# ผลของการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และอายุการเก็บรักษาคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

# Effect of Reducing Icing Sugar on Physical, Chemical Properties and Shelf Life of Riceberry Tuile Cookies

เจตนิพิฐ เนียมสุข[1] กฤษชนก ศุขเกษม[2] วัสสกร มณีนิล[2] พัชรพร เวียงวีระชาติ[2] และ อุมาพร มีเดช[1*]
Jatnipit Niamsuk[1] Kritchanok Sukkaseam[2] Wassakorn Maneenin[2]
Papcharaporn Wiangwirachart[2] and Oumaporn Meedech[1*]

**Received** 25 เมษายน 2568 **Revised** 4 มิถุนายน 2568 **Accepted** 13 สิงหาคม 2568

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งในคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และอายุการเก็บรักษา โดยแปรการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ควบคุม) 30 35 และ 40 ตามลำดับ พบว่า คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้นมีค่าความแข็ง ค่า L* และ a* ลดลง ($p \leq 0.05$) ค่าความกว้าง ความหนา อัตราการแผ่กระจายเพิ่มขึ้นเมื่อลดน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 ขึ้นไป การลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งส่งผลให้ปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตลดลง ปริมาณโปรตีน และไขมันสูงขึ้น ตัวอย่างคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 มีค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภคใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีนที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.30 ซึ่งไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด และมีค่าความแข็งลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แต่เมื่อสัมผัสด้วยมือพบว่า คุกกี้ตูเลมีความกรอบลดลง นิ่มมากขึ้นในวันที่ 14 ดังนั้นระยะเวลาการเก็บรักษาคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งคือ 14 วัน

**คำสำคัญ :** คุกกี้ตูเล, แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่, น้ำตาลไอซิ่ง

[1] อาจารย์, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
[1] Lecturer, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
[2] Assistant Professor, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep
*ผู้ประสานงานนิพนธ์ email: oumaporn.m@mail.rmutk.ac.th

**Abstract**

This study aimed to investigate the effects of reducing icing sugar on the physical and chemical properties and shelf life of riceberry tuile cookies. Icing sugar was reduced to four levels: 0% (control), 30%, 35%, and 40%. The results revealed that the increased reducing icing sugar effected to decreased hardness, L* and a* ($p \leq 0.05$). The diameter, thickness and spread ratio increased when reduced icing sugar above 30%. The reduction icing sugar effected to decreased moisture and carbohydrate, fat and ash content increased ($p \leq 0.05$). Reducing icing sugar significantly decreased moisture and carbohydrate content, while increasing fat and ash content ($p \leq 0.05$). The color value and textural properties of the riceberry tuile cookie samples with a 30% reduction in icing sugar were found to be close to those of the controls. When the riceberry tuile cookies with reduced icing sugar 30% was stored at 28±2°C for 28 days, it had water activity 0.30 that was within the standards for dry food and hardness decreased. On day 14, decreased crispness, increased softness when touch. So, the shelf life of the riceberry tuile cookies with reduced icing sugar 30% was 14 days.

**Keywords**: Tuile Cookies, Riceberry flour, Icing sugar

**1. บทนำ**

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ *(Oryza sativa L.)* ได้รับการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำให้ได้ข้าวที่มีลักษณะรูปร่างเมล็ดเรียวยาว มีกลิ่นหอม เมล็ดมีสีม่วงดำ ซึ่งมีสารสำคัญที่เรียกว่าสารแอนโธไซยานิน ในข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี และโฟเลตสูง (นวพร หงส์พันธุ์ และคณะ, 2562) นอกจากนี้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ยังมีใยอาหารสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเจ้าขัดขาว สารอาหารที่มีในข้าวไรซ์เบอร์รี่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ทำให้มีการนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิดที่กล่าวอ้างในเชิงสุขภาพ (พรรัตน์ สินชัยพานิช และคณะ, 2560) เช่น อาลัวจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (นวพร หงส์พันธุ์ และคณะ, 2562) ผลิตภัณฑ์ปั้นสิบเสริมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ไส้สับปะรด (อารี น้อยสำราญ และคณะ, 2564) ซาลาเปาไรซ์เบอร์รี่ (สุพิชญา คำคม, 2563) บราวนี่ไรซ์เบอร์รี่ (พรรัตน์ สินชัยพานิช และคณะ, 2560) นอกจากนี้ยังมีการนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ไปทำเป็นแป้งเพื่อนำไปใช้ในการทดแทนแป้งสาลีในพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น แป้งโรตีกรอบโดยใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (วัฒนา วิริวุฒิกร, 2567) โมจิ (Laokuldilok, S. et al., 2021) และแครกเกอร์ (นภัสสร พยรรตาคม, 2562) เป็นต้น แต่ในผลิตภัณฑ์ตูเลยังไม่มีการศึกษา

ตูเลเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทคุกกี้ของชาวฝรั่งเศส ที่มีลักษณะเบาและเป็นแผ่นบางคล้ายกระเบื้องหรือขนมเบื้องของไทย ทำให้รับประทานได้เรื่อย ๆ โดยไม่อิ่มเร็ว แต่ตูเลเป็นขนมที่ให้พลังงานสูง โดยมีส่วนผสมหลักคือแป้งสาลี เนยและน้ำตาล (รสพร เจียมจริยธรรม และคณะ, 2563) แต่การบริโภคอาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเพิ่มความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคไขมันพอกตับชนิดไม่มีแอลกอฮอล์ (NAFLD) โรคมะเร็งบางชนิด ตลอดจนภาวะเสื่อมถอยทางสติปัญญา (Rippe, J. M. & Angelopoulos, T.J., 2016) จากหลักฐานทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นว่าการบริโภคน้ำตาลส่งผลให้ความเสี่ยงของการเกิดโรคเบาหวานเพิ่มขึ้น (Liu, Y. et al., 2023) ปัจจุบันมีการศึกษาการลดน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หลายชนิด เช่น คุกกี้ (Suo, X. et al., 2025) เค้ก (Jahromi, S. F. et al., 2024) มัฟฟิน พาย บิสกิต (Dana, H. & Sonia, A., 2024) ซึ่งการลดน้ำตาลในผลิตภัณฑ์คุกกี้ส่งผลให้ค่าพลังงาน ค่าดัชนีน้ำตาลโดยประมาณลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความแข็ง (Suo, X. et al., 2025) โดยทั่วไปคุกกี้จัดเป็นอาหารแห้ง มีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.6 สามารถเก็บรักษาได้นาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดน้ำตาลไอซิ่งที่มีคุณภาพทางกายภาพและเคมีใกล้เคียงกับสูตรที่ไม่ลดน้ำตาลและศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดน้ำตาลไอซิ่ง เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกแก่ผู้บริโภคทั่วไปที่ใส่ใจในเรื่องของสุขภาพ

**2. วัตถุประสงค์**

2.1 ศึกษาผลของการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดน้ำตาล

**3. ระเบียบวิธีวิจัย**

3.1 ศึกษาการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

3.1.1 การเตรียมคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

ผลิตคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งจากสูตรควบคุม 4 ระดับคือ ร้อยละ 0 (ควบคุม) 30 35 และ 40 ตามลำดับ ตามปริมาณส่วนผสมดังตารางที่ 1 โดยมีขั้นตอนดังนี้ ตีไข่ขาวด้วยเครื่องผสมอาหาร (Kenwood รุ่น KMM770) ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที ผสมน้ำตาลไอซิ่งและเกลือ ตีส่วนผสมต่อเป็นเวลา 1 นาที ใส่แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ร่อนไว้ลงไปผสมให้เข้ากัน เป็นเวลา 1 นาที ใส่เนยละลายลงไปตีผสมเป็นเวลา 2 นาที จนเนื้อแป้งเนียน ตักแป้งใส่พิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร หนา 0.2 มิลลิเมตร ที่วางบนถาด อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 นาที พักคุกกี้ตูเลไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที บรรจุใส่ถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนปิดสนิทก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพ

**ตารางที่ 1** ส่วนผสมคุกกี้ตูเลที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งแตกต่างกัน 4 ระดับ

| ส่วนผสม | ส่วนผสม (กรัม) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ร้อยละ 0 | ร้อยละ 30 | ร้อยละ 35 | ร้อยละ 40 |
| แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ | 32 | 32 | 32 | 32 |
| แป้งสาลี | 8 | 8 | 8 | 8 |
| ไข่ขาว | 71 | 71 | 71 | 71 |
| เนย | 40 | 40 | 40 | 40 |
| เกลือ | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| น้ำตาลไอซิ่ง | 50 | 35 | 32.5 | 30 |

3.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1) ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter) (ยี่ห้อ Hunterlab รุ่น USVIA2545 ประเทศสหรัฐอเมริกา) รายงานผลเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) คำนวณค่าความแตกต่างของสี ($\Delta E$) ค่าความอิ่มตัวของสี (C*) และค่า Hue angle (°) ดังสมการ

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L *^2 + \Delta a *^2 + \Delta b *^2}$$

$$C^* = \sqrt{a *^2 + b *^2}$$

$$H = \tan^{-1}\frac{b*}{a*}$$

2) ปริมาณน้ำอิสระ ($A_w$) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (ยี่ห้อ Novasina รุ่น Lab Master-a neo ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

3) ค่าความกว้างและความหนา การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของคุกกี้ตูเลวางตัวอย่างคุกกี้ตูเล 4 ชิ้นวางชิดข้างกัน และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งหมดโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ จากนั้นหมุนคุกกี้ตูเลทั้งหมดที่ 90 องศา และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางใหม่ จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของการวัดทั้ง 2 ครั้ง หารด้วย 4 มาใช้เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางสุดท้ายของคุกกี้ การวัดความหนา โดยการวางตัวอย่างคุกกี้ตูเล 4 ชิ้น วางซ้อนขอบพอดีกันวัดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ทำการทดลอง 4 ซ้ำต่อตัวอย่าง ดัดแปลงวิธีจาก Jain, S. & Sree, P. K. M. (2017) จากนั้นคำนวณอัตราการแผ่ขยายตัว (spread ratio) ดังสมการ

การแผ่ขยายตัว = ความกว้าง (cm)/ความหนา (cm)

4) ลักษณะเนื้อสัมผัส วัดค่าแรงกด (Compression) ดัดแปลงวิธีจาก Xu, S. & William, L. K. (2012) โดยใช้เครื่องเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (ยี่ห้อ Texture analyzer รุ่น TA.XT2) นำตัวอย่างคุกกี้ตูเลที่อยู่ในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนปิดสนิท ใช้หัววัด Crisp fracture support rig HDP/CFS ตั้งค่าแรงกด 25 กิโลกรัม โดยระยะการกดอยู่ที่ ร้อยละ 60 ของความสูงตัวอย่าง อัตราเร็วก่อนกดและหลังกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที รายงานผลเป็นค่าความแข็ง (Hardness; กรัม)

3.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000) และคาร์โบไฮเดรตและพลังงานจากการคำนวณ

3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดน้ำตาล

คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดไอซิ่งที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิห้อง (28 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 28 วัน วิเคราะห์คุณภาพในวันที่ 7 14 21 และ 28 ดังนี้

3.2.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส ตามวิธีการข้อ 4)

3.2.2 ปริมาณน้ำอิสระ ($a_w$) ตามวิธีการข้อ 2)

3.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีมาวิเคราะห์ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomize design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**4. ผลการวิจัย**

4.1 ผลของการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

ควบคุม ร้อยละ 30 ร้อยละ 35 ร้อยละ 40

**ภาพที่ 1** คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง 4 ระดับ

ตัวอย่างคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง 4 ระดับ แสดงดังภาพที่ 1 และจากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** คุณภาพทางกายภาพของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง 4 ระดับ

| คุณภาพ | การลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ควบคุม | ร้อยละ 30 | ร้อยละ 35 | ร้อยละ 40 |
| ปริมาณน้ำอิสระ | 0.21±0.00$^{a}$ | 0.20±0.00$^{a}$ | 0.20±0.01$^{a}$ | 0.18±0.00$^{b}$ |
| ความกว้าง (ซม.) | 5.59±0.05$^{b}$ | 5.62±0.05$^{a}$ | 5.68±0.04$^{a}$ | 5.60±0.05$^{a}$ |
| ความหนา (ซม.) | 0.13±0.00$^{a}$ | 0.11±0.01$^{b}$ | 0.12±0.01$^{b}$ | 0.11±0.00$^{b}$ |
| อัตราการแผ่กระจาย | 44.42±0.56$^{b}$ | 49.38±0.20$^{a}$ | 49.79±0.41$^{a}$ | 48.97±0.23$^{a}$ |
| ค่าความแข็ง (กรัม) | 195.23±3.22$^{a}$ | 186.87±4.51$^{b}$ | 173.98±9.77$^{c}$ | 141.23±3.55$^{d}$ |

**หมายเหตุ :** $^{a, b, c, d}$ หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ปริมาณน้ำอิสระของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง ร้อยละ 40 มีค่าต่ำสุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากคุกกี้ตูเลที่มีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 40 มีน้ำตาลไอซิ่งในส่วนผสมน้อยกว่าปริมาณอื่น ๆ ในขณะอบคุกกี้น้ำตาลที่ละลายจะช่วยกักเก็บปริมาณน้ำอิสระเอาไว้ภายในคุกกี้ได้ (Van der Sman, R. G. M. & Renzetti, S., 2019) เมื่อปริมาณน้ำตาลไอซิ่งลดลงจึงทำให้ปริมาณน้ำอิสระลดลงไปด้วย โดยคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งทั้ง 4 สูตร มีค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ระหว่าง 0.18-0.21

ค่าความกว้างของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 35 และ 40 มีค่าสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากคุกกี้ตูเลจะมีส่วนประกอบหลักคือ แป้ง ไข่ขาว ไขมัน และน้ำตาล ในระหว่างที่การตีผสมของคุกกี้ตูเลน้ำตาลจะทำหน้าที่เก็บกักอากาศเอาไว้ภายใน การตีผสมน้ำตาลบางส่วนจะละลายแต่ที่เหลือจะละลายสมบูรณ์เมื่อนำไปอบด้วยความร้อน อุณหภูมิการอบสูงขึ้นทำให้น้ำตาลส่วนที่เหลือละลาย คุกกี้ตูเลจึงยุบตัวลงและแผ่กว้างออกตามการละลายของน้ำตาลไอซิ่ง ถ้าน้ำตาลไอซิ่งน้อยความกว้างของคุกกี้ตูเลก็ลดลงตามลำดับ (The sugar association, 2017)

ค่าความหนาของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 35 และ 40 มีค่าต่ำสุดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากน้ำตาลไอซิ่งเป็นน้ำตาลที่ให้ความหวานประเภทซูโครส ช่วยให้เนื้อส่วนผสมสามารถกักเก็บอากาศได้ดี คุกกี้จะมีความโปร่งฟูพอเหมาะ และน้ำตาลซูโครสช่วยทำให้คุกกี้มีความคงตัวดี (ธีรนุช ฉายศิริโชค, 2547) เมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งลงจึงทำให้คุกกี้ตูเลสูตรลดน้ำตาลไอซิ่งมีความหนาน้อยกว่าสูตรควบคุม

อัตราการแผ่กระจายของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 35 และ 40 มีค่าต่ำสุดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อัตราส่วนการแผ่ขยายตัวเป็นคุณลักษณะทางกายภาพที่ใช้ประเมินความสามารถในการขึ้นตัวของคุกกี้ อัตราส่วนการขยายตัวที่สูงขึ้นเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพและการยอมรับที่ดีขึ้นของผลิตภัณฑ์ (Hussain, S. et al., 2022) แต่การลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งมีผลต่ออัตราการแผ่กระจายของคุกกี้ตูเล เนื่องจากน้ำตาลมีคุณสมบัติช่วยทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีรู หรือโพรงอากาศสม่ำเสมอ และช่วยในการขยายข้างของคุกกี้ (ธิดารัตน์ เปรมประสพโชค และคณะ, 2558) สอดคล้องกับความหนาของคุกกี้ตูเลที่มีค่าลดลงเมื่อปริมาณการลดน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้น

ค่าความแข็งของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณน้ำตาลไอซิ่งแตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกระดับ โดยสูตรควบคุมมีค่าสูงสุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากน้ำตาลมีอิทธิพลต่อความแข็งของขนมอบ อาจเป็นเพราะการยึดเกาะที่แข็งแรงขึ้นระหว่างอนุภาคหลังการเกิดผลึกน้ำตาลอีกครั้งเมื่อผลิตภัณฑ์เย็นลง (พจนีย์ บุญนา และคณะ, 2565) เมื่อลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งลงจึงทำให้ค่าความแข็งลดลง

**ตารางที่ 3** ค่าสีของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง 4 ระดับ

| คุณภาพ | การลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ร้อยละ 0 | ร้อยละ 30 | ร้อยละ 35 | ร้อยละ 40 |
| L* | 41.69±0.12$^{a}$ | 38.97±0.61$^{b}$ | 37.83±0.31$^{c}$ | 34.30±0.73$^{d}$ |
| a* | 5.60±0.26$^{a}$ | 5.22±0.22$^{b}$ | 4.58±0.05$^{c}$ | 3.78±0.12$^{d}$ |
| b* | 8.02±0.33$^{a}$ | 8.03±0.31$^{a}$ | 7.08±0.42$^{b}$ | 7.13±0.15$^{b}$ |
| $\Delta$E | 31.48±0.08$^{b}$ | 32.15±0.50$^{b}$ | 31.67±0.23$^{b}$ | 34.17±0.44$^{a}$ |
| C* | 9.65±0.38$^{a}$ | 9.62±0.34$^{a}$ | 8.07±0.24$^{b}$ | 8.49±0.14$^{b}$ |
| H (°) | 54.86±0.28$^{c}$ | 55.97±1.21$^{c}$ | 62.47±0.01$^{a}$ | 57.33±0.15$^{b}$ |

**หมายเหตุ :** $^{a, b, c, d}$ หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่า L* a* และ b* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 34.30 - 41.69 3.78 - 5.60 และ 7.13 - 8.02 ตัวอย่างคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 40 มีค่า L* a* และ b* ต่ำสุด ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับรูปที่ 1 ที่สีของคุกกี้ตูเลมีสีเข้มมากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สำหรับปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Ashwath Kumar, K. & Sudha, M. L., 2021) รวมถึงน้ำตาลไอซิ่งเป็นน้ำตาลที่ได้จากการนำน้ำตาลทรายขาวมาบดจนละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงตามขนาดที่ต้องการ พร้อมเติมสารป้องกันการเกาะตัวเป็นก้อน (Anti-caking agent) เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวจ้าว และซิลิกอนไดออกไซด์ เป็นต้น (ช่อลัดดา เที่ยงพุก, 2560) ดังนั้นเมื่อมีการใส่น้ำตาลไอซิ่งลดลงจึงทำให้สีของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เข้มขึ้นตามลำดับ ค่า $\Delta$E เพิ่มขึ้นเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งถึงร้อยละ 40 ($p \leq 0.05$) ค่า C* ซึ่งเป็นค่าความอิ่มตัวของสีชี้ให้เห็นถึงความเข้มข้นหรือความบริสุทธิ์ของสีเมื่อเทียบกับสีขาว พบว่า คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าความอิ่มตัวของสีลดลงเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 35 ขึ้นไป ในขณะที่ค่า H ของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 35 มีค่าสูงสุด ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4** คุณภาพทางเคมีของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง 4 ระดับ (โดยน้ำหนักแห้ง)

| คุณภาพ | การลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง (ร้อยละ) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 30 | 35 | 40 |
| ความชื้น (ร้อยละ) | 0.51±0.01[a] | 0.35±0.03[b] | 0.36±0.02[b] | 0.23±0.07[b] |
| โปรตีน (ร้อยละ) | 8.46±0.05[d] | 8.90±0.03[c] | 9.74±0.09[b] | 10.34±0.13[a] |
| ไขมัน (ร้อยละ) | 26.03±0.02[d] | 29.44±0.05[c] | 30.98±0.16[b] | 31.84 ±0.19[a] |
| เถ้า (ร้อยละ) | 1.05±0.15[b] | 1.30±0.01[a] | 1.48±0.01[a] | 1.51±0.01[a] |
| คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) | 63.94±0.09[a] | 60.00±0.04[b] | 57.42±0.11[c] | 56.07±0.01[d] |
| พลังงาน | 523.96±0.76[d] | 540.58±0.48[c] | 547.55±0.67[b] | 552.25±1.27[a] |

**หมายเหตุ :** [a, b, c, d] หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณความชื้นของคุกกี้ที่มีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 35 และ 40 มีค่าความชื้นต่ำสุดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ปริมาณความชื้นที่ลดลงเป็นผลมาจากการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง เนื่องจากน้ำตาลเมื่อถูกความร้อนน้ำตาลจะละลายในขณะอบ น้ำตาลจะทำหน้าที่กักเก็บปริมาณน้ำอิสระเอาไว้ภายในคุกกี้ (Van der Sman, R. G. M. & Renzetti, S., 2019) ปริมาณโปรตีนและไขมันของคุกกี้ตูเลที่มีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 40 มีค่าสูงสุด ($p\leq0.05$) เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้เมื่อลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งจะไม่มีการนำวัตถุดิบหรือสารปรุงแต่งอาหารชนิดอื่นมาทดแทน ส่งผลให้น้ำหนักสุทธิไม่เท่ากัน แต่ปริมาณไข่ขาวและเนยซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันที่ใช้เป็นส่วนผสมในคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เท่ากับ 71 และ 40 กรัม เท่ากันทุกตัวอย่าง ส่งผลให้ตัวอย่างที่มีการลดน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้นปริมาณของโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้น โปรตีนมีหน้าที่ช่วยเสริมสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย และไขมันช่วยให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายและทำให้มีกำลังเคลื่อนไหวทำงานได้ ช่วยในการละลายวิตามิน A, D, E, K (กมลรัตน หนูสวี และคณะ, 2564) ปัจจุบันมีงานวิจัยที่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โปรตีนสูงมากมาย เช่น การใช้เวย์โปรตีนเสริมในคุกกี้เนยสด แป้งเมล็ดบัว (วรรธนา อินทวงค์ และธนภพ โสตรโยม, 2564) การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยสดเสริมโปรตีนจากตัวด้วงต้นสาคู (จิตติกร สงจันทร์ และคณะ, 2567) เป็นต้น ปริมาณเถ้าของคุกกี้ที่มีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 35 และ 40 มีค่าสูงสุดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของคุกกี้ที่มีการลดปริมาณน้ำตาล ไอซิ่งร้อยละ 0 30 35 และ 40 มีค่าเท่ากับ 63.94, 60.00, 57.42 และ 56.07 ตามลำดับ และปริมาณพลังงานมีค่าอยู่ระหว่าง 523.96 - 552.25 กิโลแคลอรี

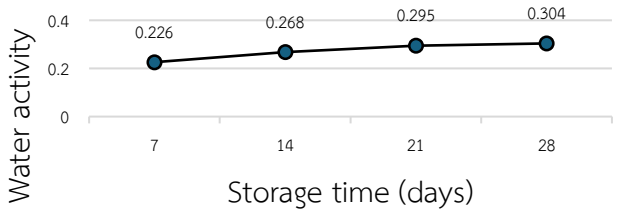
เนื่องจากค่าสีเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภค และเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับลักษณะเนื้อสัมผัสจะทำให้สามารถคาดการณ์ความชอบของผู้บริโภคได้มากขึ้น (Kardas, M. et al., 2024) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคัดเลือกคุกกี้ตูเลจากแป้งไรซ์เบอร์รี่ที่การลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 ที่มีคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัส (ความแข็ง) ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุดไปศึกษาอายุการเก็บรักษาในขั้นตอนต่อไป

4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดน้ำตาลไอซิ่ง

7 14 21 28

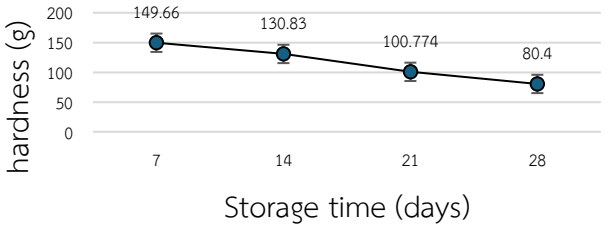
**ภาพที่ 2** การเปลี่ยนแปลงลักษณะของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ระหว่างอายุการเก็บรักษา 28 วัน

คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งลงร้อยละ 30 นำมาศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยใช้บรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษาคือถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนปิดสนิท และเก็บที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 28 วัน ทำการตรวจสอบคุณภาพในวันที่ 7 14 21 และ 28 ดังภาพที่ 2 พบว่า วันที่ 7 คุกกี้ตูเลมีลักษณะผิวหน้าเงาขึ้นเล็กน้อยกว่าวันที่ 0 แห้ง จับแล้วเปราะแตกหักได้ง่ายเช่นเดียวกับวันที่ 0 เมื่อเก็บรักษาไปจนถึงวันที่ 21 สีของคุกกี้ตูเลเข้มขึ้น ผิวเป็นเงามากขึ้น เนื้อสัมผัสชื้นเล็กน้อยเมื่อจับชิ้นคุกกี้จะยังไม่ติดมือ หักได้แต่ไม่เปราะ จนกระทั่งวันที่ 28 คุกกี้ตูเลผิวหน้าเงามันมาก เมื่อจับชิ้นคุกกี้จะมีลักษณะแฉะติดมือเล็กน้อย เนื้อสัมผัสนิ่มไม่กรอบ




**ภาพที่ 3** ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา

ปริมาณน้ำอิสระของคุกกี้ตูเลเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (ภาพที่ 3) ปริมาณน้ำอิสระ มีอิทธิพลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยปริมาณน้ำอิสระเป็นน้ำที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างของอาหาร มีคุณสมบัติเหมือนน้ำปกติ สามารถเป็นตัวทำละลายได้ ถ้าอาหารมีน้ำอิสระมากจะเสียได้ง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ ค่า $a_w$ มีอยู่ช่วงระหว่าง 0.23-0.30 ทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บไว้ได้นานและไม่เสีย ดังนั้นการลดปริมาณน้ำในอาหารให้น้อยลงเพื่อลดปริมาณน้ำอิสระ จึงเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเมื่อผลิตภัณฑ์ มีค่า aw เท่ากับ 0.6 หรือต่ำกว่า (อมรรัตน์ ถนนแก้ว และปาจรีย์ เรืองคล้าย, 2559) ดังนั้น คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ควรผลิตให้มีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 เพื่อให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้




**ภาพที่ 4** ค่าความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา

ค่าความแข็งพบว่า คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 28 วัน มีค่าความแข็งลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (ภาพที่ 4) เนื่องมาจากบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ คือ ถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน ซึ่งมีคุณสมบัติให้ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย ดังนั้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ค่าความแข็งจึงลดลง ซึ่งค่าความแข็งที่วิเคราะห์ได้มีความสอดคล้องกับค่าปริมาณน้ำอิสระ โดยเมื่อปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งลดลง

**5. อภิปรายผล**

ผลของการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่า ปริมาณน้ำอิสระของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.18-0.21 ซึ่งต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนด คือ 0.3-0.4 ที่เป็นสภาวะที่จุลินทรีย์ไม่สามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้ (ปิยนุสร์ น้อยด้วง และนคร บรรดิจ, 2558) ค่าความกว้างลดลงเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความหนาเพิ่มขึ้น และอัตราการแผ่กระจายลดลงเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดลงเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ashwath Kumar, K. & Sudha, M. L. (2021) ที่พบว่า ค่าความกว้างและค่าความแข็งของคุกกี้ลดลงเมื่อปริมาณน้ำตาลทรายในสูตรส่วนผสมลดลง คุกกี้ตูเลที่มีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้คุกกี้ตูเลมีสีเข้ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ashwath Kumar, K. & Sudha, M. L. (2020) พบว่า คุกกี้ธัญพืชที่ใช้สารทดแทนความหวานทดแทนน้ำตาลมีค่า L* ลดลง ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า คุกกี้ตูเลที่มีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความชื้นลดลง ปริมาณโปรตีนและไขมันก็เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suo, X. et al. (2025) พบว่า คุกกี้ที่มีการใช้สารให้ความหวานทางการค้าทดแทนน้ำตาลส่งผลให้ปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้น ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30-40 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาคุกกี้ตูเลจากแป้งไรซ์เบอร์รี่ที่การลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 ในถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนปิดสนิท และเก็บที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 28 วัน พบว่า ค่า $a_w$ ของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในช่วงระหว่าง 0.23-0.30 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Awol, S. M. et al. (2024) ที่พบว่า แป้งสาลีที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ที่อุณหภูมิ 14.8-26.8 องศาเซลเซียส มากกว่า 6 เดือน มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่า

ความแข็งจึงลดลง ผู้วิจัยจึงแนะนำว่าควรเก็บคุกกี้ตูเลไว้ไม่เกิน 14 วัน เนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของคุกกี้ตูเลจะยังคงไม่เปลี่ยนแปลง

**6. องค์ความรู้ใหม่**

การลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งต่อคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และอายุการเก็บรักษาคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ สามารถลดการใช้น้ำตาลในส่วนผสมคุกกี้ได้ประมาณร้อยละ 30 จากสูตร เนื่องจากน้ำตาลทำหน้าที่ในการเก็บอากาศ ความชื้นไว้ภายในโครงสร้าง เมื่อถูกความร้อนคุกกี้จะมีลักษณะโปร่งฟู และให้ความคงตัว ถ้าลดปริมาณการใช้น้ำตาลมากเกินไปจะส่งผลให้คุกกี้เสียลักษณะที่ดีคือ ไม่โปร่ง ไม่กรอบ และแตกหักได้ง่าย แต่การลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์คุกกี้ตูเลเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้ผู้บริโภคที่ต้องการลด จำกัดการบริโภคน้ำตาล ผู้ที่ดูแลรักษาสุขภาพ และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดอื่น ๆ ได้

**7. สรุป**

การลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของคุกกี้ตูเล จากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีและค่าความแข็งซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภคใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด โดยการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 40 ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง ในขณะที่ การลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30-40 ไม่ส่งผลต่อค่าความกว้าง ความหนาและอัตราการแผ่กระจาย นอกจากนี้ค่าความแข็งลดลงเมื่อมีการลดน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้น คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสีเข้มขึ้นเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นลดลงและปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30-40 ในขณะที่ปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง คุกกี้ตูเลที่มีการลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.90 ไขมันร้อยละ 29.44 เถ้าร้อยละ 1.30 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 60.00 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษา สามารถเก็บไว้ได้นาน 28 วัน โดยที่ความชื้นในผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในช่วงระหว่าง 0.23 - 0.30 ทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บไว้ได้นานและไม่เสีย แต่เนื้อสัมผัสของคุกกี้ตูเลจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 14 ผู้วิจัยจึงแนะนำว่าควรเก็บคุกกี้ตูเลไว้ไม่เกิน 14 วัน เนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของคุกกี้ตูเลจะยังคงไม่เปลี่ยนแปลง

**8. ข้อเสนอแนะ**

8.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1) ควรศึกษาปริมาณจุลินทรีย์และการเกิดกลิ่นหืนระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คุกกี้ตูเลจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ลดปริมาณน้ำตาลไอซิ่ง

8.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรต่อยอดการศึกษาลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์คุกกี้ชนิดอื่น ๆ

**9. เอกสารอ้างอิง**

กมลรัตน์ หนูสวี, คณิต เขียววิชัย และวรรณวิสา บุญมาก. (2564). *การศึกษาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยศิลปากร* (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จิตติกร สงจันทร์, ชญาภัทร์ กี่อาริโย และน้อมจิตต์ สุธีบุตร. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยสดเสริมโปรตีนจากตัวด้วงต้นสาคู. *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา,* 37(132), 130-40.

ช่อลัดดา เที่ยงพุก. (2560). น้ำตาลทราย ความหวานคู่พลังงานหลากหลายผลิตภัณฑ์. *วารสารอาหาร*, 47(4), 48-50.

ธิดารัตน์ เปรมประสพโชค, ศศิธร จานเก่า และประไพรภัส ทาน้อย. (2558, 3-6 กุมภาพันธ์). *การทดแทนน้ำตาลทรายในคุกกี้ด้วยกล้วยน้ำว้า* [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.

ธีรนุช ฉายศิริโชค. (2547). *คุกกี้ (Cookies)* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์ บริษัท นาคา อินเทอร์มีเดีย จำกัด.

นภัสสร พยรรตาคม. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมแป้งมะละกอดิบ* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นวพร หงส์พันธุ์, กีรติ เงินสมบัติ และอินทุพร รัตนพิบูลย์. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 24(2), 782-794.

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และนคร บรรดิจ. (2558). การใช้มอลทิทอลและซูคราโลสในการผลิตคุกกี้เนยแคลอรี่ต่ำ. *วารสารวิชาการ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย*, 4(2), 42-51.

พจนีย์ บุญนา, อภิญญา มานะโรจน์, วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ และศุภัคษร มาแสวง. (2565). ผลของปริมาณน้ำตาลต่อสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ขนมผิง. *Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST)*, 21(2), 14-25.

พรรัตน์ สินชัยพานิช, กุลรภัส บุตรพงษ์, ศศพินทุ์ ดิษนิล และเรณู ทวิชชาติวิทยากุล. (2560). ผลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่:เนื้อสัมผัสและลักษณะคุณภาพ. *วารสารวิจัย มสด สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 10(2), 69-80.

รสพร เจียมจริยธรรม, พรรณภัทร พรหมเพ็ญ และบงกช บุญบูรพงศ์. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ตูเลจากแป้งกล้วย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 25(2), 464-481.

วัฒนา วิริวุฒิกร. (2567). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งโรตีกรอบโดยใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทดแทนแป้งสาลีอเนกประสงค์. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 29(1), 160-180.

วรรธนา อินทวงค์ และธนภพ โสตรโยม. (2564). การใช้เวย์โปรตีนเสริมในคุกกี้เนยสดแป้งเมล็ดบัว. *วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*, 3(1), 13-24.

สุพิชญา คำคม. (2563). ผลของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ซาลาเปา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 28(11), 2025-2038.

อมรรัตน์ ถนนแก้ว และปาจรีย์ เรืองคล้าย. (2559). ผลของน้ำมันทอดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนมลาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 8(2), 203-218.

อารี น้อยสำราญ, โสมรัศมิ์ กล่ำกล่อมจิตร์, ชุติพร วุฒิ และอนุชา ลีฬหาพงศธร. (2564). ผลิตภัณฑ์ปั้นสิบเสริมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ไส้สับปะรด. *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี*, 15(1), 223-235.

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. (21nd ed.). Gaithersburd, MD, USA Association of Analytical Communities.

Ashwath Kumar, K. & Sudha, M. L. (2021). Effect of fat and sugar replacement on rheological, textural and nutritional characteristics of multigrain cookies. *Journal of food science and technology*, 58(7), 2630–2640. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04769-9

Awol, S.M., Kuyu, C.G., Bereka, T.Y. & Abamecha, N. (2024). Physicochemical stability, microbial growth and sensory quality of refined wheat flour as affected by packaging materials during storage. *Journal of Stored Products Research*, 105, 102217.

Dana, H. & Sonia, A. (2024). Substituting sugar in pastry and bakery products with functional ingredients. *Applied Sciences*, 14(18), 8563. https://doi.org/10.3390/app14188563

Hussain, S., Alamri, M. S., Mohamed, A. A., Ibraheem, M. A., Qasem, A. A. A., Shamlan, G. & Ababtain, I. A. (2022). Dough performance and quality evaluation of cookies prepared from flour blends containing cactus (*Opuntia ficus-indica*) and Acacia (*Acacia seyal*) Gums. *Molecules*, 27(21), 7217. https://doi.org/10.3390/molecules27217217

Jahromi, S.F., Varidi, M.J., Varidi, M. & Nooshkam, M. (2024). Reduced fat and sugar cakes developed by protein/polysaccharide /licorice extract ternary gel-like foams. *Food Science and Technology*, 194, 115790. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115790

Jain, S. & Sree, P.K.M. (2017). Physicochemical and organoleptic properties of cookies made using tender coconut pulp as a fat replacer. *Asian Journal of Science and Technology*, 8(12), 7089-7091.

Kardas, M., Rakuła, M., Kołodziejczyk, A. & Staśkiewicz-Bartecka, W. (2024). Consumer preferences, sensory evaluation, and color analysis of beetroot and tomato juices: implications for product development and marketing in health-promoting beverages. *Foods*, 13(24), 4059. https://doi.org/10.3390/foods13244059

Laokuldilok, S., Surin, S. & Damrongwattanakool, N. (2021). Effect of using riceberry flour and xanthan gum on physical properties and estimated glycemic index of steamed rice cakes: optimization by D-optimal mixture design approach. *Journal of Food Science and Technology*, 59(2), 724-734.

Liu, Y., Cheng, J., Wan, L. & Chen, W. (2023). Associations between total and added sugar intake and diabetes among chinese adults: The role of body mass index. *Nutrients*, 15(14), 3274. https://doi.org/10.3390/nu15143274

Rippe, J.M. & Angelopoulos, T.J. (2016). Relationship between added sugars consumption and chronic disease risk factors: current understanding. *Nutrients*, 8(11), 1-19. https://doi.org/10.3390/nu8110697

Suo, X., Tagliasco, M., Bonfini, M., Bonfili, L., Araiza, O.M., Baggio, A., Eleuteri, A.M., Pellegrini, N. & Vittadini, E. (2025). Development of sugar- and fat-reduced pulse cookies with improved predicted glycemic behavior. *Applied Food Research*, 5(1), 1-11.

The sugar association. (2017). *Sugar's functional roles in cooking & food preparation.* The sugar association.

Van der Sman, R.G.M. & Renzetti, S. (2019). Understanding functionality of sucrose in biscuits for reformulation purposes. *Critical reviews in food science and Nutrition*, 59(14), 2225-2239. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1442315

Xu, S. & William, L.K. (2012). Comparative study of physical and sensory properties of corn chips made by continuous vacuum drying and deep fat frying. *LWT - Food Science and Technology*, 48, 96-101.