกษาอิสระ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- Baini, R. and T.A.G. Langrish. 2009. Assessment of colour development in dried bananas-measurement and implications for modelling. *J Food Eng.* 93: 177-182.
- Ben-Yoseph, E. and R.W. Hartel. 1999. Computer modeling of sugar crystallization during drying of thin sugar films. *J Cryst Growth.* 198/199: 1294-1298.
- Ben-Yoseph, E., R.W. Hartel and D. Howing. 2000. Three-dimensional model of phase transition of thin sucrose films during drying. *J Food Eng.* 44: 13-22.
- Miranda, M., A. Veg-Galvez, P. Garcia, K. Di Scala, J. Shi, S. Xue and E. Uribe. 2010. Effect of temperature on structural properties of aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) gel and Weibull distribution for modelling drying process. *Food Bioprod Process.* 88: 138-144.
- Nadian, M.H., S. Rafiee, M. Aghbashlo, S. Hosseinpour and S.S. Mohtasebi. 2015. Continuous real-time monitoring and neural network modeling of apple slices color changes during hot air drying. *Food Bioprod Process.* 94: 263-274.
- Simal, S., A. Femenia, P. Llull and C. Rossello. 2000. Dehydration of aloe vera: simulation of drying curves and evaluation of functional properties. *J Food Eng.* 43: 109-114.