

# ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกต่อคุณภาพของคุกกี้ตุล Effect of Substitution of Wheat Flour with Cauliflower Powder on Qualities in Tuile Cookies

บุษบา มะโนแสน<sup>1\*</sup> จิรรัชต์ กันทะขู้<sup>1</sup> สุทธิดา ปัญญาอินทร์<sup>1</sup> ประกิต ทิมขำ<sup>1</sup> และเกวาลิน แซ่หลอ<sup>1</sup>  
Busaba Manosan<sup>1\*</sup> Jirarat Kantakhoo<sup>1</sup> Sutthida Punyain<sup>1</sup> Prakrit Timkum<sup>1</sup> and Kewalin Saelo<sup>1</sup>

Received: May 10, 2024; Revised: July 24, 2024; Accepted: July 24, 2024

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผงกะหล่ำดอกทั้งหมด 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) การให้ความร้อนก่อนอบแห้งโดยการลวกและไม่ลวก และ 2) อุณหภูมิอบแห้งที่ 50 และ 70 °C วางแผนการทดลองแบบ 2×2 Factorial in CRD ตรวจสอบลักษณะสีของผงกะหล่ำดอก พบว่าผงกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C มีค่าความสว่าง (L\*) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a\*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b\*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผงกะหล่ำดอก พบว่าผงกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C มีปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) น้อยที่สุดในขณะที่ปริมาณใยอาหารมากที่สุด ( $p < 0.05$ ) และได้เลือกผงกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบที่อุณหภูมิ 50 °C มาทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้ตุลที่ร้อยละ 0 10 20 และ 30 พบว่าเมื่อทดแทนผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ลักษณะด้านสีของคุกกี้มีค่าความสว่าง (L\*) ลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a\*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b\*) เพิ่มขึ้น ส่วนความแข็ง (ความกรอบ) ของคุกกี้ตุลลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ในทางกลับกันปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) และปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ตุล พบว่าการทดแทนผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้คุกกี้ตุลเล็มนุ่มขึ้นที่จะได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนลักษณะปรากฏไม่มีความแตกต่าง ( $p > 0.05$ ) โดยสามารถทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกได้ถึงระดับร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้งสาลีโดยมีความชอบโดยรวมสูงสุดไม่ต่างจากสูตรควบคุม ( $p > 0.05$ )

คำสำคัญ : ผงกะหล่ำดอก; แป้งสาลี; คุกกี้ตุล

<sup>1</sup> คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

<sup>1</sup> Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

\* Corresponding Author, Tel. 08 4040 3994, E - mail: busaba\_kai@hotmail.com

## Abstract

This study aims to investigate the factors affecting the quality of cauliflower powder, focusing on two variables: 1) pre-drying heat treatment (blanching and non-blanching) and 2) drying temperature (50 and 70 °C). A 2x2 factorial design in a Completely Randomized Design (CRD) was used. The color characteristics of the cauliflower powder were analyzed, revealing that blanching followed by drying at 50 °C resulted in significantly higher lightness ( $L^*$ ) and lower redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ) ( $p \leq 0.05$ ). The chemical quality analysis showed that blanching and drying at 70 °C yielded the lowest moisture content and water activity ( $a_w$ ), while the dietary fiber content was the highest ( $p \leq 0.05$ ). Cauliflower powder processed with blanching and drying at 50 °C was then used to replace wheat flour in tuile cookies at 0, 10, 20 and 30 % substitution levels. Increased substitution levels resulted in decreased lightness ( $L^*$ ), increased redness ( $a^*$ ), and increased yellowness ( $b^*$ ) of the cookies. The hardness (crispness) of the tuile cookies significantly decreased ( $p \leq 0.05$ ), while the moisture content, water activity ( $a_w$ ), and dietary fiber content increased to the control formula. Sensory evaluation indicated that higher substitution levels of cauliflower powder led to significantly lower scores for color, flavor, taste, texture, and overall preference ( $p \leq 0.05$ ). However, the appearance did not show significant differences ( $p > 0.05$ ). Substitution of up to 20 % of wheat flour with cauliflower powder was feasible without significantly affecting the overall preference compared to the control formula ( $p > 0.05$ ).

**Keywords:** Cauliflower Powder; Wheat Flour; Tuile Cookies

## บทนำ

ขยะที่เกิดจากอาหารในแต่ละปีมีประมาณ 1,300 ล้านตันต่อปีหรือ 1 ใน 3 ของอาหารที่ผลิตได้ทั่วโลกเป็นขยะอาหารที่ถูกทิ้งไปแบบสูญเปล่าและสร้างก๊าซเรือนกระจกถึงร้อยละ 8 และในแต่ละปีมีขยะที่ถูกฝังกลบมากกว่าหนึ่งพันล้านตัน แต่ในทางกลับกันยังมีประชากรจำนวนหนึ่งไม่สามารถเข้าถึงอาหารอาจจะเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม สภาพความเป็นอยู่หรืออื่น ๆ การลดปริมาณขยะอาหารจึงเป็นเป้าหมายของ UN ได้ตั้งเป้าหมายให้ปี ค.ศ. 2030 ให้ขยะอาหารที่เหลือจากการจำหน่ายและบริโภคทั่วโลกลดลงร้อยละ 50 ซึ่งขยะอาหารมาจากเศษอาหารหรืออาหารที่เหลือทิ้งจากการบริโภคและอาหารส่วนเกิน (Food Surplus) ที่สามารถบริโภคได้แต่มีลักษณะภายนอกไม่สวยงามหรือไม่ได้มาตรฐานตกเกรด ได้แก่ ผักหรือผลไม้ เช่นกะหล่ำดอกขาวมีรอยดำ รอยขีดหรือเน่าบางส่วนของหัวดอกกะหล่ำที่ไม่สามารถที่จะจำหน่ายหากนำไปทิ้งก็จะมีปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น

กะหล่ำดอก หรือดอกกะหล่ำเป็นผักตระกูลกะหล่ำที่มีลักษณะคล้ายบรอกโคลี พืชตระกูลนี้ จะรวมถึงกะหล่ำปลี คะน้า วอเตอร์เครส กะหล่ำปลีแดง กวางตุ้งฮ่องเต้ ผักกาดขาวปลี กะหล่ำดอกเป็นผักที่รับประทานส่วนที่เรียกว่า ดอก แต่ความจริงไม่ใช่ดอกเป็นเพียงส่วนที่เกิดจากดอกจริงซึ่งเรียกว่า เคิร์ด (Curd) อยู่บริเวณปลายยอดของต้นดอก เคิร์ดมีลักษณะเป็นก้อนสีขาวครีมอัดตัวกันแน่นถ้าอากาศเย็นพอเคิร์ดจะยึดตัวและมีช่อดอกออกมา กะหล่ำดอกเป็นพืชที่อุดมไปด้วยใยอาหารและสารอาหารหลายชนิด ซึ่งเป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพทั้งเบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) ลูทีน (Lutein) ซีแซนทีน (Zeaxanthin) รวมทั้งสารอาหารที่สำคัญอย่างโคลีน (Choline) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของวิตามินบี ช่วยบำรุงสมอง และป้องกันโรคสมองเสื่อม วิตามินซี วิตามินอี วิตามินเค โฟเลต (Folate) และนอกจากนี้สถาบันมะเร็งแห่งชาติสหรัฐอเมริกาให้ข้อมูลว่าพืชตระกูล

กะหล่ำมีสารกลูโคซิโนเลต (Glucosinolates) เป็นสารพฤกษเคมี ซึ่งเมื่อผ่านระบบการย่อยจะได้สารอินโดล (Indole) และไอโซไทโอไซยาเนต (Isothiocyanate) ซึ่งมีงานวิจัยหลายเรื่องระบุว่าอาจช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งชนิดต่าง ๆ ได้ [1] กะหล่ำดอกสามารถช่วยลดน้ำหนัก เนื่องจากเป็นอาหารแคลอรีต่ำสามารถรับประทานแทนอาหารที่มีแคลอรีสูง ๆ ได้ เช่น ข้าว หรือแป้ง เพราะเป็นแหล่งใยอาหารที่ดีและย่อยช้าจึงทำให้อิ่มนาน [2]

ดูเลเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทคุกกี้ของชาวฝรั่งเศส น้ำหนักเบา แผ่นบางกรอบคล้ายขนมเบื้องของไทย เมื่อรับประทานจะรู้สึกละลายได้ในปาก มีรสหวานโดยส่วนผสมของคุกกี้ดูเล แบบดั้งเดิมประกอบด้วย แป้งสาลี น้ำตาล ไข่ขาว แป้งอัลมอนต์ และเนยละลาย จากส่วนผสมจะพบว่าปริมาณของแป้งข้าวสาลีและน้ำตาลปริมาณสูงมาก และเป็นขนมให้พลังงานสูง ซึ่งการบริโภคอาหารหรือขนมที่มีไขมันสูงจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการสะสมคอเลสเตอรอลและโรคหัวใจ เป็นสาเหตุของโรคอ้วน แต่ในผลิตภัณฑ์ที่มีคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนพบว่าจะไปช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด [3]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำดอกกะหล่ำที่ถูกคัดทิ้งหรือตกเกรดจากตลาดสดนำมาอบให้เป็นผงเพื่อทดแทนปริมาณแป้งข้าวสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ดูเล โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผงกะหล่ำดอกและปริมาณทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้ดูเล ทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และศึกษาปริมาณผงกะหล่ำดอกที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์คุกกี้ดูเลเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อสุขภาพแก่ผู้บริโภค

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผงกะหล่ำดอก

เตรียมผงกะหล่ำดอกดังรูปที่ 1 โดยนำกะหล่ำดอกที่ได้จากการคัดทิ้งจากตลาดสดมาตัดแต่งส่วนที่เป็นใบก้านและช่อที่เน่าออก หั่นเป็นข้อย่างทำความสะอาดและนำไปแช่ด้วยสารละลายโพแทสเซียมเมทาไบซัลไฟด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 เป็นเวลา 10 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 1 รอบ แล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที กำหนดปัจจัยที่ทำการศึกษาดังนี้

ปัจจัยที่ 1 การให้ความร้อนก่อนอบแห้งโดยแบ่งกะหล่ำดอกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 96 - 98 °C เป็นเวลา 3 นาที [4] ซ้อนขึ้นให้สะเด็ดน้ำพักให้เย็น และส่วนที่ 2 ไม่ลวก จากนั้นหั่นกะหล่ำดอกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนนำไปอบแห้ง

ปัจจัยที่ 2 อุณหภูมิในการอบแห้ง นำกะหล่ำดอกที่เตรียมทั้ง 2 แบบ เข้าตู้อบแห้งแบบลมร้อน (Owner Food, TD10, Bangkok) ที่อุณหภูมิ 50 และ 70 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่อ้างอิงที่ใช้ในการอบแห้งกะหล่ำดอก [3] และแป้งกล้วย [4] อบจนมีความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 14 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมแป้งสาลี อเนกประสงค์ มอก. 375-2524) นำกะหล่ำดอกที่ผ่านการอบแห้งมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมอาหารแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 300 ไมครอน

นำผงกะหล่ำดอกมาวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (HunterLab, ColorFlex EZ, USA) วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity:  $a_w$ ) ด้วยเครื่องวิเคราะห์น้ำอิสระ (Aqua Lab, 4TE, USA) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2000) และวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบด้วยวิธี AOAC (2005) วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IBM SPSS Version 23 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมจะถูกนำไปใช้เพื่อเตรียมผงกะหล่ำเพื่อใช้ทดแทนปริมาณแป้งสาลีในคุกกี้ดูเลต่อไป



(ก) กะหล่ำดอกตกรวด (ข) การตัดแต่งช่อดอก (ค) นำช่อดอกมาหั่นก่อนนำเข้าอบ

รูปที่ 1 การเตรียมกะหล่ำดอก

2. ศึกษาการทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในคุกกี้ดูเล

การทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในคุกกี้ดูเล โดยเลือกผงกะหล่ำดอกที่ได้จากข้อ 1 มาทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในคุกกี้ดูเล ที่ดัดแปลงจากสูตรพื้นฐานของ [4] ศึกษาการทดแทนปริมาณผงกะหล่ำดอก ในปริมาณร้อยละ 0 10 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้งสาลี และมีส่วนผสมอื่น ๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของส่วนผสมคุกกี้ดูเลที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในระดับต่าง ๆ

ส่วนผสม (กรัม)	ปริมาณผงกะหล่ำดอกที่ทดแทนแป้งสาลี (ร้อยละของน้ำหนักแป้งสาลี)			
	0	10	20	30
แป้งสาลีอเนกประสงค์	52	46.80	41.60	36.40
ผงกะหล่ำดอก	0	5.20	10.40	15.60
ไข่ขาว	78	78	78	78
น้ำตาลทรายป่น	32	32	32	32
เนยเค็ม	40	40	40	40

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก [4]

ขั้นตอนการทำคุกกี้ดูเล เริ่มจากตีไข่ขาวกับน้ำตาลทรายจนตั้งยอดอ่อน ร่อนแป้งสาลีกับผงกะหล่ำดอก ลงไปตีผสมให้เข้ากัน จากนั้นใส่เนยที่ละลายแล้วลงไปตีผสมให้เข้ากันอีกครั้ง นำส่วนผสมใส่ในพิมพ์คุกกี้ดูเล ปาดให้ผิวหน้าเรียบเสมอกัน โรยหน้าคุกกี้ด้วยอัลมอนด์และนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 15 - 20 นาที นำออกจากเตาอบพักให้เย็นและบรรจุใส่ถุงซีลปิดผนึกเพื่อทดสอบคุณภาพต่อไป

2.1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

1) วัดค่าสี  $L^* a^* b^*$  ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color Flex EZ, USA) เตรียมคุกกี้ดูเล ใส่ในตลับสำหรับใส่ตัวอย่าง นำไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีที่มีรูเปิดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้แหล่งแสง D65 และ ค่ามุมสังเกต 10 องศา ค่า  $L^*$  คือค่าความสว่าง ค่า  $a^*$  คือค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว ค่า  $b^*$  คือค่าความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2) วัดเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Brookfield Texture Analyzer, CT3, USA) ซึ่งประกอบด้วย Load Cell ขนาด 10 กิโลกรัม ใช้หัววัดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร (TA39) ที่ความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที [4] ทำการทดลอง 10 ซ้ำ บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้คุกกี้แตก รายงานเป็นค่าความแข็ง (กรัม)

3) วัดปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) ด้วยเครื่องวิเคราะห์น้ำอิสระ (Aqua Lab, 4TE, USA) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4) วัดปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC Method 945.32 โดยชั่งตัวอย่าง 5 กรัมใส่ในถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาคความชื้นนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (TWB Binder, IP 20, Germany) ที่อุณหภูมิ 105 °C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5) วิเคราะห์ใยอาหาร (Gerhardt, FT12, Germany) ด้วยวิธี AOAC 2005 โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เส้นใยอาหาร (Gerhardt, FT12, Germany)

วางแผนการทดสอบแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IBM SPSS Version 23 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.2 การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส ประเมินคุณภาพคูกี้ดูเลด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้แบบทดสอบชิมชนิด 9 Point Hedonic Scale (9 = ชอบมากที่สุด 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) กำหนดเกณฑ์ยอมรับผลิตภัณฑ์คือ ต้องได้คะแนนการยอมรับไม่ต่ำกว่า 5 คะแนน ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IBM SPSS Version 23 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

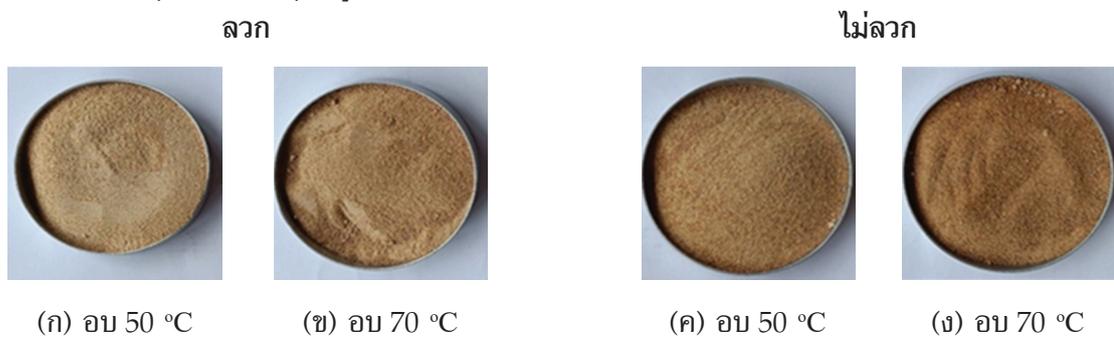
## ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

### 1. ผลการให้ความร้อนต่อคุณภาพของผงกะหล่ำดอก

การศึกษาปัจจัยการลวกและไม่ลวกกะหล่ำดอกก่อนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 70 °C พบว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของผงกะหล่ำดอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังตารางที่ 3 และรูปที่ 2 - 3 จะเห็นว่าผงกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบแห้งที่ 50 °C มีค่าความสว่างมากที่สุด เนื่องจากการใช้ความร้อนในการลวกสามารถช่วยยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผงกะหล่ำดอก [5] การลวกกะหล่ำดอกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ทำให้อากาศระหว่างเซลล์พืชที่บดบังสีเขียวของกะหล่ำดอกแพร่กระจายสู่บรรยากาศจึงเห็นสีเขียวจากคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบสูงเป็นเวลานานกรดในเซลล์พืชจะเปลี่ยนคลอโรฟิลล์เป็นฟีโอไฟติน (Pheophytin) ทำให้กะหล่ำดอกมีสีน้ำตาลความสว่างจึงลดลง นอกจากนี้กะหล่ำดอกมีคาร์โบไฮเดรตอยู่ร้อยละ 4.42 [6] ซึ่งประกอบด้วย ส่วนของแป้งและน้ำตาล โดยเฉพาะน้ำตาลรีดิวซ์ที่สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโปรตีนหรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารสีน้ำตาล หรือเรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ภาวะที่สารมีความเข้มข้นสูงและอุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยาเร็วที่สุด เนื่องจากเกิด Autocatalytic อัตราเร็วของปฏิกิริยานี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 - 3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก 10 °C อาหารที่มีน้ำตาลฟรุกโตสจะทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 5 - 10 เท่า ความเข้มของสีน้ำตาลจึงเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น [7] ดังนั้นกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C จึงมีค่าความสว่างต่ำกว่าค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) สูงกว่ากะหล่ำดอกที่อบที่ 50 °C ดังนั้นกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบที่อุณหภูมิ 50 °C ให้ค่าสีที่ดีที่สุด ปริมาณความชื้นของผงกะหล่ำดอกไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) แต่ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยผงกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C มีปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด เนื่องจากการลวกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชซึ่งจะทำลายโครงสร้างของเนื้อเยื่อโดยเฉพาะเพกตินจะหลุดออกจากโครงสร้างและละลายไปกับน้ำ ทำให้ความแข็งแรงของผนังเซลล์ลดลง ส่งผลให้น้ำในชิ้นอาหารมีโอกาสระเหยออกไปได้มากขึ้น [8] สอดคล้องกับงานวิจัยของ [9] ที่ศึกษาวิธีการลวกที่แตกต่างกันต่อคุณภาพมันเทศเนื้อสีส้ม โดยเปรียบเทียบการลวก 3 แบบ คือ ลวกด้วยน้ำเดือด ลวกด้วยไอน้ำ และลวกด้วยไมโครเวฟ

พบว่า การลวกด้วยน้ำเดือดทำให้เซลล์เนื้อเยื่อของมันเทศถูกทำลายและสูญเสียน้ำทำให้เนื้อเยื่ออ่อนตัวลง ซึ่งน้ำอิสระ (Free Water) ระบายออกไปได้ง่ายกว่าน้ำยึดเกาะ (Bound Water) ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) ของผงกะหล่ำดอกลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นและอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในอาหาร [5] ดังนั้นกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C จึงมีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามผงกะหล่ำดอกทั้ง 4 การทดลองเป็นไปตามมาตรฐานอาหารแห้งความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 และปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6

ปริมาณร้อยละของใยอาหาร พบว่าผงกะหล่ำดอกที่สภาวะต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C มีปริมาณเส้นใยอาหารมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 18.45 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [10] ที่พบว่า การอบผักหวาน ผักปลั่ง และดอกขจร ที่อุณหภูมิ 70 °C มีปริมาณเส้นใยอาหารมากที่สุด ใยอาหาร (Dietary Fiber) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพกตินบางส่วน [7] ซึ่งเซลลูโลสจะอยู่รวมตัวกันเป็นเส้นใยขนาดใหญ่และไม่ละลายน้ำหรือตัวทำละลายอื่นใดและทนความร้อนได้สูง [5] มีรายงานว่าผลแอนโชเต (Anchote) ที่ผ่านการลวก มีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่านการลวก อาจเกิดจากการลวกทำให้ใยอาหารที่ละลายน้ำสูญเสียไปบ้างระหว่างการลวก ดังนั้นการลวกจึงช่วยเพิ่มปริมาณใยอาหารดิบ (Crude Fiber) ดังนั้นปัจจัยในการลวกก่อนอบแห้งและอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีในด้านปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) และปริมาณร้อยละของใยอาหารของผงกะหล่ำดอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อศึกษาคุณภาพของผงกะหล่ำดอกพบว่าปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์ทุกการทดลอง โดยความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 14 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมแป้งสาลีอเนกประสงค์ มอก. 375-2524) และปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 ตามมาตรฐานอาหารแห้ง ใยอาหารของกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกก่อนอบแห้ง ทั้ง 2 อุณหภูมิมีปริมาณใยอาหารที่ใกล้เคียงกัน จึงใช้คุณภาพด้านสีเป็นหลักเกณฑ์ในการเลือกผงกะหล่ำดอก ดังนั้นผงกะหล่ำดอกที่ลวกและอบที่อุณหภูมิ 50 °C จึงถูกเลือกเพื่อใช้ในการศึกษาผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกต่อคุณภาพของคุกกี้ต่อไป



รูปที่ 2 ลักษณะสีผงกะหล่ำดอก

ตารางที่ 3 ประเมินค่าสีและองค์ประกอบทางเคมีของผงกะหล่ำดอก

ลักษณะคุณภาพ	ปัจจัยที่ศึกษา			
	ลวก		ไม่ลวก	
	50 °C*	70 °C	50 °C	70 °C
ค่าสี				
L*	69.17±0.16 <sup>a</sup>	67.15±0.08 <sup>b</sup>	63.90±0.49 <sup>c</sup>	58.90±0.22 <sup>d</sup>
a*	5.69±0.06 <sup>c</sup>	7.27±0.12 <sup>c</sup>	7.61±0.08 <sup>b</sup>	9.39±0.07 <sup>a</sup>
b*	26.11±0.25 <sup>c</sup>	26.45±0.32 <sup>c</sup>	27.84±0.28 <sup>b</sup>	28.40±0.09 <sup>a</sup>
ปริมาณความชื้น <sup>ns</sup> (ร้อยละ)	13.39±0.11	13.34±0.03	13.95±0.04	13.43±0.6

ตารางที่ 3 ประเมินค่าสีและองค์ประกอบทางเคมีของผงกะหล่ำดอก (ต่อ)

ลักษณะคุณภาพ	ปัจจัยที่ศึกษา			
	ลวก		ไม่ลวก	
	50 °C <sup>a</sup>	70 °C	50 °C	70 °C
ปริมาณน้ำอิสระ	0.33±0.00 <sup>b</sup>	0.28±0.01 <sup>d</sup>	0.37±0.00 <sup>a</sup>	0.32±0.00 <sup>c</sup>
ปริมาณใยอาหาร (ร้อยละ)	17.25±0.19 <sup>b</sup>	18.45±0.33 <sup>a</sup>	16.57±0.14 <sup>c</sup>	14.69±0.40 <sup>d</sup>

<sup>a, b, c, ...</sup> หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในแนวนอน  
<sup>ns</sup> หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ในแนวนอน  
<sup>\*</sup> หมายถึง อุณหภูมิในการอบแห้ง  
<sup>L\*</sup> หมายถึง ค่าความสว่างของสีจาก 0 - 100 (สีดำ - สีขาว)  
<sup>a\*</sup> + หมายถึง ค่าสีแดง, - หมายถึง ค่าสีเขียว  
<sup>b\*</sup> + หมายถึง ค่าสีเหลือง, - หมายถึง ค่าสีน้ำเงิน

2. ผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกต่อคุณภาพของคุกกี้ตุล

1) ค่าสี จากการศึกษการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในคุกกี้ตุลที่ร้อยละ 0 10 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้งสาลี พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่างของคุกกี้ตุลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังตารางที่ 4 จะเห็นว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของคุกกี้ตุลสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) มีค่ามากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากผงกะหล่ำดอกที่ใช้ในการทดลองมีสีเขียวอมน้ำตาลการเติมผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่สูงขึ้นจึงทำให้ค่าความสว่างของคุกกี้ตุลลดลงผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ [11] ที่ศึกษการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงบรอกโคลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ร้อยละ 0 3 5 7 และ 9 พบว่าการทดแทนผงบรอกโคลีในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้คุกกี้มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง และงานวิจัยของ [12] ที่ทำการทดลองการเสริมผงผักโขมในคุกกี้ร้อยละ 2 4 6 และ 8 แล้วพบว่าการเสริมผงผักโขมในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้คุกกี้ผักโขมมีค่าความสว่างของสีลดลง ส่วนค่า  $a^*$  ที่บ่งบอกถึงค่าสีแดง และค่า  $b^*$  ที่บ่งบอกถึงค่าสีเหลืองของคุกกี้ตุล พบว่าการทดแทนผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง และสีเหลืองของคุกกี้ตุลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังรูปที่ 3 อาจเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ (Mallard Reaction) เป็นปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl) ของน้ำตาลรีดิวซ์ในหมู่เอมีนของโมเลกุลโปรตีนไข่ขาวในส่วนผสมเกิดเป็นสารไกลโคซิล (N-Substituted Glycosylamine) ที่เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนเป็นสีน้ำตาลโดยมีความร้อนเป็นปัจจัยในการเร่งปฏิกิริยาเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น [7]



รูปที่ 3 คุกกี้ตุลที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในระดับต่าง ๆ

2) ความแข็ง การทดสอบเนื้อสัมผัสของคุกกี้ตุล (Hardness) พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้ความแข็งของคุกกี้ตุลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ดังตารางที่ 4 เนื่องจากในกะหล่ำดอกมีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบซึ่งจัดเป็นโพลีแซ็กคาไรด์สายตรงของน้ำตาลกลูโคสที่พบมากในผนังเซลล์ของพืช ซึ่งจะเพิ่มความเหนียวให้กับผลิตภัณฑ์ [7] ดังนั้น

การทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้คุกกี้ดูเลมีความแข็งลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [13] ทำเวเฟอร์ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้าและเสริมผงเอลเดอร์เบอร์รี่และไซเคเบอร์รี่ในปริมาณร้อยละ 1 2 3 4 และ 5 พบว่าการเติมผงไซเคเบอร์รี่ที่เพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งของเวเฟอร์ลดลง และงานวิจัยของ [11] ที่ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงบรอกโคลีในคุกกี้ที่ร้อยละ 0 3 5 7 และ 9 พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงบรอกโคลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งของคุกกี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของคุกกี้ดูเล

ลักษณะทางกายภาพ	ปริมาณผงกะหล่ำดอกที่ทดแทนแป้งสาลี (ร้อยละ)			
	(ร้อยละของน้ำหนักแป้งสาลี)			
	0	10	20	30
ค่าสี				
L*	64.50±0.70 <sup>a</sup>	61.19±0.59 <sup>b</sup>	61.70±0.08 <sup>b</sup>	58.89±0.97 <sup>c</sup>
a*	1.77±0.35 <sup>c</sup>	4.84±0.37 <sup>b</sup>	5.72±0.12 <sup>b</sup>	6.77±0.77 <sup>a</sup>
b*	32.57±0.73 <sup>d</sup>	35.79±0.18 <sup>c</sup>	37.46±0.64 <sup>b</sup>	39.13±0.79 <sup>a</sup>
ความแข็ง (กรัม)	835.50±45.04 <sup>a</sup>	785.00±30.87 <sup>a</sup>	619.33±73.16 <sup>b</sup>	595.17±46.67 <sup>b</sup>

a<sup>\*</sup> b<sup>\*</sup> c<sup>.....</sup> หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในแนวนอน  
 L\* หมายถึง ค่าความสว่างของสีจาก 0 - 100 (สีดำ - สีขาว)  
 a\* + หมายถึง ค่าสีแดง, - หมายถึง ค่าสีเขียว  
 b\* + หมายถึง ค่าสีเหลือง, - หมายถึง ค่าสีน้ำเงิน

3) ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) การศึกษาปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของคุกกี้ดูเลที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกที่ระดับต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้ค่าปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของคุกกี้ดูเลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังตารางที่ 5 เส้นใยอาหาร ที่อยู่ในคุกกี้มีคุณสมบัติกักเก็บความชื้น ความชื้นของคุกกี้จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณส่วนผสมที่เสริมลงในคุกกี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [14] ที่ศึกษาลักษณะคุณภาพและการต้านอนุมูลอิสระของคุกกี้แครอทดำ โดยทดแทนผงแครอทในคุกกี้ที่ระดับร้อยละ 5 10 และ 15 พบว่าความชื้นของคุกกี้เพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนปริมาณผงแครอทเพิ่มขึ้น และงานวิจัยของ [15] ที่ศึกษาการเสริมผงดอกโสนในคุกกี้เนยที่ร้อยละ 0 3 6 และ 9 พบว่าเมื่อเติมปริมาณผงดอกโสนในคุกกี้เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณความชื้นของคุกกี้เพิ่มขึ้น ( $p < 0.05$ ) เมื่อปริมาณความชื้นในคุกกี้ดูเลเพิ่มขึ้นจึงให้ความแข็งของคุกกี้ดูเลลดลง

4) ปริมาณใยอาหาร ผลการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในคุกกี้ดูเลที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกที่ระดับต่าง ๆ พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณใยอาหารของคุกกี้ดูเลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังตารางที่ 5 เนื่องจากกะหล่ำดอกเป็นพืชที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลสที่อยู่ในกลุ่มใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ [7] มีใยอาหารอยู่ร้อยละ 17.25 ส่วนในแป้งสาลีมีใยอาหารอยู่ร้อยละ 11 ผงกะหล่ำดอกที่วิเคราะห์ได้มีปริมาณเส้นใยอาหารมากกว่า เมื่อทดแทนผงกะหล่ำดอกลงในคุกกี้ดูเลปริมาณที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้คุกกี้ดูเลปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [3] ที่ศึกษาการทดแทนผงกะหล่ำดอกในขนมปังบาลาดีที่ร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 พบว่าการทดแทนผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมปังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และงานวิจัยของ [16] ที่ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในบิสกิตที่ร้อยละ 0 10 15 และ 20 พบว่าการทดแทนผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ใยอาหารในผลิตภัณฑ์บิสกิตเพิ่มขึ้น ( $p < 0.05$ )

## ตารางที่ 5 คุณภาพทางเคมีของคุกกี้ตุล

ลักษณะคุณภาพ	ปริมาณผงกะหล่ำดอกที่ทดแทนแป้งสาลี (ร้อยละ)			
	0	10	20	30
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	1.62±0.04 <sup>c</sup>	1.55±0.01 <sup>c</sup>	2.35±0.01 <sup>b</sup>	2.45±0.03 <sup>a</sup>
ปริมาณน้ำอิสระ	0.37±0.01 <sup>c</sup>	0.43±0.01 <sup>b</sup>	0.43±0.00 <sup>a</sup>	0.43±0.01 <sup>a</sup>
ปริมาณใยอาหาร (ร้อยละ)	1.50±0.34 <sup>c</sup>	1.81±0.03 <sup>c</sup>	3.02±0.77 <sup>b</sup>	4.80±0.77 <sup>a</sup>

<sup>a, b, c</sup> หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในแนวนอน

### 3. ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ตุล

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้ตุลที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกร้อยละ 0 10 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้งสาลีด้วยการให้คะแนนแบบ 9 Point Hedonic Scale โดยให้ผู้ทดสอบ 30 คน ประเมินความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบที่ได้ดังตารางที่ 6 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของคุกกี้ตุลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏที่ได้อยู่ในช่วง 7.23 - 7.30 คะแนน ซึ่งคะแนนดังกล่าวอยู่ในช่วงชอบปานกลาง โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของคุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกที่ร้อยละ 10 มากที่สุดเท่ากับ 7.30 (ชอบปานกลาง)

ผลการประเมินความชอบด้านสีพบว่าคุกกี้ตุลที่ทดแทน แป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกร้อยละ 0 10 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้งสาลีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยสูตรที่ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ การทดแทนปริมาณผงกะหล่ำดอกที่ร้อยละ 10 และ 20 ซึ่งมีคะแนนความชอบเท่ากับ 7.80 และ 7.77 (ชอบปานกลาง) อาจเกิดจากการทดแทนผงกะหล่ำดอกลงไปทำให้ลักษณะสีของคุกกี้ตุลมีความเป็นสีเหลืองอมน้ำตาลชัดเจนเพิ่มขึ้นจึงทำให้ได้รับคะแนนมากที่สุด และเมื่อทดแทนผงกะหล่ำดอกถึงร้อยละ 30 จะเห็นว่าคะแนนลดลงเนื่องจากสีน้ำตาลของคุกกี้ตุลเข้มเกินไป

ผลประเมินความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ และเนื้อสัมผัส พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลทำให้คะแนนความชอบของคุกกี้ตุลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกที่เพิ่มขึ้นทำให้มีกลิ่นรสของกะหล่ำดอกที่ฉุนเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ปกติพืชตระกูลกะหล่ำจะมีสาร S-methyl-L-cysteine Sulfoxide เมื่อรับประทานจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ Cysteine Lyases ที่ผลิตโดยเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในปากทำให้เกิดสาร Dimethyl Trisulfide ให้เกิดกลิ่นในผลิตภัณฑ์เมื่อชิม เช่นเดียวกับผลประเมินความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้คุกกี้ตุลมีเนื้อสัมผัสนุ่มลง อาจเนื่องมาจากใยอาหารที่พบในผงกะหล่ำดอกที่มีคุณสมบัติกักเก็บน้ำหรือความชื้นได้ดี ทำให้เนื้อสัมผัสของคุกกี้ตุลที่ทดแทนด้วยผงกะหล่ำดอก ร้อยละ 30 ได้รับการยอมรับน้อยที่สุดในระดับชอบเล็กน้อย (6.17 คะแนน)

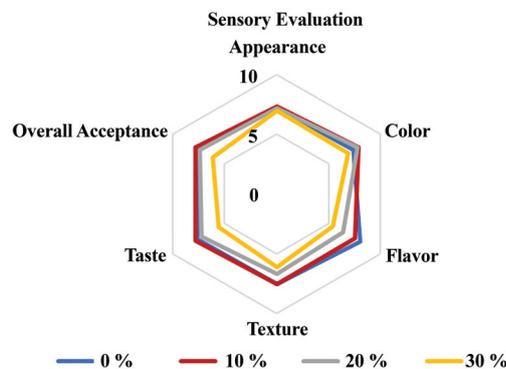
ผลประเมินความชอบโดยรวม พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลทำให้คะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมของคุกกี้ตุลที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังตารางที่ 6 และรูปที่ 4 แต่คุกกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกที่ร้อยละ 0 10 และ 20 ได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) คะแนนอยู่ในช่วง 7.37 - 7.67 (ชอบปานกลาง)

ตารางที่ 6 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ตุล

ลักษณะที่ทดสอบ	ปริมาณผงกะหล่ำดอกที่ทดแทนแป้งสาลี (ร้อยละ)			
	0	10	20	30
ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	7.23±0.73	7.30±0.75	7.27±0.64	7.27±0.74
สี	7.37±0.61 <sup>b</sup>	7.80±0.71 <sup>a</sup>	7.77±0.68 <sup>a</sup>	6.87±0.73 <sup>c</sup>
กลิ่นรส	8.37±0.61 <sup>a</sup>	7.50±0.68 <sup>b</sup>	6.40±0.62 <sup>c</sup>	5.37±0.67 <sup>d</sup>
เนื้อสัมผัส	7.60±0.72 <sup>a</sup>	7.57±0.73 <sup>a</sup>	7.00±0.83 <sup>b</sup>	6.17±0.70 <sup>c</sup>
รสชาติ	7.60±0.89 <sup>a</sup>	7.80±0.76 <sup>a</sup>	7.17±0.65 <sup>c</sup>	5.60±0.77 <sup>d</sup>
ความชอบโดยรวม	7.60±0.77 <sup>a</sup>	7.67±0.66 <sup>a</sup>	7.37±0.96 <sup>a</sup>	6.13±0.68 <sup>b</sup>

a, b,.... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในแนวนอน

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ในแนวนอน



รูปที่ 4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ตุล

### สรุปผลการทดลอง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผงกะหล่ำดอก โดยการลวกและไม่ลวก อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 70 °C พบว่าผงกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบแห้งที่ 50 °C มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ผงกะหล่ำดอกที่ผ่านการลวกและอบแห้งที่ 70 °C มีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด และมีปริมาณใยอาหารมากที่สุด และการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกในคุกกี้ตุล พบว่าเมื่อปริมาณผงกะหล่ำดอกเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของคุกกี้ตุลลดลง ส่วนค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความแข็ง (ความกรอบ) ของคุกกี้ตุลลดลง ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้การทดแทนผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่มากขึ้นทำให้คุกกี้ตุลมีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) และปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ปริมาณผงกะหล่ำดอกที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ตุล โดยการทดแทนผงกะหล่ำดอกในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้คุกกี้ตุลมีแนวโน้มที่จะได้รับคะแนนความชอบ ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ยกเว้นลักษณะปรากฏ ไม่มีความแตกต่าง ( $p > 0.05$ ) ดังนั้นคุกกี้ตุลสามารถทดแทนแป้งสาลีด้วยผงกะหล่ำดอกได้ถึงระดับร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้งสาลี

## References

- [1] Kulvitit, K. (2005). **Processing Handling of Cauliflower Before Storage, Rajamangala University of Technology**. Access (11 April 2024). Available (<https://library.oarit.rmuti.ac.th/lib/>)
- [2] Rattanaphan, W. (2022). **Cauliflower**. Access (17 May 2023). Available (<https://ihealzy.com/cauliflower/>)
- [3] Jiamjariyatam, R., Promphen, P., and Boonburapong, B. (2020). Development of Tuile from Banana Flour. **Burapha Science Journal**. Vol. 25, No. 2, pp. 464-481
- [4] Hegazy, A. E. and Ammar, M. S. (2019). Utilization of Cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. botrytis) Stem Flour in Improving Balady Bread Quality. **Al-Azhar Journal of Agricultural Research**. Vol. 44, No. 1, pp. 140-149. DOI: 10.21608/ajar.2019.59703
- [5] Leenanurak, S. (1998). **Fruit and Vegetable Processing**. Maejo University, Chiang Mai. p. 201
- [6] Allah, B. B., Xia, X., and Saghir, A. S. (2015). Proximate and Mineral Compositions of Dried Cauliflower (*Brassica Oleracea* L.) Grown In Sindh, Pakistan. **Journal of Food and Nutrition Research**. Vol. 3, No. 3, pp. 213-219. DOI: 10.12691/jfnr-3-3-14
- [7] Rattanpanone, N. (2002). **Food Chemistry**. Bangkok: Odeon Store Publishers
- [8] Changthog, N. and Chunthanom, P. (2017). The Effect of Seasoning Fried Log White Mushroom Processing on the Consumer Acceptance. **Khon Kaen Agriculture Journal**. Vol. 45, No. 1, pp. 1611-1616 (in Thai)
- [9] Charoenphun, N. and Meemuk, N. (2018). Effects of Different Blanching Methods on Quality of Orange Sweet Potatoes. **Journal of Science and Technology**. Vol. 26, No. 6, pp. 981-992 (in Thai)
- [10] Liaotrakun, W. and Liaotrakun, W. (2020). Effect of Pre - Treatments and Drying Temperatures on Physicochemical Properties and Microbial Counts of Dried Indigen Ous Vegetables. **Thai Science and Technology Journal**. Vol. 29, No. 1, pp. 134-147 (in Thai)
- [11] Lim, E. J. and Kim, J. Y. (2009). Quality Characteristics of Cookies Added with Broccoli (*Brassica oleracea* var. italica Plenck) Powder. **Journal of the East Asian Society of Dietary Life**. Vol. 19, pp. 210-215
- [12] Deemmart, J., Boonprasid, N., Yamchomsuan, C., and Thiakson, S. (2018). Nutritional Supplementation Using Spinach Powder in Butter Cookies. **Udon Thani Rajabhat University Journal of Science and Technology**. Vol. 6, No. 2, pp. 43-52 (in Thai)
- [13] Kim, S. Y., O, H. B., Lee, P. R., and Kim, Y. S. (2018). Quality Characteristics, Antioxidant Activity and Sensory Properties of Cookies Added with Freekeh Powder. **Korean J. Culinary Res.** Vol. 24, No. 9, pp. 18-29
- [14] Cho, M. R. and Chung, H. J. (2019). Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Cookies Made with Black Carrot Powder. **Journal of the Korean Society of Food Culture**. Vol. 34, Issue 5, pp. 612-619. DOI: 10.7318/KJFC/2019.34.5.612
- [15] Khumkhom, S. (2018). Effect of Additional Dried Sesbania (*Sesbania Javanica* MIQ) Flower Powder on Physical, Nutritional and Organoleptic Characteristics of Butte Cookies. **Phranak Rajabhat Research (Science and Technology)**. Vol. 13, No. 1, pp. 139-154 (in Thai)
- [16] Ribeiro, T. C., Abreu, J. P., Freitas, M. C. J., Pumar, M., and Teodoro, A. J. (2015). Substitution of Wheat Flour with Cauliflower Flour in Bakery Products: Effects on Chemical, Physical, Antioxidant Properties and Sensory Analyses. **International Food Research Journal**. Vol. 22, No. 2, pp. 532-538