การพัฒนาสารทดแทนเกลือเพื่อลดปริมาณโซเดียม ในผลิตภัณฑ์ซุปเห็ดสำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

Development of salt substitute for reduction of sodium in ready to eat mushroom soup and snack foods

9

วรรณดี มหรรณพกุล[1*] , จันทร์ฉาย ยศศักดิ์ศรี[1**]
Wannadee Mahannopkul[1*], Janchay Yossaksri[1**]

บทคัดย่อ

การพัฒนาสารทดแทนเกลือนี้ใช้หลักการลดขนาดอนุภาคเกลือโซเดียม (NaCl) ให้อนุภาคมีขนาด 45 ไมครอน และนำไปผสมโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 (โดยน้ำหนัก) และทดสอบการยอมรับโดยชิมตัวอย่างน้ำเกลือโดยใช้วิธีการทดสอบ Triangle test ผู้ชิม 20 คน และคำนวณสถิติด้วย Chi-Square (X^2) พบว่า การทดสอบน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 1 ผู้ชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างตัวอย่างควบคุม (เกลือโซเดียม) กับสารทดแทนเกลืออัตราส่วน 1:1 และน้ำเกลือ ร้อยละ 2 ผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกเกลือโซเดียมกับสารทดแทนเกลือได้อัตราส่วน 1:1 และ 2:1 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) แต่ผู้ชิมสามารถแยกความแตกต่างระหว่างเกลือโซเดียมกับสารทดแทนเกลืออัตราส่วน 1:2 ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

สารทดแทนเกลือที่พัฒนาสูตร โดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ผสมกับโซเดียมคลอไรด์ อัตราส่วน 60:40, 65:35และ 70:30 และเติมทอรีน ร้อยละ 1 ร่วมกับกรดทาร์ทาริก ร้อยละ 0.1 หรือกรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 0.1 สารทดแทนเกลือที่ผลิตนี้มีโซเดียม 15.01-17.59 กรัม/100 กรัม สูตรสารทดแทนเกลือที่เหมาะสม คือมี KCl ผสม NaCl อัตราส่วน 65:35 ผสมทอรีน ร้อยละ 1 และกรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 0.1 ซึ่งนำไปใช้ปรุงรสซุปเห็ดฟาง พบว่า มีโซเดียม 32.38-35.97 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (150 กรัม) ซึ่งมีค่าโซเดียมจัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำมาก เกลือปรุงรสผสมสาหร่ายหรือสารทดแทนเกลือที่พัฒนาสูตรเพื่อปรุงแต่งรสผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยปรุงกล้วยทอดกรอบ มีส่วนประกอบคือ โพแทสเซียมคลอไรด์ ผสมโซเดียมคลอไรด์ อัตราส่วน 65:35 เติมทอรีน ร้อยละ 1 กรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 0.1 และผสมสาหร่าย เกลือปรุงรสผสมสาหร่ายปริมาณ 100 กรัม พบว่ามี K 65.58 กรัม มี Na 9.09 กรัม และมี NaCl 86.85 กรัม กล้วยทอดกรอบเติมเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย มีโซเดียม 131.20 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (100 กรัม) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงและเป็นไปตามข้อกำหนดอาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำ

คำสำคัญ: สารทดแทนเกลือ เกลือโซเดียมต่ำ สารทดแทนเกลือโซเดียม

[1] กรมวิทยาศาสตร์บริการ
[*] E-mail address: wannadee@dss.go.th
[**] E-mail address: janchay@dss.go.th

Abstract

The development of sodium-replacement salts or salt substitutes in this research was produced by reduced size of sodium salt (NaCl) to very small particles, 45 micron. Salt substitutes was prepared by mixing NaCl and KCl at the ratio 1:1, 1:2 and 2:1 (by weight). Sensory evaluation of salt substitute solution was conducted using Triangle test with 20 panelists and statistical tested by Chi-Square (X^2). The sample of salt substitute solution test at the concentration 1% by weight, panelist could not detect the difference between control sample (Sodium salt) and salt substitute (NaCl and KCl ratio 1:1). Sensory evaluation result for the concentration 2% solution, panelist could not detect the difference between control sample and salt substitute (NaCl and KCl ratio 1:1 and 2:1), at the 95 percent confidence level ($P>0.05$). The sensory evaluation result shown that panelist can detect the difference of control sample and salt substitute NaCl and KCl at the ratio 1:2 ($P<0.05$)

The formula development of salt substitute contained KCl and NaCl at the ratio 60:40, 65:35 and 70:30, added taurine 1%, tartaric acid 0.1% or ascorbic acid 0.1%. These salt substitutes formulas were analyzed sodium content, it has sodium 15.01-17.59 gram/100 gram. Suitable salt substitute formula contained KCl and NaCl at the ratio 65:35 added taurine 1% and ascorbic acid 0.1%, it used for Straw mushroom soup and product has sodium 32.38-35.97 milligram/one serving (150 gram), which complied with definition of very low sodium food. Salt substitute formula was tested in snack, which contained of KCl and NaCl ratio 65:35, added taurine 1%, ascorbic acid 0.1% and mix with dried seaweed. This sodium-replacement salts was used for flavoring on banana cracker. Salt substitute mixed with dried seaweed contained K 65.58 gram, Na 9.09 gram and NaCl 86.85 gram. The flavoring banana cracker with salt substitute (mixed with dried seaweed) has sodium content 131.20 mg of sodium per serving (100 gram), which complied with definition of low sodium food.

Keywords: Salt substitute, Low-sodium salt, Sodium-replacement salts

1. บทนำ (Introduction)

วิวัฒนาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของทางโภชนาการและระบบเมตาบอลิซึมในร่างกายมนุษย์ มีรายงานวิจัยทางการแพทย์บ่งชี้ว่า เกลือบริโภคหรือโซเดียมคลอไรด์ เมื่อบริโภคในปริมาณสูงเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดภาวะความดันโลหิตสูง และมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดหัวใจ (Cardiovascular Disease, CVD) โรคเส้นเลือดในสมอง (Stroke) และอาจทำให้เกิดโรคไตเสื่อมและเกิดเมตาบอลิซึมในภาวะที่มีแร่ธาตุสูง มีรายงานบ่งชี้ด้วยว่า การบริโภคโซเดียมในปริมาณสูงมีผลทำให้ความยืดหยุ่นของเส้นเลือดเลี้ยงหัวใจลดลง [1] สมาคมโรคหัวใจในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ส่งเสริมให้บริโภคโซเดียมในปริมาณที่ต่ำกว่า 1,500 มิลลิกรัม/วัน [2,3] เพื่อลดปัญหาการแข็งตัวของหลอดเลือดหัวใจ องค์การอาหารและยาในประเทศสหรัฐอเมริกา แนะนำว่าปริมาณโซเดียมที่ผู้ใหญ่และเด็กควรบริโภคต้องมีปริมาณต่ำกว่า 2,400 มิลลิกรัมต่อวัน สำหรับผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคไตวายเรื้อรัง และความดันโลหิตสูง ควรลดการบริโภคโซเดียมให้อยู่ในปริมาณ ไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อวัน และผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ควรจำกัดปริมาณโซเดียมที่บริโภคให้เหลือน้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อวัน [4]

สถานการณ์โรคความดันโลหิตสูงในประเทศไทย จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2553 ของกระทรวงสาธารณสุข พบว่ามีผู้ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงถึงประมาณ 10 ล้านคน คิดเป็นประมาณ 1 ใน 6 ของประชากรทั้งหมดในประเทศ ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณมหาศาลในการควบคุมดูแลโรคความดันโลหิตสูงในแต่ละปี และคนกลุ่มนี้ร้อยละ 70 ไม่ทราบว่าตนเองเป็นโรคความดันโลหิตสูง ทำให้ไม่ได้รับการรักษา จึงเกิดโรคแทรกซ้อนที่สืบเนื่องจากโรคความดันโลหิตสูง ได้แก่ อัมพฤกษ์ อัมพาต โรคหลอดเลือดสมองตีบ โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ ซึ่งอาจร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ มีข้อมูลว่าประชากรคนไทยเริ่มมีผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง โรคไตเสื่อมในปริมาณที่สูง และมีข้อมูลว่าเครื่องปรุงรสต่างๆ เช่น น้ำปลา กะปิ ซีอิ๊ว ซอสหอยนางรม ซอสมะเขือเทศ ซอสพริก น้ำจิ้มสุกี้ มีโซเดียมปริมาณที่สูง

โครงการวิจัยนี้มีเป้าหมายศึกษาพัฒนาสารทดแทนเกลือเพื่อใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งรสในการผลิตอาหารสำเร็จรูปในระดับอุตสาหกรรม เพื่อการลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปที่มีการผลิตในเชิงการค้า โดยไม่มีผลกระทบต่อรสชาติของอาหาร เทคโนโลยีที่ได้จากงานวิจัยนี้สนับสนุนภาคการผลิตในระดับอุตสาหกรรม และวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ให้ปรับรูปแบบการผลิตใหม่ เพื่อให้ได้อาหารที่มีโซเดียมต่ำ ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคในประเทศไทย และส่งเสริมให้อุตสาหกรรมอาหารไทยผลิตอาหารเพื่อสุขภาพส่งออกสู่ตลาดอาเซียนและตลาดโลก การวิจัยพัฒนาสูตรสารทดแทนเกลือ (Salt substitutes) ที่มีผู้ศึกษาไว้ มีดังนี้

1. การวิจัยผลิตสารทดแทนเกลือ โดยใช้หลักการลดขนาดอนุภาคของเกลือโซเดียม

มีงานวิจัยทำให้มีขนาดอนุภาคเล็ก 50-100 µm [5] ขนาดอนุภาคเล็กที่ลงทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวเมื่อบริโภครับรู้รสได้มากกว่า

2. การวิจัยสารทดแทนเกลือ โดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ผสมโซเดียมคลอไรด์ และเติมสารปรับปรุงรสชาติ

มีงานวิจัยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ ทดแทนโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 40-50 [6] ร่วมกับการเติมสารปรุงแต่งรสที่ทำหน้าที่มีผลยับยั้งการเกิดรสที่ไม่ต้องการ (Enhancer) เพื่อแก้ปัญหารสขมและรสเฝื่อน เช่น เติมกรดอ่อน เช่น กรดแอสคอบิก และกรดทาร์ทาริก [7] หรือการเติมสารประกอบในกลุ่ม Nucleotide monophosphate salt เช่น เติมทอรีน (Taurine) [7,8] นอกจากนี้มีการเติมทรีฮาโลส (Trehalose) [9]

มีรายงานการวิจัยผลการใช้สารทดแทนเกลือที่มีโพแทสเซียมแทนที่ในเกลือโซเดียม ทำให้ลดค่าความดันโลหิตของผู้ทดสอบบริโภคอาหารที่ปรุงด้วยเกลือโซเดียมต่ำ [10] องค์การอาหารและยา [11] ให้ข้อมูลว่า การเพิ่มปริมาณโปแตสเซียมในร่างกาย จะทำให้ลดค่าความดันโลหิต และลดปัจจัยเสี่ยงของโรค CVD WHO มีคำแนะนำผู้ใหญ่ รวมทั้งเด็กอายุ 2 ถึง 5 ปี ควรได้รับโปแตสเซียม 3,510 มิลลิกรัมต่อวัน และมีข้อมูลว่าอัตราส่วนของปริมาณ High dietary Sodium intake (DSI) และ High dietary Potassium intake (DPI); DSPR = DSI / DPI ควรมีค่าประมาณ 1.2 แต่ถ้ามีค่ามากกว่านี้ จะทำให้เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดเลี้ยงหัวใจ (CVD) [12]

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 ศึกษาพัฒนาผลิตสารทดแทนเกลือโดยใช้เทคนิคการทำอนุภาคเกลือให้มีขนาดเล็ก

2.1.1 ในการวิจัยนี้ผลิตสารทดแทนเกลือโดยใช้เกลือโซเดียมที่ทำให้มีขนาดอนุภาคเล็กประมาณ 50 ไมครอน (Micron) โดยบดด้วยเครื่อง Ultra Centrifugal mill นำมาผ่านตะแกรงขนาด 325 เมช (45 ไมครอน) และ 400 เมช (38 ไมครอน)

2.1.2 ศึกษาผลิตสารทดแทนเกลือ นำเกลือที่ลดขนาดผสมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยสูตรมีโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 30-50

2.2 ศึกษาทดลองผลิตสารทดแทนเกลือ และผสมสารปรับแต่งรส

2.2.1 ผลิตสารทดแทนเกลือโดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนโซเดียมคลอไรด์ ที่ร้อยละ 40-50 ร่วมกับเติมสารปรุงแต่งเพื่อขจัดรสขม เช่น การเติมทอรีน (Taurine) ร้อยละ 1 และ 3 ร่วมกับแคลเซียมแลคเตต ร้อยละ 0.5 หรือใช้ทอรีน ร้อยละ 1 ร่วมกับการเติมแอสคอร์บิค ร้อยละ 0.1 และ 0.2 หรือการเติมทาร์ทาริก ร้อยละ 0.1 และ 0.2

2.2.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสารทดแทนเกลือ โดยชิมสารละลายสารทดแทนเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และร้อยละ 2 โดยใช้วิธีการทดสอบ Triangle test ผู้ชิม 20 คน และคำนวณสถิติด้วย Chi-Square (X^2)

2.3 ศึกษาพัฒนาสารทดแทนเกลือที่ผสมสาหร่ายที่มีเกลือโซเดียมต่ำ

ศึกษาผลิตสารทดแทนเกลือ เครื่องปรุงรสผสมสาหร่ายไกที่มีเกลือโซเดียมต่ำ เพื่อใช้ปรุงรสผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (สาหร่ายไก เป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวสกุล *Cladophora* และ *Rhizocronium* ที่พบมากแถบแม่น้ำน่าน อำเภอวังผา จังหวัดน่าน ซึ่งสาหร่ายชนิดนี้นำมารับประทานได้) ผลิตเกลือปรุงรสผสมสาหร่ายไก โดยเกลือปรุงรส (100 กรัม) มีส่วนประกอบดังนี้ KCl (65 กรัม) : NaCl (35 กรัม) : ทอรีน ร้อยละ 1 (1 กรัม) : แอสคอร์บิก ร้อยละ 0.1 (0.1 กรัม) และนำเกลือปรุงรสนี้ผสมสาหร่ายไกในอัตราส่วน 20 กรัม : 80 กรัม

2.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างสารทดแทนเกลือหรือเกลือปรุงรส และเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย โดยวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) โดยการวิเคราะห์ ใช้วิธี In house method base on AOAC (2016) 984.27

2.5 ศึกษาการใช้สารทดแทนเกลือ เติมเกลือปรุงรสผสมสาหร่ายไกในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อปรุงรสขนมขบเคี้ยว (กล้วยทอดกรอบ)

2.6 ศึกษาการใช้สารทดแทนเกลือในการผลิตซุปเห็ดสำเร็จรูปบรรจุถุงรีทอร์ต และวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์

ศึกษาซุปเห็ดสำเร็จรูป (เห็ดฟาง เห็ดออรินจิ) ปรุงแต่งรสชาติโดยใช้สารทดแทนเกลือ ร้อยละ 0.4 ของน้ำหนักซุปแต่ละชนิด เปรียบเทียบกับเติมเกลือปกติ ร้อยละ 0.5 และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยนำเข้าเครื่องรีทอร์ตชนิดฉีดพ่นไอน้ำร้อน (Hot Water Spray Retort) ที่ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในผลิตภัณฑ์ซุปเห็ดสำเร็จรูป และคุณค่าทางโภชนาการ

2.7 ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบ และซุปเห็ดสำเร็จรูป ที่ใช้สารทดแทนเกลือเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่เติมเกลือโซเดียม วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์คะแนนความชอบแบบ 9-point Hedonic scale **ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้** Duncan' s New Multiple Range Test **และวิเคราะห์แปรผลสถิติโดย** SPSS program

2.8 ศึกษาอายุการเก็บ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบปรุงรส และซุปเห็ดสำเร็จรูปในถุงรีทอร์ต

3. ผลและวิจารณ์ (Results and discussion)

3.1 การพัฒนาผลิตสารทดแทนเกลือโดยทำให้เกลือโซเดียมมีอนุภาคเล็ก

3.1.1 ศึกษาทดลองผลิตเกลือโซเดียม (NaCl) ที่มีขนาดอนุภาคเล็กโดยบดด้วยเครื่องบดละเอียด (Ultra centrifugal mill) ขนาดตะแกรง No. 0.12 เพื่อให้เกลือมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 50 ไมครอน (μm) และนำเกลือที่บดลดขนาดมาผ่านตะแกรงขนาด 325 เมช (45 ไมครอน) และ 400 เมช (38 ไมครอน) พบว่า เกลือที่เตรียมให้มีขนาดอนุภาคเล็กนี้ผ่านตะแกรงขนาด 325 เมช คิดเป็นร้อยละ 93 และ 400 เมช คิดเป็นร้อยละ 91 ในงานวิจัยนี้จึงใช้เกลือที่ลดขนาดอนุภาค ที่ 45 ไมครอน ในการผลิตสารทดแทนเกลือในทุกการทดลอง

3.1.2 ศึกษาผลิตสารทดแทนเกลือโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ ที่มีอนุภาคขนาด 45 ไมครอน ผสมโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 (หรือ ใช้โปแตสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียม คิดเป็น ร้อยละ 33.3, 50 และ 66.6) และการทดสอบชิมตัวอย่างน้ำเกลือที่ความเข้มข้น ร้อยละ 2 พบว่า ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกตัวอย่างสารทดแทนเกลือกับตัวอย่างควบคุมได้ การทดสอบชิมใช้ผู้ชิมจำนวน 20 คน วิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วย Chi-Square (X^2)

3.2 การพัฒนาสูตรสารทดแทนเกลือ และผสมสารปรับแต่งรส

ในการพัฒนาสูตรสารทดแทนเกลือ ในงานวิจัยนี้ ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์เป็นส่วนประกอบหลักเพื่อลดปริมาณโซเดียมให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ EU ที่ระบุว่าสารทดแทนเกลือนั้นอย่างน้อยต้องมีโซเดียมลดลงไม่น้อยกว่า ร้อยละ 25 [13] ข้อมูลงานวิจัยพัฒนาสูตรสารทดแทนเกลือที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์เป็นส่วนประกอบ [13] มีรายงานการศึกษาผลิตสารทดแทนเกลือโดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ผสมโซเดียมคลอไรด์ อัตราส่วน 20:80 ถึง 80:20 (Morton,1967) และเวลาต่อมา Davis และคณะ ในปี 1982 พัฒนาสารทดแทนเกลือโดยใช้ KCl อัตราส่วน 30-70% และผสม NaCl 70-30% และมีงานวิจัยผลิตสารทดแทนเกลือที่ลดปริมาณโซเดียม 40-50% (Rood and Tilkian,1983)

การพัฒนาสารทดแทนเกลือในงานวิจัยครั้งนี้ ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ ผสมโซเดียมคลอไรด์ ในอัตราส่วน 3:2 (หรือโปแตสเซียมคลอไรด์ ผสมเกลือโซเดียม อัตราส่วน 60:40) และเติมสารปรับแต่งรสชาติ ได้แก่ทอรีน ร้อยละ 1 และ 3 และแคลเซียมแลคเตท ร้อยละ 0.5 การทดสอบชิมตัวอย่างน้ำเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 พบว่า ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกตัวอย่างสารทดแทนเกลือกับตัวอย่างควบคุมได้ ซึ่งผลการวิจัยนี้ปรับแต่งรสชาติ โดยเติมกรดทาร์ทาริก และแอสคอร์บิกเพื่อขจัดรสขมหรือรสเฝื่อนผิดปกติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Katica Cepanec (2017) การใช้สารปรับแต่งรสชาติ (Taste-improving agents; TIAs) [13] ได้แก่ กรดอ่อนที่มีโดยธรรมชาติในอาหาร (Food acids) เช่น มาร์ลิก ซิตริก ทาร์ทาริก และเติมกรดอะมิโน (Amino acids) เช่น ไลซีน หรือ ทอรีน [7] จะทำให้สารทดแทนเกลือมีกลิ่นรสปกติ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน พบว่า การทดสอบชิมตัวอย่างน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 2 พบว่า ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างตัวอย่างควบคุม (เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์) กับสารทดแทนเกลือที่มีโพแทสเซียมคลอไรด์ ผสมโซเดียมคลอไรด์ ในอัตราส่วน 60:40

เติมสารปรับแต่งรสชาติ ได้แก่ ทอรีน ร้อยละ 1 กรดทาร์ทาริก ร้อยละ 0.1 และ 0.2 และกรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 0.1 และ 0.2 (สูตรในตารางที่ 1) และผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างกันได้ ในตัวอย่างสารทดแทนเกลือที่มีปริมาณกรดทาร์ทาริก ร้อยละ 0.1 หรือ 0.2 และสารทดแทนเกลือที่มีกรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 0.1 หรือ ร้อยละ 0.2 เมื่อนำค่าไปคำนวณสถิติ (X^2) พบว่า ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกตัวอย่างได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) ดังนั้น สามารถเลือกการเติมกรดแอสคอร์บิก หรือกรดทาร์ทาริก ในปริมาณร้อยละ 0.1 หรือ 0.2 ได้

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบสารทดแทนเกลือสูตรต่างๆ

สูตร	KCl (กรัม)	NaCl (กรัม)	Taurine 1% (กรัม)	Tartaric acid 0.1% (กรัม)	Tartaric acid 0.2% (กรัม)	Ascorbic acid 0.1% (กรัม)	Ascorbic acid 0.2% (กรัม)
Control	-	20	-	-	-	-	-
(A 1) (KCl: Nacl 60:40)	15	10	0.25	0.025	-	-	-
(A 2) (KCl: Nacl 60:40)	15	10	0.25	-	0.05	-	-
(B 1) (KCl: Nacl 60:40)	15	10	0.25	-	-	0.025	-
(B 2) (KCl: Nacl 60:40)	15	10	0.25	-	-	-	0.05

เกลือปรุงรส ประเภทสารทดแทนเกลือ โดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ ผสมโซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 60:40, 65:35 และ 70:30 เติมสารปรับแต่งรสชาติ ได้แก่ ทอรีน ร้อยละ 1 กรดทาร์ทาริก หรือ กรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 0.1 (ตารางที่ 2) และผลการทดสอบชิมตัวอย่างน้ำเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 เมื่อใช้ผู้ชิม 20 คน และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วย Chi-Square (X^2) พบว่า ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างกันได้ จึงเลือกใช้ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 0.1 ในการปรับแต่งรสสารทดแทนเกลือร่วมกับทอรีน ร้อยละ 1.0

ตารางที่ 2 เกลือปรุงรส 4 สูตร (ปริมาณ 300 กรัม/สูตร)

สูตร	KCl (กรัม)	NaCl (กรัม)	Taurine 1% (กรัม)	Tartaric acid 0.1% (กรัม)	Ascorbic acid 0.1% (กรัม)
เกลือปรุงรส 01 (KCl: Nacl 60:40)	180	120	3	0.3	-
เกลือปรุงรส 02 (KCl: Nacl 60:40)	180	120	3	-	0.3
เกลือปรุงรส 03 (KCl: Nacl 65:35)	195	105	3	-	0.3
เกลือปรุงรส 04 (KCl: Nacl 70:30)	210	90	3	-	0.3

3.3 การผลิตเครื่องปรุงรสผสมสาหร่ายที่มีเกลือโซเดียมต่ำ

3.3.1 ศึกษาทดลองผลิตสาหร่ายไกแผ่นอบแห้งปรุงรส เนื่องจากสาหร่ายแผ่นอบแห้ง และชนิดอบแห้งแบบปรุงรสที่มีจำหน่ายทั่วไปมีปริมาณโซเดียมค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงนำสาหร่ายไกที่ได้จาก จ.น่าน ผลิตเป็นแผ่นสาหร่ายอบแห้ง โดยมีขั้นตอนสำคัญได้แก่ 1) การล้างทำความสะอาดสาหร่ายก่อนอบแห้ง โดยใช้น้ำสะอาดและล้างซ้ำด้วยน้ำร้อนเทชะล้าง 2-3 รอบ เพื่อลดกลิ่นสาหร่าย 2) การอบแห้ง อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3) ฉีดสารละลายทดแทนเกลือ เข้มข้นร้อยละ 5 ลงบนแผ่นสาหร่ายปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10-15 นาที เพื่อให้แห้งและกรอบ

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบสารทดแทนเกลือ ที่ใช้เตรียมสารละลายทดแทนเกลือ เข้มข้นร้อยละ 5 เพื่อฉีดบนสาหร่ายไก

สูตร	สารทดแทนเกลือผสมสารปรับแต่งรส (กรัม)	น้ำกรอง (มล.)
1	KCl (3) + NaCl (2) + ทอรีน 1% (0.05)	100
2	KCl (3.5) + NaCl (1.5) + ทอรีน 1% (0.05)	100

3.3.2 ศึกษาผลิตเครื่องปรุงรสที่มีเกลือโซเดียมต่ำผสมสาหร่าย ผลิตเครื่องปรุงรสโดยบดสาหร่ายไกอบแห้งให้เป็นชิ้นเล็ก และมีส่วนประกอบตามสูตรในตารางที่ 4 ก และ 4 ข

ตารางที่ 4 ก อัตราส่วนผสมของเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย โดยเตรียมจากสูตรเกลือปรุงรส 03

สูตร	KCl (กรัม)	NaCl (กรัม)	Taurine 1% (กรัม)	Ascorbic acid 0.1% (กรัม)
เกลือปรุงรส 03 (225)*	146.25	78.75	2.25	0.225
เกลือปรุงรส 03 (60)*	39	21	0.6	0.06

เกลือปรุงรส สูตร 03 มี โพแทสเซียมคลอไรด์ ผสมโซเดียมคลอไรด์ อัตราส่วน 65 : 35

ตารางที่ 4 ข เกลือปรุงรสผสมสาหร่าย 2 สูตร (ปริมาณ 300 กรัม/สูตร)

สูตร	เกลือปรุงรส (กรัม)	สาหร่ายไกป่นหยาบ (กรัม)	หมายเหตุ
เกลือปรุงรสผสมสาหร่าย 01	ใช้สูตร เกลือปรุงรส 03 (225)*	75	ใช้ปรุงอาหาร
เกลือปรุงรสผสมสาหร่าย 02	ใช้สูตร เกลือปรุงรส 03 (60)*	240	ใช้ปรุงขนมขบเคี้ยว

หมายเหตุ * การเตรียมเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย 01 และ 02 มีเกลือปรุงรส 03 เป็นส่วนประกอบในปริมาณ 225 กรัม และ 60 กรัม ตามลำดับ โดยเตรียมอัตราส่วนจากเกลือปรุงรส 03 มีอัตราส่วน KCl: NaCl: Taurine: Ascorbic acid ตามตารางที่ 4 ก

3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างสารทดแทนเกลือหรือเกลือปรุงรส และเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย

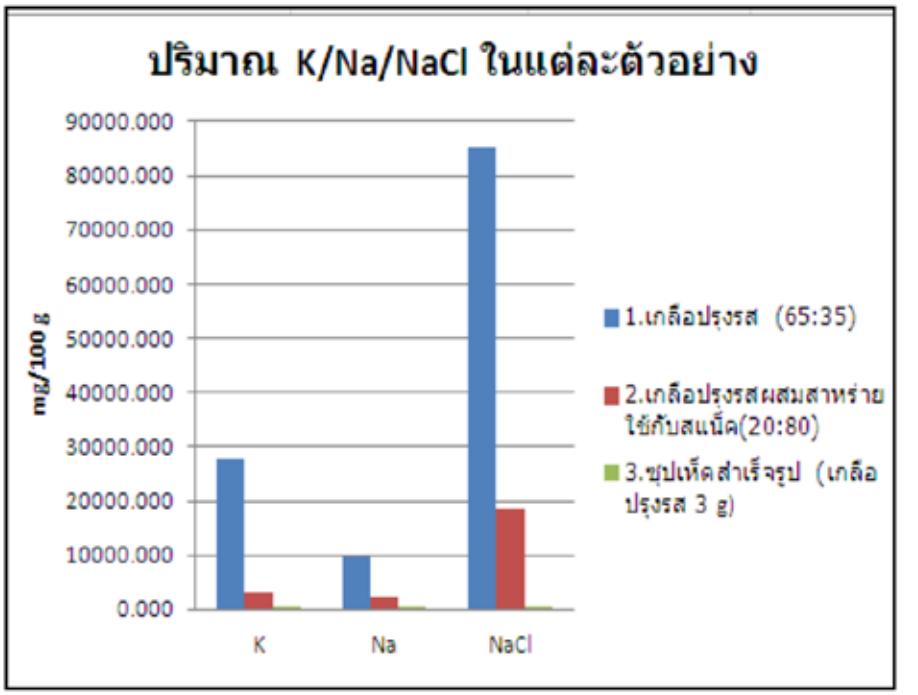
ผลการวิเคราะห์เกลือปรุงรส (สารทดแทนเกลือ) โดยมีโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ผสมกับโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในอัตราส่วน 60:40 , 65:35 และ 70:30 และเติมทอรีน (Taurine) ร้อยละ 1 ร่วมกับ กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid) ร้อยละ 0.1 หรือกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) ร้อยละ 0.1 ที่มีส่วนประกอบตามสูตรในตารางที่ 2

ผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เกลือปรุงรสปริมาณ 100 กรัม และเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย 100 กรัม (ตารางที่ 5 และรูปที่ 1, 2 และ 3) ทั้งสามสูตรพบว่ามีปริมาณ โพแทสเซียม (K) อยู่ในช่วง 10.42–17.97 กรัม/100 กรัม เกลือปรุงรสที่ได้จากการทดลองนี้มีปริมาณโซเดียม (Na) 15.01-17.59 กรัม/100 กรัม และเมื่อเปรียบเทียบสูตรสารทดแทนเกลือพบว่า สูตร 01 และสูตร 02 มีปริมาณ K และ Na มีค่าที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5) แต่อย่างไรก็ดีเกลือปรุงรส (สารทดแทนเกลือ) ที่ได้จากการทดลองนี้ มีปริมาณโซเดียมที่ต่ำ คิดเป็นโซเดียม 1.5-1.76 กรัม ต่อน้ำหนักเกลือปรุงรส 10 กรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกลือแกงที่ใช้บริโภคทั่วไป 1 ช้อนชา (ประมาณ 3 กรัม) ที่มีโซเดียมสูงถึง 2.3 กรัม (หรือ 2,300 มิลลิกรัม) และเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย โดยมีอัตราส่วนผสม ตามตารางที่ 4 ข ผลวิเคราะห์ K และ Na พบว่ามีปริมาณ K 65.58 กรัม/100 กรัม และมีปริมาณ Na 9.09 กรัม/100 กรัม ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณโพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na)

สูตร		K	Na	NaCl
เกลือปรุงรส 01	กรัม/ 100 กรัม	17.97	15.01	100.62
เกลือปรุงรส 02	กรัม/ 100 กรัม	17.00	15.73	101.04
เกลือปรุงรส 03	กรัม/ 100 กรัม	15.79	17.18	100.71
เกลือปรุงรส 04	กรัม/ 100 กรัม	10.42	17.59	102.59
เกลือปรุงรสผสมสาหร่าย 01	กรัม/ 100 กรัม	6.16	7.68	88.23
เกลือปรุงรสผสมสาหร่าย 02	กรัม/ 100 กรัม	3.66	3.01	28.75

ผลการวิเคราะห์เกลือปรุงรส และเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากนิยามที่องค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Drug Administration) กำหนดว่าอาหารที่ปราศจากเกลือหรือโซเดียม (Salt/Sodium -Free) คือต้องมีโซเดียมต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคหรือต่ำกว่านี้ และอาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำ (Low Sodium) คือต้องมีโซเดียม 140 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคหรือต่ำกว่านี้ [4]



รูปที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณ K/Na/NaCl ในเกลือปรุงรส ผงปรุงรสผสมสาหร่าย (ปรุงขนมขบเคี้ยว)และซุปเห็ดสำเร็จรูป

3.5 ศึกษาใช้สารทดแทนเกลือในการผลิตขนมขบเคี้ยว และวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์

ขนมขบเคี้ยว (กล้วยทอดกรอบ) เติมเกลือปรุงรสผสมสาหร่ายไกปริมาณ ร้อยละ 1 (โดยน้ำหนัก) เพื่อปรับรสชาติให้เป็นที่ยอมรับ และมีส่วนประกอบ ตามตารางที่ 6 และผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม โซเดียม โซเดียมคลอไรด์ และคุณค่าทางโภชนาการของตัวอย่างกล้วยทอดกรอบที่ปรุงรสด้วยเกลือปกติ เปรียบเทียบกับกล้วยทอดกรอบเติมเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย เพื่อให้ได้ข้อมูลใช้ประกอบผลทดสอบทางประสาทสัมผัส และให้เป็นไปตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำ ผลวิเคราะห์กล้วยทอดกรอบเติมเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย พบว่า มีโซเดียม 131.20 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (100 กรัม) ซึ่งมีค่าเป็นไปตามข้อกำหนดอาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำ (Low Sodium) คือมีโซเดียม 140 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคหรือต่ำกว่านี้ [4]

ตารางที่ 6 อัตราส่วนของขนมขบเคี้ยว (กล้วยทอดกรอบ) ที่ปรุงรส 2 สูตร

สูตร	KCl (กรัม)	NaCl (กรัม)	Taurine 1% (กรัม)	Ascorbic acid 0.1% (กรัม)	สาหร่ายไก อบแห้ง (กรัม)
A กล้วยทอดกรอบ เติมเกลือปกติ ผสมสาหร่าย/ กล้วย 500 กรัม	-	5	-	-	20
B กล้วยทอดกรอบ เติมเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย/ กล้วย 500 กรัม	3.25	1.75	0.05	0.005	20

หมายเหตุ B เกลือปรุงรสผสมสาหร่าย ใช้สารทดแทนเกลือ 5 กรัม ประกอบด้วย KCl 3.25 กรัม ผสม NaCl 1.75 กรัม (หรือ อัตราส่วน 65:35) Taurine 1% (0.05 กรัม) : Ascorbic acid 0.1% (0.05 กรัม)

3.6 ศึกษาใช้สารทดแทนเกลือในการผลิตซุปเห็ดบรรจุถุงรีทอร์ต และวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์

ซุปเห็ดสำเร็จรูป (ซุปเห็ดฟาง และซุปเห็ดออรินจิ) มีส่วนประกอบตาม ตารางที่ 7 เติมเกลือปกติ (เกลือแกง) ร้อยละ 0.5 เปรียบเทียบผลกับซุปเห็ดฟาง และซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปรุงรส (ที่มี KCl ผสม NaCl อัตราส่วน 65:35) ร้อยละ 0.4 มีส่วนประกอบตาม ตารางที่ 8 เพื่อตรวจและวิเคราะห์ให้ได้ข้อมูลใช้ประกอบผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และให้เป็นไปตามเกณฑ์ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำ วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในผลิตภัณฑ์ซุปเห็ดสำเร็จรูป เพื่อให้ได้ค่าโซเดียมที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานทั่วไปที่ระบุเกี่ยวกับปริมาณโซเดียมในอาหารที่มีโซเดียมต่ำ (Low sodium salt foods) [4] และคุณค่าทางโภชนาการซุปเห็ดสำเร็จรูป

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบ ซุปเห็ดสำเร็จรูป (ซุปเห็ดฟาง และเห็ดออรินจิ)

วัตถุดิบ	ซุปเห็ดฟาง	ซุปเห็ดออรินจิ
เห็ดฟาง (กรัม)	2,000	-
เห็ดออรินจิ (กรัม)	-	2,000
มันฝรั่ง (กรัม)	750	750
หอมใหญ่ (กรัม)	750	750
กระเทียม (ช้อนโต๊ะ)	4	4
พริกไทยป่น (ช้อนโต๊ะ)	3.5	3.5
เนยจืด (กรัม)	200	200
นม (กรัม)	200	200
น้ำซุป (มิลลิลิตร)	2,500	2,500

ตารางที่ 8 อัตราส่วนการเติมเกลือในซุปเห็ดฟาง และเห็ดออรินจิ เพื่อเตรียมสำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชนิดซุปเห็ด	ปริมาณ(กรัม)	KCl (กรัม)	NaCl (กรัม)	Taurine 1% (กรัม)	Ascorbic acid 0.1% (กรัม)
ซุปเห็ดฟาง เติมเกลือปกติ 0.5%	3,000	-	15	-	-
ซุปเห็ดฟาง เติมเกลือปรุงรส 0.4%	3,000	7.8	4.2	0.12	0.012
ซุปเห็ดออรินจิ เติมเกลือปกติ 0.5%	2,650	-	13.25	-	-
ซุปเห็ดออรินจิ เติมเกลือปรุงรส 0.4%	2,650	6.89	3.71	0.106	0.0106

ผลวิเคราะห์ซุปเห็ดฟางเติมสารทดแทนเกลือ พบว่า มีโซเดียม 220 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (100 กรัม) ซึ่งมีค่าโซเดียมต่ำใกล้เคียงแต่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดอาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำ ที่กำหนดค่าอาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำ (Low Sodium) คือมีโซเดียม 140 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคหรือต่ำกว่านี้ [4] ซึ่งการแสดงฉลากบริโภคว่าเป็นอาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำนั้นจำเป็นต้องลดปริมาณเกลือปรุงรสที่ปรุงในซุป และการทดลองนี้วิเคราะห์สาเหตุที่เกลือโซเดียมสูงกว่าค่าเป้าหมายได้ว่า ส่วนหนึ่งอาจมาจากมีโซเดียมในเนยที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงซุปเห็ด แต่ยังถือว่ามีโซเดียมในปริมาณต่ำ คิดเป็นร้อยละ 9 ของปริมาณร้อยละที่แนะนำให้บริโภคโซเดียมต่อวัน (คือไม่เกิน 2,400 มิลลิกรัมต่อวัน) และซุปเห็ดฟางมีโซเดียมคลอไรด์ 0.76 กรัม/100 กรัม และได้ทดลองปรับสูตรซุปเห็ด ผลวิเคราะห์ซุปเห็ดฟาง 1,500 กรัม เติมเกลือปรุงรส (สารทดแทนเกลือที่มีโพแทสเซียม-คลอไรด์ผสมกับโซเดียมคลอไรด์ ในอัตราส่วน 65:35) 3-3.75 กรัม (หรือเติมเกลือปรุงรสคิดเป็นร้อยละ 0.2-0.233 ของน้ำหนักซุปเห็ด) มีโซเดียม 32.38-35.97 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (150 กรัม) ซึ่งมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกับอาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำมาก(Very low sodium food) คือมีโซเดียม 35 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคหรือต่ำกว่านี้ [4]

ผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของซุปเห็ดฟางต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (150 กรัม) มีค่าพลังงาน 110 กิโลแคลอรี ไขมัน 6 กรัม ไขมันอิ่มตัว 3.5 กรัม โคเลสเตอรอล น้อยกว่า 5 มิลลิกรัม โปรตีน 3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 11 กรัม น้ำตาล 2 กรัม โซเดียม 220 กรัม วิตามินบี 1 0.18 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.09 มิลลิกรัม แคลเซียม 23.84 มิลลิกรัม และเหล็ก 0.77 มิลลิกรัม และผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของซุปเห็ดออรินจิต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (150 กรัม) มีค่าพลังงาน 110 กิโลแคลอรี ไขมัน 5 กรัม ไขมันอิ่มตัว 2.5 กรัม โคเลสเตอรอล น้อยกว่า 5 มิลลิกรัม โปรตีน 3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 12 กรัม ใยอาหาร 2 กรัม น้ำตาล 2 กรัม โซเดียม 240 กรัม วิตามินบี 1 0.11 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 น้อยกว่า 0.03 มิลลิกรัม แคลเซียม 21.32 มิลลิกรัม และเหล็ก 0.65 มิลลิกรัม และผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ พบว่าเป็นไปตามข้อกำหนดอาหารสำเร็จรูปในภาชนะปิดสนิท

รูปที่ 2, 3 และ 4 แสดงปริมาณ K/Na/NaCl ในตัวอย่างเกลือปรุงรส เกลือปรุงรสผสมสาหร่าย และซุปเห็ดสำเร็จรูป

3.7 ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการใช้สารทดแทนเกลือแทนการใช้เกลือโซเดียม

3.7.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (รสชาติ) ของขนมขบเคี้ยว (กล้วยทอดกรอบ)

วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบเติมเกลือปกติ และกล้วยทอดเติมเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย วิเคราะห์คะแนนความชอบแบบ 9-point Hedonic scale จำนวนผู้ชิม 30 คน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า กล้วยทอดกรอบเติมเกลือปกติ และกล้วยทอดกรอบเติมเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย ให้ผลการทดสอบด้าน สี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 9) ไม่แตกต่างกันในทุกคุณลักษณะ ($p \geq 0.05$) แสดงว่า สารทดแทนเกลือสามารถใช้ในการปรุงรสเพื่อทดแทนเกลือปกติได้ การใช้ปรุงแต่งรสขนมขบเคี้ยวในทางการค้าจะมีการเติมสารปรุงรส ได้แก่ กลิ่นพริกจากผงปรุงรสปาปริก้า (Paprika seasoning) และผงปรุงรสบาร์บีคิว (BBQ seasoning powder)

ตารางที่ 9 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม (n=30)

สูตร	สี	กลิ่น	รส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
กล้วยทอดกรอบเติมเกลือปกติผสมสาหร่าย	6.29±1.41^{ns}	5.46±1.79^{ns}	5.14±2.46^{ns}	5.68±2.18^{ns}	5.64±1.85^{ns}
กล้วยทอดกรอบเติมเกลือปรุงรสผสมสาหร่าย	5.93±1.86^{ns}	5.25±1.84^{ns}	4.93±2.24^{ns}	5.18±1.76^{ns}	5.50±1.75^{ns}

หมายเหตุ ns คือไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p \geq 0.05$)

3.7.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (รสชาติ) ของซุปเห็ดฟาง และเห็ดออรินจิ

วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์คะแนนความชอบแบบ 9-point Hedonic scale จำนวนผู้ชิม 30 คน การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส มีจำนวน 4 ตัวอย่าง (ตารางที่ 10) พบว่า การยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยด้านสีมากที่สุด คือ ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปกติ ร้อยละ 0.5 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 6.03±1.77 รองลงมา คือ ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปรุงรส ร้อยละ 0.4 โดยสรุป คุณลักษณะด้านสี ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปกติ ร้อยละ 0.5 มีคะแนนความชอบสูงสุด ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปรุงรส ร้อยละ 0.4 ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 10 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม (n=30)

ชนิดซุปเห็ด	สี*	กลิ่น*	รส*	ลักษณะเนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม*
ซุปเห็ดฟางเติมเกลือปกติ 0.5%	5.17±1.88^{a}	4.83±1.91^{ab}	4.80±2.04^{ab}	5.20±1.61^{ns}	4.93±2.03^{a}
ซุปเห็ดฟางเติมเกลือปรุงรส 0.4%	5.37±1.92^{ab}	4.63±1.77^{a}	4.70±1.97^{a}	5.37±2.08^{ns}	5.13±2.11^{ab}
ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปกติ 0.5%	6.03±1.77^{c}	4.90±2.26^{ab}	5.63±2.04^{c}	5.53±1.81^{ns}	5.77±1.89^{b}
ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปรุงรส 0.4%	5.97±2.03^{bc}	5.27±2.16^{b}	4.97±2.08^{abc}	5.47±1.85^{ns}	5.37±2.16^{ab}

หมายเหตุ * คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p<0.05$)
ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p \geq 0.05$)
(a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ $p<0.05$
± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

ผลการทดสอบประสาทสัมผัสด้านรส พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยด้านรสมากที่สุด คือ ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปกติ ร้อยละ 0.5 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 5.63±2.04 รองลงมา คือ ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปรุงรส ร้อยละ 0.4 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.97±2.08 โดยสรุป คุณลักษณะด้านรส ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปกติ ร้อยละ 0.5 มีคะแนนความชอบสูงสุด ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับ ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปรุงรส ร้อยละ 0.4 ($p \geq 0.05$)

ผลการทดสอบประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวมมากที่สุด คือ ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปกติ ร้อยละ 0.5 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 5.77±1.89 รองลงมาคือ ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปรุงรส ร้อยละ 0.4 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 5.37±2.16 ซุปเห็ดฟางเติมเกลือปรุงรส ร้อยละ 0.4 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 5.13±2.11 และซุปเห็ดฟางเติมเกลือปกติ ร้อยละ 0.5 มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.93±2.03 ตามลำดับ โดยสรุป ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปกติ ร้อยละ 0.5 มีคะแนนความชอบสูงสุด ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปรุงรส ร้อยละ 0.4 ซุปเห็ดฟางเติมเกลือปรุงรส ร้อยละ 0.4 ($p \geq 0.05$)

3.8 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว และซุปเห็ดสำเร็จรูป

กล้วยทอดกรอบปรุงรสด้วยสารทดแทนเกลือผสมสาหร่ายบรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ และซุปเห็ดสำเร็จรูปในถุงรีทอร์ตที่ปรุงรสด้วยสารทดแทนเกลือ เก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 เดือน มีสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อปกติ ใกล้เคียงกับสภาพเมื่อเริ่มเก็บ

4. สรุป (Conclusion)

การผลิตเกลือโซเดียมต่ำใช้เทคนิคทำให้ได้เกลือโซเดียมที่มีขนาดอนุภาคเล็ก 45 ไมครอน ในการผลิตสารทดแทนเกลือ โดยผสมโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ในอัตราส่วน KCl และ NaCl 70:30, 65:35 และ 60:40 สูตรสารทดแทนเกลือที่เหมาะสมคือ มี KCl ผสม NaCl อัตราส่วน 65:35 ผสมทอรีน ร้อยละ 1 และกรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 0.1 โดยผลทดสอบชิมตัวอย่างน้ำเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างกันของรสชาติได้ระหว่างสารทดแทนเกลือ และน้ำเกลือปกติ

กล้วยทอดกรอบ ที่ปรุงแต่งรสด้วยสารทดแทนเกลือ สูตรที่มี KCl (65 กรัม):NaCl (35 กรัม) : ทอรีน ร้อยละ 1 : กรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 0.1 และผสมสาหร่าย ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับและไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างที่ปรุงรสโดยเกลือปกติ ผลิตภัณฑ์มีโซเดียม 131.20 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ซึ่งมีค่าเป็นไปตามข้อกำหนดอาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำ

ซุปเห็ดฟางเติมสารทดแทนเกลือ ร้อยละ 0.2-0.233 ของน้ำหนักซุปเห็ด มีโซเดียม 32.38-35.97 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อกำหนดอาหารที่มีเกลือโซเดียมต่ำมาก การยอมรับโดยรวม ซุปเห็ดออรินจิเติมเกลือปกติ ร้อยละ 0.5 มีคะแนนความชอบสูงสุด ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับซุปเห็ดออรินจิและซุปเห็ดฟางที่เติมเกลือปรุงรส ร้อยละ 0.4

กล้วยทอดกรอบปรุงรสด้วยสารทดแทนเกลือผสมสาหร่าย บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ และซุปเห็ดสำเร็จรูปในถุงรีทอร์ตที่ปรุงรสด้วยสารทดแทนเกลือ เก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 เดือน มีสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อปกติ

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สท.วศ.) และรวมทั้งเจ้าหน้าที่ในสำนักเทคโนโลยีชุมชน ที่อนุเคราะห์ช่วยทดสอบชิมตัวอย่างสารทดแทนเกลือ ผลิตภัณฑ์ซุปเห็ดสำเร็จรูป และกล้วยทอดกรอบที่มีการปรุงรสด้วยสารทดแทนเกลือและเกลือแกง (ตัวอย่างควบคุม) ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

6. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] *Health conditions-High blood Pressure (Hypertension), Low Salt Foods.com Raising Sodium Awareness* [online]. [viewed 21 August 2017]. Available from: www.heart.org/HEARTORG/.../Sodium-Salt-or-Sod...

[2]-AMERICAN HEART ASSOCIATION. *Sodium (Salt or Sodium Chloride)* [online]. [viewed 21 August 2017]. Available from: www.heart.org/HEARTORG/.../Sodium-Salt-or-Sod...

[3] AMERICAN HEART ASSOCIATION. *Sodium and Your Health* [online]. [viewed 21 August 2017]. Available from: https:// www sodium breakup.heart.org/sodium_and_your_health

[4] U.S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. *Food Fact. Sodium in Your Diet: Use the Nutrition Facts Label and Reduce Your Intake* [online]. [viewed 21 August 2017]. Available from: https://www.fda.gov/downloads /Food/ IngredientsPackagingLabeling/ UCM315471.pdf

[5] STOKKERS, GERRIT JAN and EVERT ALTENA. *Process to prepare a low-sodium salt product, product obtainable thereby and the use there of* [online]. 2010. [viewed 21 August 2017]. Available from: https://www.google.com/ patents/ US20120045550?dq=Stokkers,+Gerrit++Jan+;+Altena,+Evert+…. US 20120045550 A1

[6] MEYER, R. S. Low sodium salt substitute compositions. 2010 *U.S. Patent* : 0239740

[7] SALEMME, FRANCIS RAYMOND, ABRAHAM I. BAKAL and RICHARD BARNDT. *Compositions and methods for producing flavored seasonings that contain reduced quantities of common salt* [online]. 2008. [viewed 21 August 2017] Available from: https://www.google.com/patents/US20090035444 Oct 16, 2008-US 20090035444A1.

[8] SALEMME, F.R., BAKAL, A.I. and BARNDT, R. Composition and methods for producing flavored seasonings that contain reduced quantities of common salt. 2006. *U.S. Patent : 0286275*

[9] GANESAN, K., H. ZOERB, G. MULLALLY and ADAMS WEIGLE, D.t. Ingredient systems comprising Trehalose, food products containing Trehalose, and methods of making same. 2007. *U.S. Patent 0292593.*

[10] MU, J., et al. Family-based randomized trial to detect effects in blood pressure of a salt substitute containing potassium and calcium in hypertensive adolescents. *American Journal of Hypertension.* 2009, 22(9), 943-947.

[11] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guideline: Potassium intake for adults and children* [online]. 2012. [viewed 21 August 2017]. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/75146/1/9789241548441_eng.pdf)

[12] OJEU. 2011. Regulation (EU) No 1169/2011. *Official Journal of the European Union* [online]. 2011. [viewed 21 August 2017]. Available from : http:// cur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?un=CELEX:32011R1169&from =HR

[13] CEPANEC, KATICA, et al. Potassium chloride – based salt substitutes: a critical review with a focus on the patent literature. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2017, 16(5), 881-894.