สาหร่ายเทียมจากใบไชยา

The Artificial Seaweed from Chaiya Leaf

จิราภรณ์ แก่นท้าว ธิดารัตน์ สีสด และ ชุติมา ทองแก้ว*

Jiraporn Ganetao, Thidarath Srisod, and Chutima Thongkaew*

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University

*E-mail : chutima.t@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยา โดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์เป็นสารเชื่อมประสาน 2 ชนิด ได้แก่ แซนแทนกัม และ กัวร์กัม (ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3% w/w) สาหร่ายเทียมถูกเตรียมจากผักไชยาบดผสมน้ำแล้วนำมาทำแห้งแบบถาด โดยมีอุณหภูมิในการอบแห้งอยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส เวลา 4-7 ชั่วโมง และเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าสี ค่าความกรอบ ค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และลักษณะความเป็นรูพรุน พบว่า การเติมสารแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.1% ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะที่ดีกว่าการเติมสารกัวร์กัมเนื่องจากมีค่าความกรอบสูงที่สุดและมีลักษณะเป็นรูพรุนมากกว่า ส่วนค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกัน จากนั้นนำไปศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยาทั้งหมด 7 สูตร โดยมีส่วนผสม ได้แก่ น้ำตาล (50-100%) เกลือ (0-50%) พริกไทย (0-50%) โดยใช้ mixture design จากนั้นนำสาหร่ายเทียมจากผักไชยามาวิเคราะห์ค่าสี ค่าความกรอบ ค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระและทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน พบว่าสูตรที่ 2 (น้ำตาล 50% และ พริกไทย 50%) มีปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นสูงที่สุด สูตรที่ 2 และ 3 มีค่าความแข็ง (Hardness) ต่ำสุด (บ่งบอกว่ามีความกรอบมาก) ส่วนคะแนนด้านประสาทสัมผัสพบว่าค่าความชอบโดยรวมและลักษณะปรากฏไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสูตร เมื่อพิจารณาจากคะแนนด้านความกรอบและรสชาติ พบว่า สูตรที่น่าจะเป็นสูตรต้นแบบของการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยา คือ สูตรที่ 4 ซึ่งมีส่วนผสมคือ น้ำตาล 100%

คำสำคัญ : ผักไชยา แซนแทนกัม กัวร์กัม สาหร่าย

Abstract

This research aims to study the production process of artificial seaweed from Chaiya leaf. Two types of hydrocolloids including xanthan gum and guar gum (0.1, 0.2, 0.3% w/w) were used as the binder. The artificial seaweed was prepared from minced Chaiya leaf with water and dried using a tray drier at a drying temperature was 70 °C for 4-7 hours. Then, color, crispness, moisture, free water content, and porosity were evaluated. The results showed that the addition of 0.1% xanthan gum presented a better product characteristic than the addition of guar gum because of the highest crispness and more porosity. Furthermore, the appropriate formulas for producing artificial seaweed were studied by using a mixture design program. The ingredients composed of Chaiya leaf (fixed), sugar (50-100%), salt (0-50%), and pepper (0-50%) were formulated into 7 recipes. All formulated artificial seaweeds were analyzed for color, crispness, moisture content, a_w, and sensory evaluation also evaluated by using the 9-point hedonic scale with 10

trained panelists. We found that recipe No.2 (contains 50% sugar and 50% pepper) presented the highest water content and a_w, whereas recipes No. 2 and 3 displayed the lowest hardness which indicated that these recipes had the highest crispiness. However, the sensory test especially the overall acceptance and the characteristic of all recipes were not different. When considering the crispiness and taste scores we found that the formula that is probably can be the prototype of artificial seaweed production from Chaiya vegetables is formula 4 which contains an ingredient of 100% sugar.

Keywords : Chaya, Xanthan Gum, Guar Gum, Seaweed

บทนำ

ผักไชยา (Chaiya) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) *I.M.Johnst* มีชื่อสามัญหลายอย่าง เช่น ต้นชายา, ต้นมะละกอกินใบ, ต้นคะน้าเม็กซิกัน, และต้นผงชูรส เป็นต้น ผักไชยาจัดเป็นพืชท้องถิ่นแถบอเมริกาใต้ เชื่อว่ามีถิ่นกำเนิดในคาบมหาสมุทรยูกาตันของประเทศเม็กซิโก ต้นไชยาได้นำเข้ามาในประเทศไทยประมาณ 10 ปี ต้นไชยาเป็นไม้พุ่มชนิดหนึ่งลักษณะใบมีสีเขียวคล้ายใบมะละกอเมื่อเด็ดออกมาจะมียางสีขาว ลำต้นสามารถสูงได้ถึง 6 เมตร ใบมีลักษณะเป็นแฉกตั้งแต่ 3 แฉกขึ้นไป ปลูกได้ง่ายทนต่อสภาพอากาศ ทนฝน ทนแล้งและทนต่อการทำลายของแมลงได้เป็นอย่างดี มีรสชาติที่ขม ไม่มีกลิ่นเหม็นเขียว และมีรสชาติหวาน เป็นแหล่งของโปรตีน วิตามิน แคลเซียม โพแทสเซียม และเหล็ก ทั้งยังเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (Kongphapa et al., 2021) ซึ่งได้รับความนิยมนำมาปรุงเป็นอาหาร เช่น ผัดและลวกจิ้มน้ำพริก เป็นต้น แต่รูปแบบการนำมาบริโภคยังมีจำกัดและไม่หลากหลาย สำหรับตลาดขนมขบเคี้ยวในประเทศไทยนั้นพบว่าขนมขบเคี้ยวประเภทสาหร่ายมีส่วนแบ่งการตลาดประมาณ 7.1% คิดเป็นมูลค่า 2,929 ล้านบาท และจัดอยู่ในอันดับที่ 5 ของขนมขบเคี้ยว (https://www.marketthink.co/14759) ซึ่งผลิตจากสาหร่ายทะเล (Seaweed) ซึ่งเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่พบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติจัดเป็นพืชชั้นต่ำและสาหร่ายมีมีท่อลำเลียงอาหารจากรากสู่ลำต้น (อัญชุลี, 2559) ไม่มีส่วนที่เป็นราก ลำต้น และใบที่แท้จริง สาหร่ายมีแหล่งที่อยู่อาศัยได้หลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็น แพลงกตอน์ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำหรือยึดติดกับพื้นทะเล นอกจากนี้ยังอาศัยอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในลักษณะความสัมพันธ์แบบพึ่งพา เช่น ไลเคน ซึ่งเป็นสาหร่ายที่ดำรงชีวิตร่วมกันเป็นต้น (สรวิศ, 2543) สาหร่ายมีประโยชน์มากมาย โดยชาวจีนเป็นชนชาติแรกที่รู้จักนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ในการนำมาประกอบเป็นอาหารและยังมีประเทศอื่น ๆ ที่นิยมนำสาหร่ายมาใช้เป็นอาหารกันมาก เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี ฟิลิปปินส์ ฯลฯ นอกจากนี้ สาหร่ายยังมีประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น ยา อาหารสัตว์ ปุ๋ย และอุตสาหกรรม ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าสาหร่ายและผลิตภัณฑ์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนไทยมากขึ้นโดยเฉพาะด้าน อาหาร ไม่ว่าจะเป็นอาหารจีน อาหารญี่ปุ่น วุ้น คาร์ราจีแนน หรือแม้กระทั้งการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561)

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบสาหร่ายอบกรอบจากใบไชยาโดยหาสารเชื่อมประสานที่เหมาะสมและหาสูตรเบื้องต้นในการทำสาหร่ายเทียมจากใบไชยา

วิธีการวิจัย

1. การคัดเลือกวัตถุดิบ

ใช้ผักไชยาสายพันธุ์ 5 แฉก จากตำบลโคกศิลา อำเภอเจริญศิลป์ จ.สกลนคร โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

1.1 ขนาดของใบผักไชยา ขนาดเส้นรอบวง 5-8 เซนติเมตร

1.2 วัดค่าสีโดยเปรียบเทียบจาก Color Chart เบอร์ 008800

1.3 ลักษณะของใบไชยาจะต้องสมบูรณ์ใบไม่มีรอยฉีกขาดไม่เป็นรูใบไชยาและไม่เป็นรอยด่าง

1.4 ลักษณะการเลือกเก็บใบไชยาจากต้น นับจากยอดลงมาระดับใบที่ 3 นับจากยอดลงมา

1.5 อายุของต้นไชยาที่มานำใช้ในการศึกษาต้องมีอายุตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป

2. การเตรียมวัตถุดิบ

คัดเลือกผักไชยาจากข้อ 1 นำไปลวกที่อุณหภูมิประมาณ 90± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ทำให้เย็นด้วยน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ บรรจุลงในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ 300 กรัม แล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์

3. ศึกษากระบวนการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยา

หั่นผักขนาดกว้าง X ยาว ประมาณ 2 ซม. X 2 ซม.บดด้วยเครื่องปั่นความเร็วระดับสูงสุด ประมาณ 2-3 นาที ผสมกับสารไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ แซนแทนกัม และ กัวร์กัม เข้มข้น 0.1 0.2 0.3 % (%w) เทใส่ถาดให้มีความหนาประมาณ 2-3 ซม. อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 4-7 ชั่วโมง

3.1 วิเคราะห์คุณภาพสาหร่ายเทียมจากผักไชยา

3.1.1 ค่าสีในระบบสี CIE L*a*b* โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น color flex, USA

3.1.2 ค่าความกรอบ (Hardness) โดยใช้ เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ LLOYD รุ่น model LR 5K Series, UK load Cell 50 N. ใช้หัวทดสอบแบบ p/0.5 Ball probe ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm.

3.1.3 ลักษณะความเป็นรูพรุนด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ รุ่น : OLYMPUS SZ2 series, Japan

3.1.4 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity; a_w)

3.1.5 ค่าความชื้น (AOAC, 2000)

4. การหาส่วนประกอบที่เหมาะสมในการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยา

เลือกความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมมา 1 ความเข้มข้น (โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำอิสระและความชื้นต่ำ ให้ค่าความกรอบสูง มีความเป็นรูพรุนสูง) เพื่อไปผสมกับส่วนประกอบตามตารางที่ 1 จากนั้นนำผักแผ่นที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-7 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ตามข้อ 3.1 และทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scales เนื่องจากสถานการณ์ Covid-19 ระบาดจึงจำกัดผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน เลือกสูตรที่ดีที่สุดมาวิเคราะห์ตามข้อ 5.1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสาหร่ายเทียมจากผักไชยา (สัดส่วน%)

สูตร	น้ำตาล	เกลือ	พริกไทย
1	75	0	25
2	50	0	50
3	66.67	16.67	16.67
4	100	0	0
5	50	50	0
6	50	25	25
7	75	25	0

5. วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS โดยมีการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความ แตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพสาหร่ายเทียมจากผักไชยา

เมื่อศึกษากระบวนการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยาโดยมีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดคือ แซนแทนกัม (Xanthan gum, Xg) และ กัวร์กัม (Guar gum, Gg) ระดับความเข้มข้นที่ 0.1, 0.2, 0.3% จากนั้นนำไปปั่นผสมกับผักไชยาและน้ำในอัตราส่วน 1: 2 นำส่วนที่ปั่นละเอียดมาเทลงในถาดด้วยความหนา 2-5 มิลลิเมตรและเข้าอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-7 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ค่าความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 10% ซึ่งในกระบวนการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยาในตัวอย่างในการทดสอบทั้งหมด 7 ตัวอย่าง ได้แก่ Control = ผักไชยาที่ไม่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ , Xg 0.1 = เติมแซนแทนกัมความเข้มข้น 0.1 % , Xg 0.2 = เติมแซนแทนกัมความเข้มข้น 0.2 % , Xg 0.3 = เติมแซนแทนกัมความเข้มข้น 0.3 % , Gg 0.1 = เติมกัวร์กัมความเข้มข้น 0.1% , Gg 0.2 = เติมกัวร์กัวความเข้มข้น 0.2% , Gg 0.3 = เติมกัวร์กัมความเข้มข้น 0.3% โดยเมื่อผ่านการอบแห้ง นำสาหร่ายเทียมจากผักไชยามาวิเคราะห์ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ สี และความกรอบ ให้ผลดังตารางที่ 2 โดยพบว่าผักไชยาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดคือ แซนแทนกัม (Xanthan gum) และ กัวร์กัม (Guar gum) ระดับความเข้มข้นที่ 0.1, 0.2, 0.3% จะมีปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นต่ำกว่าตัวอย่างชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์และมีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอย่างที่มีการเติมแซนแทนกัมและกัวร์กัมมีปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นที่ค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองชนิดมีความสามารถในการจับกับน้ำสูง ดังนั้นเมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์ลงไปในผัก อาจส่งผลให้ไฮโดรคอลลอยด์ไปแย่งจับโครงสร้างในผัก เมื่อนำมาระเหยจึงปลดปล่อยน้ำอิสระออกไปได้มากกว่าผักที่ไม่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ จากงานวิจัยของ Ciurzynska et al. (2020) พบว่า เค้กผักที่มีการเติมแซนแทนกัมร่วมกับโลกัสบีนกัมทำให้มีปริมาณของน้ำอิสระของเค้กมีปริมาณน้อย เนื่องจากแซนแทนกันและโลกัสบีนกันมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ แต่ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์และปริมาณการเติมที่ต่างกันส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระในเค้กมีค่าต่างกันและอีกเหตุผลหนึ่งคือผักแต่ละชนิดที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบมีปริมาณน้ำอิสระที่แตกต่างกัน

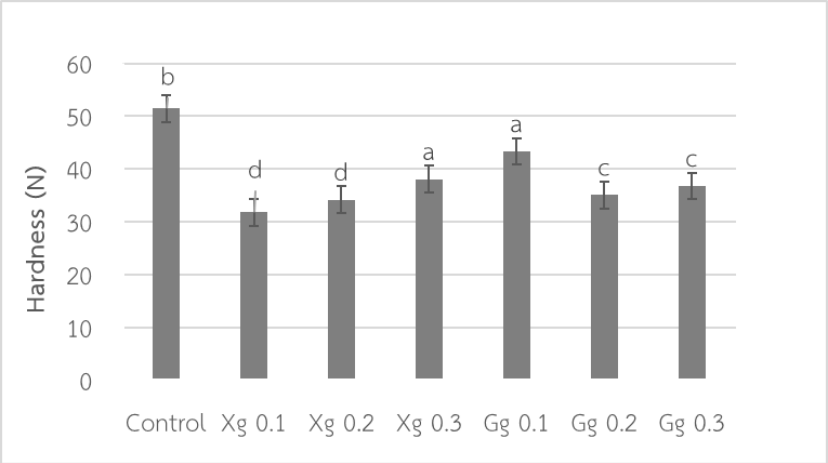
ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น และค่าสีของสาหร่ายจากผักไชยาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์

สูตร	ปริมาณน้ำอิสระ	ความชื้น (%)	L*	a* ^{ns}	b*
Control	0.58±0.01^{a*}	7.36±0.20^{a}	25.52±0.53^{b}	-5.84±0.40	12.85±0.85^{ab}
Xg 0.1	0.37±0.01^{c}	4.83±0.02^{b}	26.32±0.25^{a}	-5.81±1.40	13.47±1.94^{a}
Xg 0.2	0.33±0.01^{e}	4.71±0.35^{b}	26.03±0.44^{b}	-5.60±0.34	11.63±0.88^{ab}
Xg 0.3	0.35±0.02^{d}	4.36±0.23^{c}	27.14±0.40^{a}	-5.53±0.27	12.53±0.70^{ab}
Gg 0.1	0.37±0.00^{c}	4.32±0.12^{c}	25.86±0.59^{b}	-5.31±0.05	11.41±0.49^{b}
Gg 0.2	0.34±0.01^{e}	4.34±0.16^{c}	25.66±0.95^{b}	-5.10±0.33	10.96±1.03^{b}
Gg 0.3	0.40±0.01^{b}	4.30±0.09^{c}	25.71±0.39^{b}	-5.38±0.17	12.80±0.28^{ab}

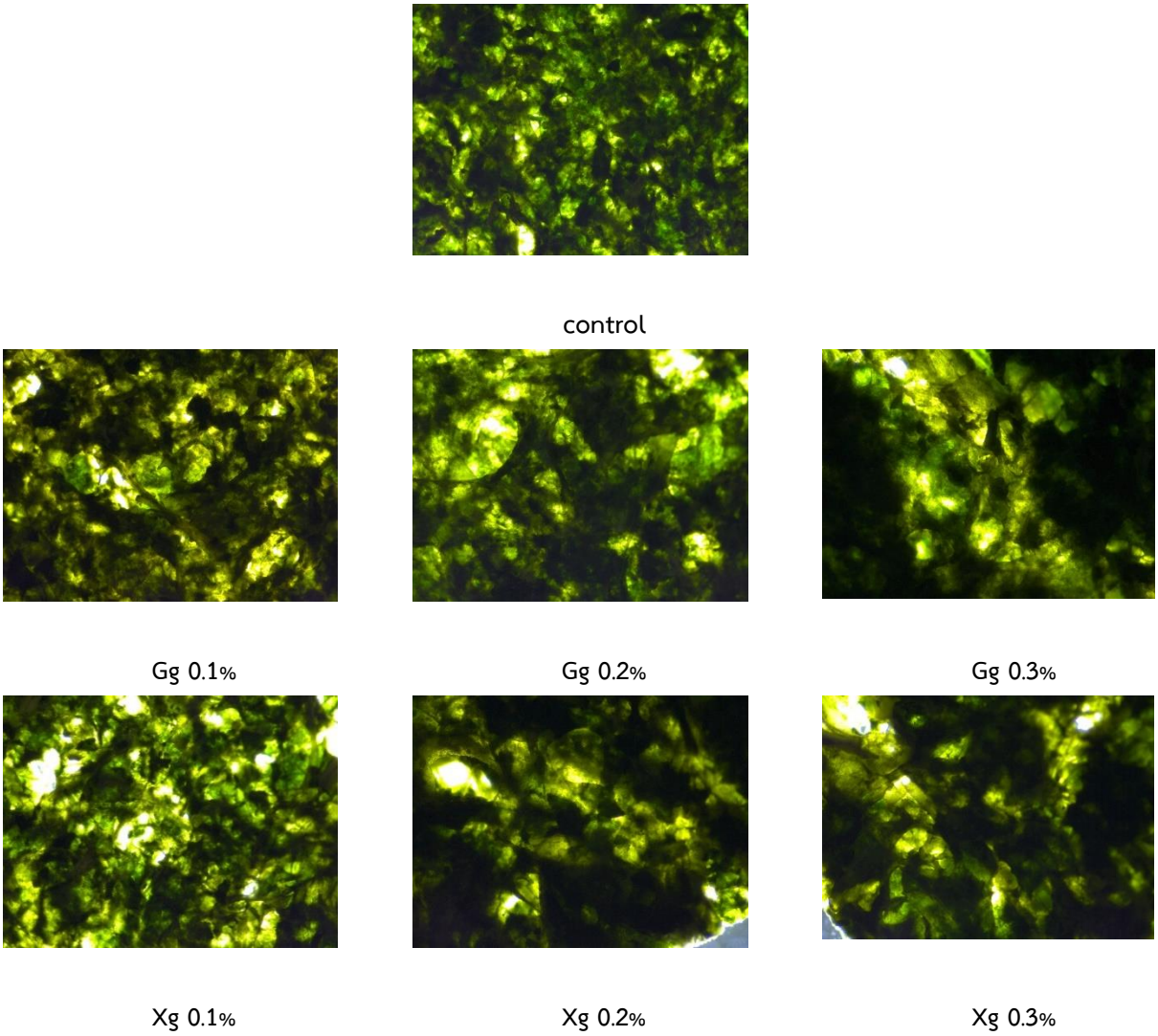
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$); ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$), Xg 0.1 = แซนแทนกัมความเข้มข้น 0.1%, Xg 0.2 = การเติมแซนแทนกัม 0.2%, Xg 0.3 = การเติมแซนแทนกัม 0.3% Gg 0.1 = การเติมกัวร์กัม 0.1% , Gg 0.2 = การเติมกัวร์กัม 0.2% , Gg 0.3 = การเติมกัวร์กัม 0.3 %

สีของสาหร่ายเทียมจากผักไชยาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด ให้ผลดังตารางที่ 2 โดยพบว่า ค่า L* ของตัวอย่างที่มีการเติมแซนแทนกัมและกัวร์กัมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวอย่างที่มีการเติมแซนแทนกัมจะมีค่า L* สูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมกัวร์กัมและค่า a* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกตัวอย่าง และส่วนใหญ่ตัวอย่างที่มีการเติมแซนแทนกัมจะมีค่า b* สูงกว่าตัวอย่างที่มีการเติมกัวร์กัมยกเว้นที่เติมกัวร์กัม 0.3% ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 2 ชนิดที่เติมในการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยาไม่มีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์สาหร่ายเทียมจากผักไชยา

สำหรับค่าความกรอบของสาหร่ายเทียมจากผักไชยาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด พบว่าค่าความกรอบของสาหร่ายเทียมมีความแตกต่างกันในบางตัวอย่าง (ภาพที่ 1) โดยตัวอย่างที่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่า Hardness ต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้เติมไฮโดรคอลลอยด์ (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวอย่างที่มีการเติมแซนแทนกัมมีค่า Hardness ต่ำกว่าตัวอย่างที่มีการเติมกัมร์กัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า Hardness บ่งบอกความกรอบของสาหร่ายเทียมจากผักไชยา คือ หากมีค่า Hardness ต่ำบ่งบอกว่าสาหร่ายเทียมมีค่าความกรอบสูง จากงานวิจัยของ Ciurzynska et al. (2020) เมื่อนำเค้กผักที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มาทดสอบแรงกด พบว่าเค้กผักที่มีส่วนผสมของแซนแทนกัมร่วมกับโลกัสบีนกัม จะมีค่าความแข็งต่ำ (6.42-6.65 N) ซึ่งบ่งบอกถึงโครงสร้างภายในที่มีความละเอียดอ่อนเปราะบางและมีการกระจายของรูพรุนไม่สม่ำเสมอ ซึ่งบ่งบอกถึงความกรอบของเค้กผัก ดังนั้นการเติมแซนแทนกัมที่ในเค้กผักจะมีผลช่วยปรับปรุงโครงสร้างของเค้กผักให้มีรูปร่างขนาดที่แข็งแรงแตกต่างกันตามปริมาณแซนแทนกัมที่เติมและชนิดของไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อโครงสร้างของเนื้อเค้กผัก ลักษณะโครงสร้างของสาหร่ายเทียมแสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาความเป็นรูพรุนของสาหร่ายเทียมแต่ละตัวอย่างจะมีลักษณะที่ไม่แตกต่างกันมากนัก นั่นคือ ตัวอย่างชุดควบคุมซึ่งเป็นสาหร่ายเทียมที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์จะมีโครงที่เกาะกันแน่นมีช่องว่างน้อย ส่วนสาหร่ายเทียมที่เติมกัวกัมและแซนแทนกัมมีลักษณะโครงสร้างใกล้เคียงกันแต่เมื่อความเข้มข้นของสารไฮโดรคอลลอยด์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความเป็นรูพรุนของสาหร่ายเทียมลดลง การที่สาหร่ายเทียมมีความเป็นรูพรุนลดลงนั่นบ่งบอกว่า ไฮโดรคอลลอยด์ที่ความเข้มข้นสูงจะช่วยในการยึดเกาะโครงสร้างของสาหร่ายเทียมมากขึ้น แต่เมื่อการมีรูพรุนลดลงก็จะสัมพันธ์กับความกรอบของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ความเป็นรูพรุนมากจะมีความกรอบมาก หรือมีค่า Hardness ต่ำนั่นเอง (สัมพันธ์กับค่า Hardness ในภาพที่ 1) ดังนั้น การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองชนิดทำให้แผ่นสาหร่ายเทียมมีความเป็นแผ่นและเนียนติดกันแต่อาจส่งผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์ได้



ภาพที่ 1 ค่า Hardness ของสาหร่ายเทียมจากผักไชยาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์



ภาพที่ 2 ลักษณะโครงสร้างของสาหร่ายเทียมจากผักไชยาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์เมื่อส่องด้วยกล้องสเตอริโอกำลังขยาย 40x

2. สูตรที่เหมาะสมในการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยา

จากการศึกษากระบวนการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยาที่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดคือ แซนแทนกัม (Xanthan gum) และ กัวร์กัม (Guar gum) ที่ระดับความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3% ในการทดลองที่ 1 พบว่าแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้น 0.1% เป็นไฮโดรคอลลอย์ที่เหมาะสมในการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยา จากนั้นนำแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้น 0.1% ไปผสมกับส่วนประกอบตามตารางที่ 1 ซึ่งสูตรจะมีส่วนผสมหลักคือ น้ำตาล เกลือและพริกไทย โดยใช้ Mixture design และจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-7 ชั่วโมง แล้วทดสอบความชื้น สี ความกรอบ และทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยา เมื่อนำสาหร่ายเทียมจากผักไชยาทั้ง 7 สูตรที่ผ่านการทำแห้งแล้วมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้น (ตารางที่ 3) พบว่าปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นของตัวอย่างทั้ง 7 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Control) กล่าวคือชุดควบคุมมีปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นที่สูงกว่าทั้ง 7 สูตร อาจเกิดจากในการเติมเครื่องปรุง (ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ) ลงไปในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทำให้สัดส่วนของปริมาณน้ำอิสระลดลงเนื่องจากเครื่องปรุงที่เป็นของแห้งเหล่านั้นไปจะไปแย่งจับกับน้ำอิสระที่อยู่ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์แต่เมื่อเติมน้ำตาลและเกลือในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความชื้น

ในระบบและปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นได้อาจเนื่องจากการมีประจุของน้ำตาลและเกลือจะไปจับกับประจุของน้ำทำให้รักษาน้ำอิสระในโครงสร้างของผักไม่ให้ระเหยออกไป วัฒนาและคณะ (ม.ป.ป.) ศึกษาชนิดของสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส 3 ชนิดคือ อาการ์, คาราจีแนน และ กลีเซอรีน และปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสเป็น 2 ระดับคือ 0.5 และ 1% พบว่า ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักคะน้าและผักตำลึงแต่ละสิ่งทดลองมีค่า a_w, ความชื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส (อาการ์, คาราจีแนน และ กลีเซอรีน) ไม่มีผลต่อค่า a_w แต่ในส่วนของค่าความชื้นพบว่าการเติม กลีเซอรีนทำให้ค่าความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลีเซอรีนมีคุณสมบัติในการเป็น Hydrophilic จึงทำให้สิ่งทดลองที่ทำการเติมกลีเซอรีนมีค่าความชื้นมากกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ

สีของสาหร่ายเทียมจากผักไชยาทั้ง 7 สูตร (ตารางที่ 3) จะค่อนข้างใกล้เคียงกันเมื่อมองด้วตาเปล่า (ไม่แสดงผล) แต่เมื่อวิเคระห์ค่าสีกลับพบว่าค่า L* และ a* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Control) คือค่า L* ของสาหร่ายเทียมทั้ง 7 สูตรมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม ซึ่งบ่งบอกว่าสาหร่ายเทียมชุดควบคุมมีความเป็นสีเขียวเข้มมากกว่าทั้ง 7 สูตร และค่า b* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องการเติมน้ำตาลและเกลือมีผลทำให้ปริมาณน้ำที่หลงเหลือในสาหร่ายเทียมค่อนข้างสูงกว่าชุดควบคุมจึงต้องใช้เวลาการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานกว่าจึงอาจมีผลทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็นฟีโอไฟตินที่ให้สีเขียวอมน้ำตาล (นิธิยา, 2553) หรืออาจเกิดจากการเติมน้ำตาลลงในผักเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดจึงส่งผลให้สีของผักมีสีที่เข้มขึ้น ปาลิดาและคณะ (2561) ได้ศึกษาอัตราส่วนใบบัวต่อน้ำที่ 1: 2.5, 1: 3 และ 1: 3.5 (w/v) ในการทำใบบัวแผ่นปรุงรส และใช้อัตราส่วนของเครื่องปรุงรสเป็นร้อยละของปริมาณน้ำที่ใช้ โดยปรุงรสด้วยแป้งมันสำปะหลัง น้ำตาลทราย เกลือป่น ซีอิ๊วขาว พริกป่น และพริกไทยร้อยละ 16, 1.2, 0.2, 0.2, 0.2 และ 0.1 (w/v) ตามลำดับ และนำส่วนผสมไปขึ้นรูปและอบแห้งก่อนนำไปทอดและนำไปวัดค่าสีพบว่าผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นทอดกรอบที่มีอัตราส่วนของน้ำเพิ่มมากขึ้นและมีส่วนประกอบทั้งหมดเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น โดยมีค่าสีเขียวลดลงตามลำดับ

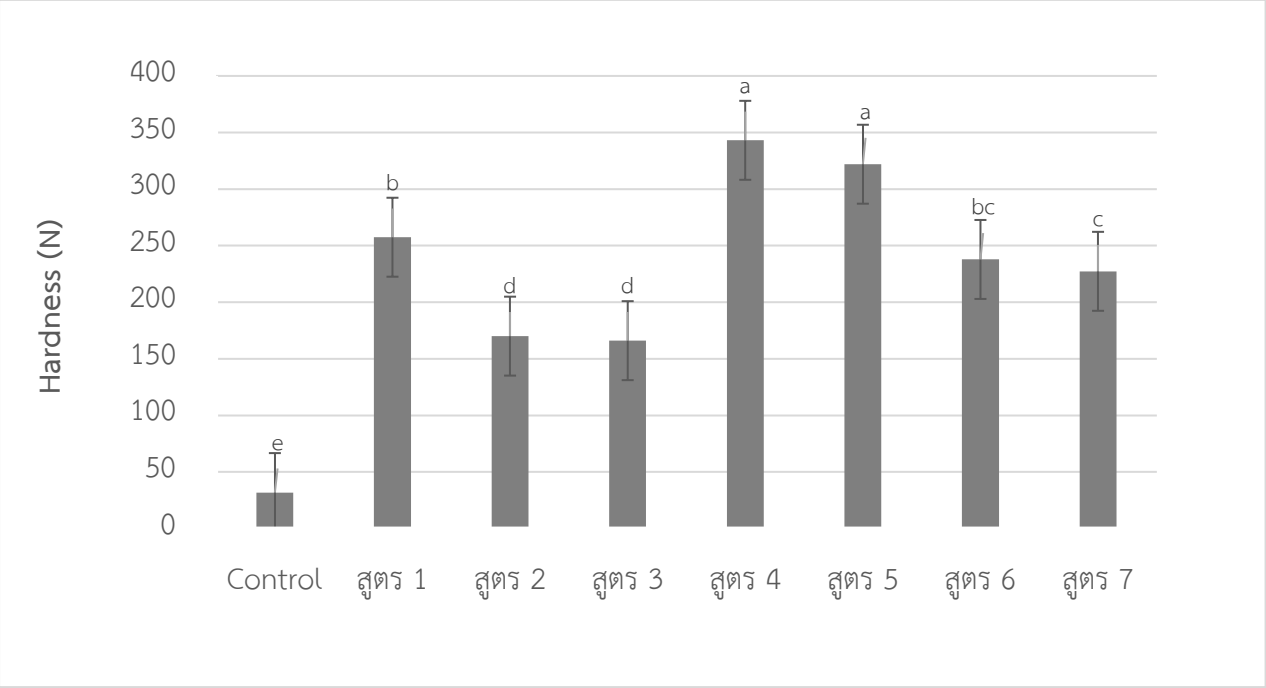
ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น และค่าสีของสาหร่ายเทียมจากผักไชยาทั้ง 7 สูตร

สูตร	ปริมาณน้ำอิสระ	ความชื้น (%)	L*	a*	b*
Control	0.37 ± 0.01^{a}	4.83 ± 0.02^{a}	26.32 ± 0.25^{a}	-5.81 ± 1.40^{a}	13.47 ± 1.94^{a}
สูตร 1	0.27 ± 0.00^{c}	3.06 ± 0.02^{b}	28.03 ± 0.04^{a}	-3.63 ± 0.05^{c}	13.55 ± 0.25^{ab}
สูตร 2	0.36 ± 0.00^{b}	3.65 ± 1.47^{b}	24.73 ± 0.04^{c}	-2.18 ± 0.06^{f}	14.53 ± 0.16^{a}
สูตร 3	0.25 ± 0.00^{d}	3.40 ± 0.07^{b}	20.17 ± 0.05^{e}	-3.55 ± 0.32^{c}	12.10 ± 0.54^{b}
สูตร 4	0.23 ± 0.01^{f}	1.72 ± 0.09^{c}	20.32 ± 0.15^{e}	-2.82 ± 0.23^{e}	12.17 ± 1.08^{b}
สูตร 5	0.23 ± 0.00^{ef}	1.39 ± 0.43^{c}	26.07 ± 0.01^{b}	-5.52 ± 0.14^{b}	14.33 ± 0.82^{ab}
สูตร 6	0.24 ± 0.00^{e}	1.57 ± 0.01^{c}	21.71 ± 0.13^{d}	-2.75 ± 0.38^{e}	8.92 ± 1.53^{c}
สูตร 7	0.24 ± 0.00^{e}	1.61 ± 0.07^{c}	19.52 ± 0.46^{f}	-3.03 ± 0.51^{d}	7.99 ± 2.67^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าความกรอบ (ซึ่งวัดออกมาเป็นค่า hardness) ของสาหร่ายเทียมจากผักไชยาทั้ง 7 สูตร (ภาพที่ 3) พบว่า มีความแตกต่างกันจากชุดควบคุม (Control) โดยค่า Hardness ของสาหร่ายเทียมทั้ง 7 สูตรมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมซึ่งบ่งบอกว่าสาหร่ายเทียมชุดควบคุม (Control) มีความกรอบมากกว่า และพบว่าสาหร่ายเทียมในสูตรที่ 2 และ 3 ซึ่งมีค่า Hardness ต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสูตรที่ 2 และ 3 ซึ่งแสดงว่าสาหร่ายเทียมทั้งสองสูตรนี้มีความกรอบสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ซึ่งการเติมเครื่องปรุง เช่น น้ำตาล เกลือ และพริกไทย ลงในผักบดนั้นเป็นการเพิ่มสัดส่วนของแข็งในผักและมีผลต่อความกรอบของผัก เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ปาริดาและคณะ (2561) พบว่าอัตราส่วนใบบัวต่อน้ำที่

1:3.5 (w/v) พริกไทยป่น 0.1% พริกป่น 0.2% เกลือ 0.2% น้ำตาลทราย 1.2% ซีอิ๊วขาว 0.2% และแป้งมันสำปะหลัง 16% จะทำให้ใบบัวแผ่นจะมีค่าความแข็งมากขึ้นเมื่อมีอัตราส่วนของน้ำมากขึ้นเนื่องจากมีปริมาณไฟเบอร์ลดลงทำให้ความเหนียวของแผ่นใบบัวลดลง



ภาพที่ 3 ค่า Hardness ของสาหร่ายเทียมจากผักไชยาทั้ง 7 สูตร

จากนั้นนำสาหร่ายเทียมทั้ง 7 สูตร มาทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale จากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนทั้งหมด 10 คน (ตารางที่ 4) พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และคะแนนความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คะแนนด้านรสชาติและความกรอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรที่ 7 มีคะแนนด้านรสชาติสูงที่สุด (6.40) ส่วนสูตรที่ 4 มีคะแนนความกรอบสูงที่สุด (7.20) และเมื่อพิจารณาการทดสอบทุกปัจจัยโดยรวมพบว่าสูตรที่ 4 มีคะแนนสูงที่สุดจึงเหมาะสมที่ใช้สูตรนี้เป็นสูตรต้นแบบในการพัฒนาสาหร่ายเทียมต่อไปในอนาคต เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ อนุวัตรและคณะ (2548) ที่ได้ทำการทดลองการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นโดยนำผักคะน้าบดผสมกับน้ำสะอาดด้วยอัตราส่วน 1: 2.5 ปรุงรสด้วยน้ำตาล เกลือ ซีอิ๊วขาว พริกป่น พริกไทยและแป้งสาลี ร้อยละ 6, 0.7, 0.4, 0.05, 0.1 และ 1 ตามลำดับ และนำไปอบแห้งและบรรจุ พบว่าคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางแสดงว่า ผู้ทดสอบมีค่าการยอมรับผักแผ่นปรุงรสในระดับค่อนข้างสูง

ตารางที่ 4 ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของสาหร่ายเทียมจากผักไชยา 7 สูตร

สูตร	ลักษณะปรากฏ^{ns}	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม^{ns}
1	6.80±1.23	5.70±1.25	5.20±1.14	4.50±0.85^{b}	5.20±1.87^{b}	5.00±1.33
2	5.80±1.48	5.70±0.95	5.20±0.79	4.40±1.65^{b}	5.20±1.69^{b}	5.40±1.51
3	6.10±1.73	5.70±1.57	5.70±1.06	4.80±2.10^{ab}	5.40±1.51^{b}	5.30±1.49
4	6.20±1.32	6.10±1.37	5.80±1.32	5.50±1.51^{ab}	7.20±1.32^{a}	6.60±1.35
5	5.90±1.20	6.00±1.41	5.20±1.69	4.10±2.92^{b}	5.70±1.77^{ab}	5.10±2.38
6	6.10±1.37	5.30±1.42	5.10±1.52	5.40±1.43^{ab}	5.70±1.64^{ab}	6.10±1.73
7	6.20±1.40	6.60±1.43	5.80±1.40	6.40±1.43^{a}	6.20±1.81^{ab}	6.30±1.64

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$); ns หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยาที่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดคือ แซนแทนกัม (Xanthan gum) และ กัวร์กัม (Guar gum) ที่ระดับความเข้มข้น 0.1, 0.2 , 0.3% พบว่าแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้น 0.1% เป็นไฮโดรคอลลอย์ที่เหมาะสมในการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยา และในการผลิตสาหร่ายเทียมจากผักไชยาที่มีการเติมส่วนประกอบของ เกลือ น้ำตาล พริกไทยป่น ทั้งหมด 7 สูตร พบว่าสูตรที่ 4 ที่มีส่วนประกอบของน้ำตาลเพียงอย่างเดียวเป็นสูตรที่ดีที่สุดและมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2553). *เคมีอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์, อินทิรา ลิจันทร์พร และนันท์ชนก นันทะไชย. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นทอดกรอบ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, *49*(2 พิเศษ), 657-660.

วัฒนา ดำรงรัตน์กุล, อนุวัตร แจ้งชัด และกมลวรรณ แจ้งชัด. (ม.ป.ป.). *การพัฒนาผักแผ่นจากผักคะน้าและผักตำลึง.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน.

สรวิศ เผ่าทองสุข. (2543). *ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในประเทศไทย.* กรุงเทพฯ: อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2561). *“สาหร่าย” พืชมหัศจรรย์ สารพันประโยชน์.* http://www.dmcr.go.th/download/new_8_7.pdf. สืบค้นวันที่ 15 มีนาคม 2565.

อนุวัตร แจ้งชัด, สุจีบังอร เข็มทอง, สุกัญญา วงวาท และรัชนีกร กิติศิริมงคล. (2548). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่น. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43* (น. 603-609.)

อัญชุลี เลิศสงคราม. (2559). https://www2.gpo.or.th/Portals/6/Newsletter/RDINewsYr23No2-4.pdf.

AOAC. (2000). *Offical of Association of Analytical Chemmists*. (17th ed.). Washington D.C.: Association of Analytical Chemmists.

Ciurzynska, A., Marczak, W., Lenart, A. and Janowicz, M. (2020). Production of innovative freeze-drying vegetable snacks with hydrocolloids in terms of technological process and carbon footprint calculation. *Food Hydrocolloids*, *108.*

Kongphapa, J., Chupanit, P., Anutrakulchai, S., Cha'on, U. and Pasuwan, P. (2021). Nutritional and phytochemical properties of Chaya leaves (Cnidoscolus chayamansa Mc Vaugh) planted in Northeastern Thailand. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology, 27*(1), 1-10. https://doi.org/10.14456/apst.2022.5