การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบเขียวและผักบุ้งจีน
Development of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) and Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Var. reptans) Sheet as a Healthy Snack

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ[1*] ศิริญา ทาคำ[1] พรทิพย์ เทพทับทิม[1] และ ปรีดา เฟื่องฟู[1]

[1]*สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*
[*]*wpetchson@yahoo.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตผักแผ่นจากกระเจี๊ยบเขียวและผักบุ้งจีนสี่สูตร ได้แก่ กระเจี๊ยบแผ่น ผักบุ้งแผ่น กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 1:1 และกระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 3:1 โดยศึกษาการใช้แป้งเป็นตัวประสานเพื่อช่วยในการขึ้นรูปผักแผ่น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง วิธีการปรุงรส การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพด้านจุลินทรีย์ จากผลการทดลองพบว่าในการขึ้นรูปผักแผ่นโดยการใช้แป้งเป็นตัวประสานนั้นควรใช้แป้งผสมโดยมีแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งสาลี อัตราส่วน 6:2.5:1 ซึ่งปริมาณน้ำแป้งที่ใช้ในผักแผ่นคือร้อยละ 25 ของน้ำหนักผัก อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งผักแผ่นคือ 70 องศาเซลเซียส วิธีการปรุงรสที่เหมาะสมคือการทาน้ำซอสบนผักแผ่นอบแห้งจะทำให้ผักแผ่นที่ได้กรอบ และผิวหน้ามันเงา และใช้เวลาอบแห้งน้อยกว่าการผสมเครื่องปรุงลงในผักบดก่อนนำไปอบ ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี โดยเฉพาะใยอาหารทั้งหมด 14.24-27.81 กรัม ใยอาหารที่ละลายน้ำ 4.20-5.17 กรัม ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 10.04-22.64 กรัม เบต้าแคโรทีน 1,488.52-4,516.40 ไมโครกรัม วิตามินเอ 124.04-376.37 ไมโครกรัม และแคลเซียม 332.12-353.70 มิลลิกรัมต่อผักแผ่น 100 กรัม ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นมีคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ Escherichia coli ยีสต์ และรา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายทะเลอบแห้ง

คำสำคัญ: กระเจี๊ยบเขียว, ผักบุ้งจีน, ผักแผ่น

Abstract

According to the study on vegetable sheet production from okra and water spinach for four formulations such as 1) okra sheet 2) water spinach sheet 3) okra mixed with water spinach (ratio 1:1) sheet and 4) okra mixed with water spinach (ratio 3:1) sheet. The type of starch using as binder, suitable drying temperature, seasoning methods, nutritional values, chemical qualities and microbiological qualities were studied. The results showed that the suitable starch for production of vegetable sheets was mixed starch from tapioca starch, rice starch and wheat flour at ratio 6:2.5:1 and the amount of mixed starch slurry was 25% vegetable weight. The suitable drying temperature was 70 ^{o}C. The seasoning method of spreading sauce on the surface of dry vegetable sheets obtained a more crispy, shiny and took less time for drying than mixed ingredient in vegetable before drying. The vegetable sheets had a good nutrient content, especially with a total dietary fiber of 14.24-27.81 g, soluble fiber of 5.17-4.20 g, insoluble fiber of 22.64-10.04 g, beta-carotene of 1,4-488.52,516.40 μg, vitamin A of 376.37-124.04 μg and calcium of 353.70-332.12 mg per 100 g vegetable sheet. The chemical qualities and microbial qualities (Escherichia coli, yeast, mold) of vegetable sheets met the standard of Community Product: Dried Seaweed.

Keywords: okra, water spinach, vegetable sheet

1. บทนำ

กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรห้วยหมอนทองมุ่งพัฒนา เป็นผู้ผลิตและรวบรวมผลผลิตผักอินทรีย์ในชุมชน เช่น กระเจี๊ยบเขียว และผักบุ้งจีน ส่งให้บริษัทเพื่อส่งออกต่างประทศ และส่งให้กับมูลนิธิเพื่อนพึ่ง (ภา) ผักที่เหลือจากการคัดคุณภาพเนื่องจากมีตำหนิ ขนาดไม่ได้มาตรฐาน ผักเหล่านี้มีคุณภาพดีและปลอดภัยต่อผู้บริโภค กลุ่มแม่บ้านจึงมีแนวคิดในการนำผักเหล่านี้ มาเพิ่มมูลค่าโดยมาผลิตในรูปของผักแผ่นเพื่อสุขภาพ ทางกลุ่มมีอุปกรณ์ และเครื่องมือที่สำคัญในการแปรรูป แต่ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพไม่ดี และไม่สม่ำเสมอ มีปัญหาด้านการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ให้เป็นแผ่น

วัฒนา ดำรงรัตน์กุล (2548) พบว่าอัตราส่วนของผักคะน้าและผักตำลึงที่เหมาะสมในการผลิตผักแผ่น คือ 75:25 โดยการใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส ได้แก่ คาราจีแนน วุ้น และกลีเซอรีน ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5-1 มีผลต่อเนื้อสัมผัสเพียงเล็กน้อย จีรภา หินซุย และคณะ (2554) พบว่าสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นทอดกรอบ คือ สาหร่าย 30 กรัม น้ำ 100 กรัม และใช้แป้งมัน 1.8 กรัม แป้งข้าวเหนียว 0.8 กรัม ผสมกับน้ำ 20 กรัม เพื่อใช้เป็นตัวประสาน ผักแผ่นมีส่วนผสมหลายชนิดซึ่งมีผลต่อการอบแห้ง วัฒนา ดำรงรัตน์กุล และอนุวัตร แจ้งชัด (2549) พบว่าส่วนผสมของผักแผ่นปรุงรสส่วนใหญ่เป็นพวกไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ ถ้าต้องการให้ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นมีอายุการเก็บนานจะต้องอบผลิตภัณฑ์ให้ถึงค่าความชื้นในชั้น monolayer หรือความชื้นวิกฤต ซึ่งอัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสูงขึ้น Saencom et al. (2011) พบว่าใบตำลึงที่ลวกในน้ำเกลือจะมีความชื้น และ a_w ต่ำ มีสีเขียวสวย และมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าผักที่ลวกในน้ำเปล่า การลวกไม่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง แต่ถ้าอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศ (vacuum drying) การลวกในน้ำเกลือจะทำให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าการลวกในน้ำเปล่า ผักแผ่นมีสีสวย มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง ความเหนียวและความแข็งต่ำกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาน้อยทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีสีสวย และมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเหลืออยู่มากกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาการใช้แป้งเป็นตัวประสานในการขึ้นรูปผักแผ่น ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง และวิธีการปรุงรสที่เหมาะสม วิเคราะห์คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผักแผ่น

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งผักแผ่นที่เหมาะสม

ผักที่ใช้ในการทำผักแผ่น ได้แก่ กระเจี๊ยบเขียว (okra) และผักบุ้งจีน (water spinach) นำไปลวกในน้ำเดือดที่ผสมโซเดียมคลอไรด์ (เกลือแกง) ร้อยละ 1 นาน 3 นาที ทำให้เย็นทันที โดยแช่น้ำเย็น นำขึ้นสะเด็ดน้ำและบดให้ละเอียด นำผักมาแปรรูปเป็นผักแผ่นสี่ชนิด ได้แก่ 1) กระเจี๊ยบ 2) ผักบุ้งจีน 3) กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งจีนอัตราส่วน 1:1 และ 4) กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งจีนอัตราส่วน 3:1 เทผักบดใส่ถาดที่รองด้วยแผ่นเทฟลอนเกลี่ยให้เป็นแผ่นหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร และนำมาอบแห้งเพื่อหาอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสม โดยใช้การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ทำการอบแห้งให้ผักแผ่นมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 บันทึกเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง นำผักแผ่นที่ผ่านการอบแห้งมาวิเคราะห์ค่าความชื้น และค่าสี

2.2 หาชนิดของตัวประสานที่เหมาะสม

นำผักบดทั้งสี่ชนิดมาผสมกับตัวประสาน โดยมีตัวประสานสี่ชนิด คือ 1) แป้งมันสำปะหลัง 2) แป้งข้าวเหนียว 3) แป้งสาลี และ 4) แป้งผสม (ซึ่งประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว แป้งสาลี ในอัตราส่วน 6:2.5:1) ในการเตรียมน้ำแป้งทำโดย ใช้แป้งแต่ละชนิด 28 กรัม ผสมน้ำเปล่า 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน นำน้ำแป้งที่เตรียมไว้ผสมกับผักบดในปริมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักผัก นำผักบด 100 กรัม มาให้ความร้อน นำน้ำแป้งที่เตรียมไว้เทลงไปผสมและคนให้เข้ากันจนแป้งสุก เทใส่ถาดที่รองด้วยแผ่นเทฟลอน เกลี่ยผักบดให้มีความหนา 5 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง เมื่ออบแห้งแล้วจะได้ผักแผ่นหนาประมาณ 0.5 มิลลิเมตร สังเกตลักษณะการขึ้นรูปเป็นแผ่น

การเติมแป้งลงในผักบด อาจมีผลต่ออัตราการอบแห้ง จึงทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การอบแห้งของผักแผ่นที่ผสมตัวประสานทั้งสี่ชนิด ตามวิธีของ Saencom et al. (2011) โดยการวัดความชื้นของตัวอย่างผักแผ่นทุก ๆ 30

นาที จนครบ 4 ชั่วโมง และคำนวณความชื้นเป็นร้อยละของฐานแห้ง (dry basis) นำค่าความชื้นมาคำนวณหาอัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio, MR) จากสมการที่ 1

$$MR = \frac{M_t - M_{eq}}{M_{in} - M_{eq}} \qquad (1)$$

เมื่อ M_{in} *คือ ความชื้นเริ่มต้น (ร้อยละฐานแห้ง),* M_t *คือ ความชื้นที่เวลาใด ๆ (ร้อยละฐานแห้ง),* M_{eq} *คือความชื้นสมดุล*

การคำนวณค่าอัตราส่วนความชื้นในงานวิจัยนี้เป็นการคำนวณค่าโดยประมาณ คือไม่คิดค่าความชื้นสมดุลโดยตั้งสมมติฐานว่าความชื้นสมดุลมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับค่าความชื้นเริ่มต้น

2.3 ศึกษาวิธีการปรุงรสที่เหมาะสม

ส่วนผสมที่ใช้ในการปรุงรสประกอบด้วยซีอิ๊วขาว 14 กรัม น้ำตาลทราย 23 กรัม พริกไทยป่น 0.2 กรัม และน้ำมันงา 1 กรัม ผักแผ่นที่ผสมตัวประสานที่เหมาะสมจากข้อ 2.2 นำมาปรับปรุงด้านรสชาติโดยใช้ 2 เทคนิคคือ 1) ผสมเครื่องปรุงรสลงในผักบดและนำไปอบแห้ง โดยนำส่วนผสมของเครื่องปรุงรส ผสมลงในผัก 100 กรัม คนให้เข้ากัน นำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลงต่ำกว่าร้อยละ 10 และ 2) ทำน้ำซอสทาบนผักแผ่น โดยนำเครื่องปรุงรสมาผสมและเคี่ยวให้ข้น ทาน้ำซอสลงบนผักแผ่นที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เมื่อทาซอสแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อีกครั้งเพื่อให้น้ำซอสแห้ง นำตัวอย่างผักแผ่นที่ได้จากการปรุงรสทั้งสองวิธี มาวัดเนื้อสัมผัส

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคโดยนำผักแผ่นทั้งสี่สูตรตามวิธีการปรุงรสที่เหมาะสมในข้อ 2.3 มาทดสอบการยอมรับ โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 30 คน การทดสอบความชอบด้วยสเกล 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scaling Test) ทดสอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความหนา ความกรอบ และการยอมรับรวม

2.5 วิเคราะห์คุณภาพของผักแผ่น

2.5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) ทดลอง 3 ซ้ำ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) โดยใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ยี่ห้อ Aqua Lab ส่วนปริมาณแคลเซียมวิเคราะห์โดย Atomic absorption ปริมาณเบต้าแคโรทีนวิเคราะห์โดย HPLC วิตามินเอคำนวณจากปริมาณเบต้าแคโรทีน ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำวิเคราะห์โดย Enzymatic gravimetric โดยวิธี In-house method ของโภชนาการมหิดล ทดลอง 2 ซ้ำ

2.5.2 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1) วัดค่าสีของผักแผ่น ด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น CQXE/SAV-2 วัดในระบบ CIE L*, a* และ b* ซึ่งค่า L* คือ ค่าความสว่าง ค่า +a* คือ ค่าสีแดง ค่า -a* คือ ค่าสีเขียว ค่า +b* คือ ค่าสีเหลือง ค่า -b* คือ ค่าสีน้ำเงิน ค่า Chroma (C°) คือ ค่าความเข้มของเฉดสี ค่า Hue (h°) คือ ค่ามุมของสี และค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ทำการทดลอง 6 ซ้ำ โดย Chroma (C°) = $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ Hue = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$

$\Delta E = (\Delta L^{*2}+\Delta a^{*2}+\Delta b^{*2})^{1/2}$ เมื่อ $\Delta L^* = L^*$(ตัวอย่าง) – L_0^*, $\Delta a^* = a^*$(ตัวอย่าง) - a_0^* และ $\Delta b^* = b^*$(ตัวอย่าง) - b_0^*

L_0^*, a_0^* และ b_0^* คือค่าสีของผักก่อนอบแห้ง (นิพัทธา ชาติสุวรรณ และวริพัสย์ อารีกุล, 2553)

2) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT.plus วัดค่าแรงกดแตก (compression force) โดยใช้หัววัดรูปทรงกลม (spherical probe) ขนาด 5 มิลลิเมตร (p/5s) กดจนกระทั่งตัวอย่างแตก ได้กราฟระหว่างแรงและระยะเวลา แรงสูงสุดแสดงถึงความแข็ง (hardness) จำนวนพีค แสดงถึงความกรอบ (crispness) พื้นที่ใต้กราฟแสดงถึงความเหนียว (toughness) ของตัวอย่าง ตามวิธีของ Saencom et al. (2011)

3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 อุณหภูมิอบแห้งผักแผ่นที่เหมาะสม

อุณหภูมิการอบแห้งของผักแผ่นที่ไม่ผสมตัวประสาน โดยการอบแห้งด้วยลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าใช้เวลาในการอบแห้ง 8, 4 และ 3.50 ชั่วโมง ตามลำดับ ความชื้นของผักแผ่น (ตารางที่ 4.1) อยู่ในช่วงร้อยละ 3.77-7.05 การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำจะใช้เวลาในการอบนาน ความชื้นของผักแผ่นแต่ละชนิดที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความชื้นสูงกว่าผักแผ่นที่อบอุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยผักบุ้งแผ่นมีความชื้นสูงที่สุด 7.05, 5.89, 4.87 ความชื้นผักแผ่นอบแห้งแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.1 ความชื้นของกระเจี๊ยบแผ่น ผักบุ้งแผ่น กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น อัตราส่วน 1:1 และกระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น อัตราส่วน 3:1

อุณหภูมิ(°C)	เวลา(ชั่วโมง)	ความชื้น (% wb)			
		ผักบุ้ง	กระเจี๊ยบ	กระเจี๊ยบผสมผักบุ้ง1:1	กระเจี๊ยบผสมผักบุ้ง 3:1
60	8	7.05^{a}±0.73	5.20^{b}±0.14	5.22^{b}±0.60	6.3^{ab}±0.61
70	4	5.89^{a}±0.15	4.46^{ab}±0.35	4.25^{a}±0.93	4.85^{ab}±0.15
80	3.50	4.87^{a}±0.48	3.77^{b}±0.30	3.78^{b}±0.08	3.77^{b}±0.17

$^{a-b}$ ในแนวนอนแสดงถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $P\leq0.05$

ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อค่าสีของผักแผ่นอบแห้งแต่ละชนิด ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส

ผักแผ่น	อุณหภูมิ (°C)	ค่าสี				
		L*	a*	b*	Hue angle	Chroma
กระเจี๊ยบ	60	25.17^{b}±5.51	1.27^{b}±0.40	8.04^{c}±2.12	79.91^{b}±2.95	7.44^{c}±0.02
	70	31.32^{a}±2.89	-0.02^{c}±0.44	16.73^{a}±1.56	90.02^{a}±1.43	16.31^{a}±2.38
	80	24.6^{b}±7.21	2.05^{a}±0.89	12.52^{b}±3.40	79.9^{b}±4.97	12.55^{b}±3.47
ผักบุ้ง	60	18.58^{ns}±4.96	-0.18^{b}±0.15	6.45^{ns}±0.80	91.54^{ns}±1.24	6.45^{ns}±0.81
	70	18.91^{ns}±0.82	-0.33^{b}±0.45	8.38^{ns}±4.09	92.77^{ns}±3.66	8.4^{ns}±4.09
	80	15.481^{ns}±0.39	0.27^{a}±0.46	7.81^{ns}±4.27	91.00^{ns}±7.60	7.83^{ns}±4.27
กระเจี๊ยบผสม	60	20.09^{ns}±5.96	0.65^{b}±0.36	7.12^{b}±2.09	84.68^{b}±3.06	7.16^{b}±2.09
ผักบุ้ง 1:1	70	21.85^{ns}±8.98	-0.09^{c}±0.39	10.1^{a}±3.22	90.16^{a}±1.91	10.11^{a}±3.22
	80	20.14^{ns}±6.58	1.51^{a}±0.47	9.65^{a}±2.27	80.82^{c}±2.78	9.77^{a}±2.27
กระเจี๊ยบผสม	60	23.13^{ns}±5.22	1.07^{a}±0.50	6.6^{b}±1.87	80.66^{b}±3.71	6.69^{b}±1.89
ผักบุ้ง 3:1	70	20.94^{ns}±7.59	0.6^{b}±0.40	11.27^{a}±3.06	86.47^{a}±2.57	11.29^{a}±3.05
	80	21.71^{ns}±7.89	1.3^{a}±0.31	9.58^{a}±2.17	81.9^{b}±2.85	9.68^{a}±2.16

$^{a-c}$ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งของกลุ่มตัวอย่างเดียวกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $P\leq0.05$

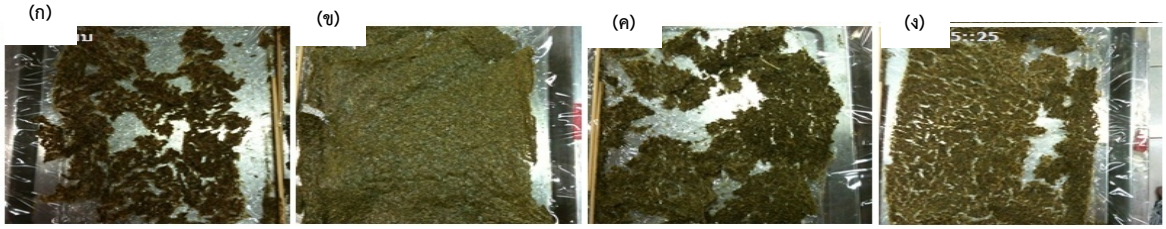
^{ns} แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $P>0.05$

ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อสีของผักแผ่น พบว่าค่า L* ของกระเจี๊ยบอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.2) อาจเนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำเวลานานและการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงเกินไป มีผลทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็นฟีโอไฟตินที่ให้สีเขียวอมน้ำตาล (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2553) จึงทำให้ค่าความสว่างนั้นลดลง ค่า L* ของผักบุ้งแผ่นต่ำกว่าผักชนิดอื่น ค่า a* ของกระเจี๊ยบ ผักบุ้ง กระเจี๊ยบผสมผักบุ้ง 1:1 ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผักแผ่นค่อนข้างเป็นสีเขียว ส่วนอุณหภูมิอื่น ค่า a*

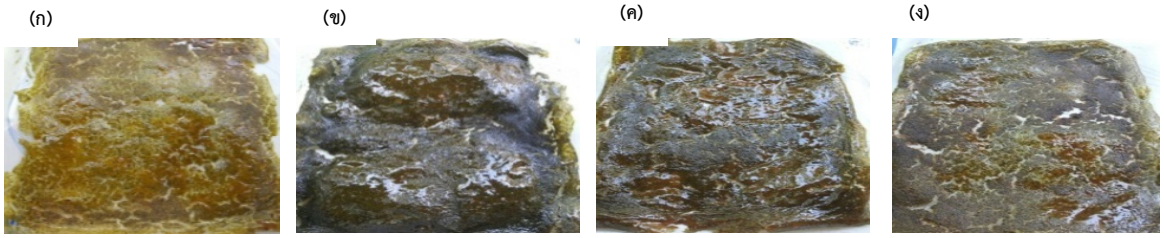
เป็นบวก แสดงว่าค่อนไปทางสีแดง ค่า b* เป็นบวก แสดงว่ามีสีน้ำตาล ผักแผ่นแต่ละชนิดที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ยกเว้นผักบุ้ง มีค่า chroma และ Hue สูงกว่าผักแผ่นที่อบที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส ถ้าค่า Hue มีค่าใกล้ 90 แสดงว่าผักแผ่นมีสีเขียว ผักบุ้งแผ่นมีค่า Hue อยู่ระหว่าง 91-92.77 แสดงว่ามีสีเหลืองอมเขียว ส่วนกระเจี๊ยบแผ่นอบแห้งมีค่า Hue ระหว่าง 79.9-90.02 แสดงว่ามีสีออกเหลือง ผักแผ่นผสมเมื่อเพิ่มปริมาณกระเจี๊ยบจะทำให้ผักมีสีอ่อนลงตามปริมาณของกระเจี๊ยบเนื่องจากกระเจี๊ยบมีเมล็ดสีขาวเมื่อนำมาบดละเอียดจะทำให้ผักแผ่นมีสีที่สว่างมากขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำผักแผ่นที่ทางผู้วิจัยเลือกคือ อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ไม่สูงเกินไปและระยะเวลาในการอบแห้งก็ไม่นานเกินไป จากค่า a* และค่า Hue สีของผักแผ่นที่ได้มีสีเขียวมากกว่าที่อุณหภูมิที่ 60 และ 80 องศาเซลเซียส

3.2 ชนิดของตัวประสานที่เหมาะสม

จากการหาชนิดของตัวประสานที่เหมาะสมดังภาพที่ 4.1 พบว่าผักแผ่นที่ไม่ได้ใช้ตัวประสานขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ไม่ดี ไม่เป็นแผ่นต่อเนื่อง ยกเว้นผักบุ้ง โดยเฉพาะกระเจี๊ยบ เนื่องจากกระเจี๊ยบเมื่อผ่านการลวกจะมีเมือกมาก เมื่อนำไปอบแห้งจะทำให้น้ำที่อยู่ในเมือกระเหยออก เหลือส่วนที่เป็นของแข็งอยู่เพียงเล็กน้อย จึงทำให้กระเจี๊ยบไม่สามารถเกาะตัวกันให้เป็นแผ่นได้ ส่วนผักบุ้งมีกากใยสูงและมีน้ำน้อยกว่ากระเจี๊ยบ เมื่อนำไปอบแห้งสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ ลักษณะของแผ่นที่ได้จะคล้ายกับกระดาษ เหนียว ไม่กรอบ จากปัญหาดังกล่าวจึงต้องใช้ตัวประสานในการช่วยทำให้ผักแผ่นสามารถเกาะตัวกันเป็นแผ่น และกรอบ ตัวประสานที่ใช้ในการศึกษาเบื้องต้นมี 3 ชนิด คือ 1) แป้งมันสำปะหลัง 2) แป้งข้าวเหนียว และ 3) แป้งสาลี



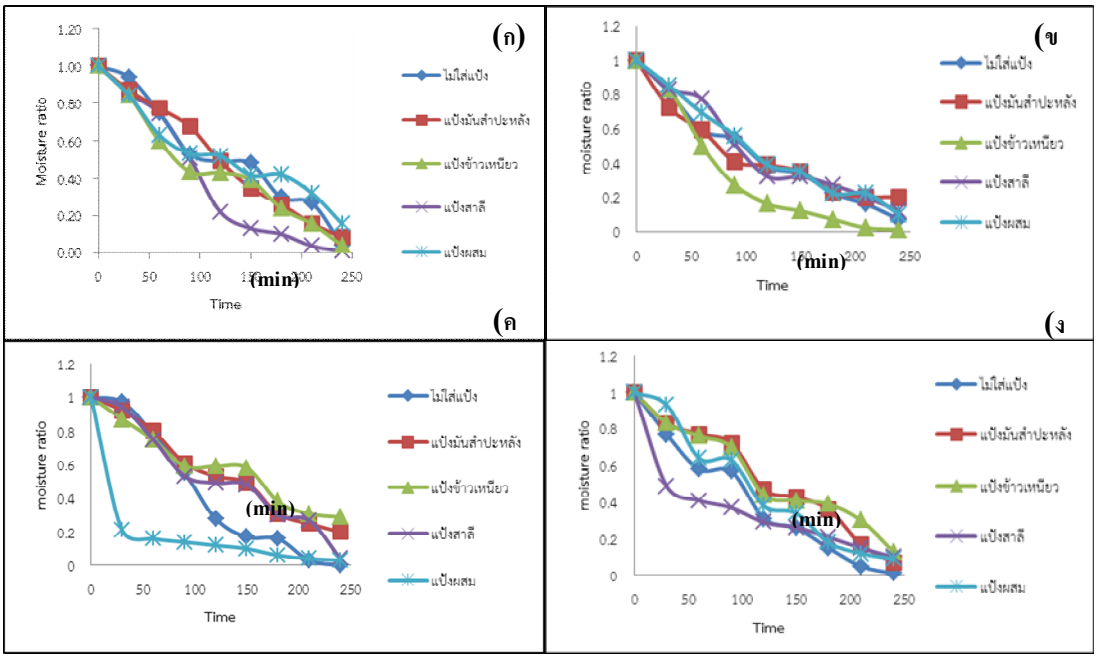
ภาพที่ 4.1 (ก) กระเจี๊ยบแผ่น (ข) ผักบุ้งแผ่น (ค) กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 1:1 และ (ง) กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 3:1 โดยไม่ใช้ตัวประสาน



ภาพที่ 4.2 (ก) กระเจี๊ยบแผ่น (ข) ผักบุ้งแผ่น (ค) กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 1:1 และ (ง) กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 3:1 โดยใช้น้ำแป้งผสมร้อยละ 25 เป็นตัวประสาน

จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่าผักแผ่นทั้งสี่ชนิด ที่ใช้แป้งมันสำปะหลังสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ดี แต่ผักแผ่นที่ได้จะแข็ง เหนียว ผักแผ่นที่ใช้แป้งข้าวเหนียวสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ แต่ผักแผ่นจะแตกง่าย ผักแผ่นที่ใช้แป้งสาลีพบว่ามีความกรอบ แต่ขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ไม่ดี ดังนั้นจึงนำแป้งทั้งสามชนิดมาผสมกันโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งสาลีผสมเข้าด้วยกันในอัตราส่วน 6:2.5:1 ทำให้ผักแผ่นสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ดีมากกว่าการใช้แป้งเพียงชนิดเดียว ดังภาพที่ 4.2 การใช้แป้งเป็นตัวประสานยังสามารถช่วยทำให้กลิ่นของผักลดลง ผิวหน้าของผักแผ่นมีความมันเงามากขึ้น

กราฟระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 4.3 ทำให้ทราบว่าชนิดของผัก และชนิดของตัวประสานมีผลต่ออัตราการอบแห้ง ในระหว่างการอบแห้ง น้ำที่มีอยู่ในผักก็จะระเหยออกทำให้ความชื้นของผักลดลง ผักบุ้งแผ่น (ภาพที่ 4.3 ก) ที่ใช้แป้งสาลีเป็นตัวประสานมีอัตราการอบแห้งสูง เช่นเดียวกับกระเจี๊ยบผสมผักบุ้ง 3:1 (ภาพที่ 4.3 ง) กระเจี๊ยบแผ่น (ภาพที่ 4.3 ข) ที่ใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นตัวประสานมีอัตราการอบแห้งสูง กระเจี๊ยบผสมผักบุ้ง 1:1 (ภาพที่ 4.3 ค) ที่ใช้แป้งผสมเป็นตัวประสานมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการใช้ตัวประสานชนิดอื่น



ภาพที่ 4.3 อัตราส่วนความชื้น (MR) ของผักแผ่นอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ก) ผักบุ้งแผ่น (ข) กระเจี๊ยบแผ่น (ค) กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 1:1 และ (ง) กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 3:1

3.3 วิธีการปรุงรสผักแผ่นที่เหมาะสม

ผักแผ่นทั้งสี่สูตร ที่ใช้แป้งผสมเป็นตัวประสานและอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นำมาปรุงรส 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 นำเครื่องปรุงรสที่เตรียมไว้มาผสมลงในผักบดแล้วนำไปอบแห้ง วิธีที่ 2 คือ เป็นวิธีที่ปรุงน้ำซอส แล้วทาน้ำซอสลงบนผักแผ่น พบว่าการผสมเครื่องปรุงรสลงไปในผัก จะทำให้ผักแผ่นที่อบแห้งเหนียว ใช้เวลาในการอบนานประมาณ 8 ชั่วโมง กว่าความชื้นจะลดลงต่ำกว่าร้อยละ 10 ส่วนวิธีที่ 2 การทาน้ำซอส ลักษณะของผักแผ่นที่ได้จะกรอบ เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจะสั้นกว่าการผสมเครื่องปรุงรสลงไปในผัก และการขึ้นรูปเป็นแผ่นก็จะดีกว่า เนื่องจากน้ำซอสเป็นตัวช่วยในการทำให้ผักแผ่นประสานกัน และทำให้ผิวหน้าผักแผ่นเงาวาว

ตารางที่ 4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นในแต่ละวิธีการปรุงรส

ผักแผ่น	วิธีการปรุง	ค่าความแข็ง (กรัม)	ค่าความเหนียว: (กรัมxวินาที)	ความกรอบ (จำนวนพีค)
กระเจี๊ยบ	แบบทา	497.88^{ns}±98.22	450.09^{b}±219.27	3.20^{ns}±2.17
	แบบผสม	594.72^{ns} ±69.18	877.96^{a}±77.63	2.25^{ns}±1.26
ผักบุ้ง	แบบทา	573.41^{b}±72.35	1,022.34^{b}±228.63	3.00^{ns}±1.41
	แบบผสม	1161.96^{a}±228.72	2,101.37^{a}±124.42	3.00^{ns}±1.41
กระเจี๊ยบผสม	แบบทา	552.51^{b}±89.54	668.29^{b}±255.78	3.00^{ns}±1.41
ผักบุ้ง 1:1	แบบผสม	1,436.42^{a}±283.98	1,931.25^{a}±404.90	1.50^{ns}±0.58
กระเจี๊ยบผสม	แบบทา	629.70^{b}±91.50	688.31^{b}±228.55	4.20^{ns}±1.64
ผักบุ้ง 3:1	แบบผสม	752.06^{a}±86.01	1,397.29^{a}±210.58	2.25^{ns}±0.96

$^{a-b}$ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งของกลุ่มตัวอย่างเดียวกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $P \leq 0.05$
^{ns} แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $P > 0.05$

ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความกรอบ และความเหนียว (ตารางที่ 4.3) พบว่าการปรุงรสโดยการผสมเครื่องปรุงลงในผักแผ่น มีค่าความแข็ง และความเหนียวมากกว่าการทาน้ำซอส ยกเว้นกระเจี๊ยบแผ่นที่ความแข็งไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเติมเครื่องปรุงรสผสมลงในผัก เป็นการเพิ่มสัดส่วนของของแข็ง (solid) ในผักบด ของแข็งเหล่านี้เกิดการแย่งจับกับน้ำ โดยเฉพาะน้ำตาล ทำให้น้ำที่มีอยู่ในผักแผ่นที่เป็นน้ำอิสระกลายเป็นน้ำที่เป็นตัวทำละลาย น้ำจึงระเหยออกไปได้ยาก ทำให้มีปริมาณน้ำที่เป็นตัวทำละลายเหลืออยู่มาก ซึ่งมีผลต่อความกรอบ แตกต่างจากผักแผ่นที่ไม่ได้ผสมเครื่องปรุงรส น้ำในผักจะระเหยออกไปได้ง่าย เหลือปริมาณน้ำอยู่น้อยกว่า ความกรอบของผักแผ่นที่ปรุงรสทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่วิธีการทาน้ำซอสความกรอบมีแนวโน้มมากกว่าผักแผ่นที่ผสมเครื่องปรุงรสลงในผักก่อนอบ ยกเว้นผักบุ้ง

3.4 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

จากตารางที่ 4.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบแบบ Hedonic Scale โดยคะแนน 9=ชอบมากที่สุด และ 1=ไม่ชอบ จากผลการทดลองพบว่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ความหนา และความชอบโดยรวมของผักแผ่นทั้งสี่ชนิดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของสีกระเจี๊ยบแผ่นและผักบุ้งแผ่นในระดับความชอบปานกลาง คือ 6.90 ส่วนความกรอบผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อกระเจี๊ยบแผ่น และกระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 1:1 มากที่สุด ส่วนผักบุ้งแผ่น และกระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 3:1 มีคะแนนความชอบด้านความกรอบน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นทั้งสี่ชนิด พบว่าผู้บริโภคมีความชอบผักแผ่นทั้งสี่ชนิดไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนความชอบอยู่ที่ 6.07-6.27 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ผักแผ่นทั้งสี่สูตรนี้สามารถนำไปใช้ในการผลิตได้ ทั้งนี้กระบวนการผลิตที่มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ของผู้ประกอบการนั้นอาจขึ้นกับปัจจัยอีกหลายอย่าง เช่น การประหยัดพลังงาน ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่มีอยู่

ตารางที่ 4.4 คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผักแผ่นทั้งสี่ชนิด โดยวิธี 9-point Hedonic scale

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	กระเจี๊ยบแผ่น	ผักบุ้งแผ่น	กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 1:1	กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 3:1
สี^{ns}	6.90±1.40	6.90±1.12	6.70±1.49	6.47±1.07
กลิ่น^{ns}	6.23±1.30	6.33±1.42	6.77±1.57	6.50±1.48
รสชาติ^{ns}	6.43±1.17	6.53±1.70	6.77±1.25	6.73±1.51
ความหนา^{ns}	6.40±1.43	6.10±1.16	6.53±1.17	6.27±1.51
ความกรอบ	6.50^{a}±1.28	5.40^{b}±1.07	6.47^{a}±1.61	5.60^{b}±1.35
ความชอบโดยรวม^{ns}	6.27±1.41	6.00±1.31	6.17±1.39	6.07±1.48

$^{a-c}$ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $P\leq0.05$

^{ns} แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $P>0.05$

3.5 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผักแผ่น

คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นทั้งสี่ชนิด (ตารางที่ 4.5) มีปริมาณโปรตีน 8.97-10.37 กรัม ไขมัน 0.24-0.31 กรัม เถ้า 5.16-6.49 กรัม คาร์โบไฮเดรต 51.76-65.26 กรัม ใยอาหารทั้งหมด 14.24-27.81 กรัม ใยอาหารที่ละลายน้ำ 4.20-5.17 กรัม ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 10.04-22.64 กรัม เบต้าแคโรทีน 1,488.52-4,516.40 ไมโครกรัม วิตามินเอ 124.04-376.37 ไมโครกรัม และแคลเซียม 332.12-353.70 มิลลิกรัม ต่อผักแผ่น 100 กรัม ปริมาณโปรตีนและแคลเซียมของผักแผ่นแต่ละชนิดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในส่วนของปริมาณวิตามินเอ ใยอาหาร และเบต้าแคโรทีน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ในกระเจี๊ยบแผ่นมีใยอาหารทั้งหมด 27.81 กรัม ซึ่งเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำ 5.17 กรัม และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 22.64 กรัม โดยมีใยอาหารสูงกว่าผักบุ้งที่มีใยอาหารทั้งหมด 14.24 กรัม ซึ่งเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำ 4.20 กรัม และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 10.04 กรัม ส่วนผักบุ้งแผ่นมีเบต้าแคโรทีน 4,516.40 ไมโครกรัม และวิตามินเอ 376.37 ไมโครกรัม สูงกว่ากระเจี๊ยบแผ่นที่มีเบต้าแคโรทีน 1,488.52 ไมโครกรัม และวิตามินเอ 124.04 ไมโครกรัม ส่วนกระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 1:1 และกระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 3:1 มีกระเจี๊ยบเป็นส่วนผสมจำนวนมาก จึงทำให้ใยอาหารทั้งชนิดละลายน้ำและใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำสูงขึ้น หากมีกระเจี๊ยบเป็นส่วนผสมมากขึ้นก็จะทำให้ผักแผ่นมีปริมาณของวิตามินเอ และเบต้าแคโรทีนลดลง เนื่องจากในกระเจี๊ยบมีเบต้าแคโรทีนน้อยกว่าผักบุ้ง

จากปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคในหนึ่งวันสำหรับคนไทยอายุ 6 ปีขึ้นไป ของกองโภชนาการ (2546) ปริมาณที่แนะนำสำหรับใยอาหารคือ 25 กรัม วิตามินเอ 600-700 ไมโครกรัม แคลเซียม 800 มิลลิกรัม โดยทั่วไปปริมาณที่แนะนำในการบริโภคของผลิตภัณฑ์ประเภทสาหร่ายต่อครั้งประมาณ 20 กรัม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ผักแผ่น จะพบว่าถ้าบริโภคผักแผ่นครั้งละ 20 กรัม จะได้ใยอาหารประมาณ 5 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 20 ของปริมาณที่ควรได้รับแต่ละวัน แสดงว่าผักแผ่นเป็นแหล่งอาหารที่ดีของใยอาหาร เบต้าแคโรทีนประมาณ 570 ไมโครกรัม วิตามินเอในรูปเบต้าแคโรทีนประมาณ 50 ไมโครกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 9 ของปริมาณที่ควรได้รับแต่ละวัน ซึ่งวิตามินเอที่ได้รับจะมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเพราะอยู่ในรูปของเบต้าแคโรทีนไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย สำหรับแคลเซียมร่างกายจะได้รับประมาณ 70 มิลลิกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 9 ของปริมาณที่ควรได้รับแต่ละวัน และยังพบว่าผลิตภัณฑ์ผักแผ่นมีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 10 และมีไขมันค่อนข้างน้อย สรรพคุณที่สำคัญต่อสุขภาพของกระเจี๊ยบเขียวคือ มีกลูตาไทโอนซึ่งมีบทบาทสำคัญในการควบคุมสารอนุมูลอิสระในร่างกาย เมือกของกระเจี๊ยบเขียว ช่วยรักษาอาการปวดท้องจากแผลในกระเพาะอาหารและแผลจากลำไส้เล็กส่วนต้น ยับยั้งความสามารถของเชื้อแบคทีเรีย ในการเกาะเยื่อบุผิวของกระเพาะอาหารที่เป็นสาเหตุของการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ช่วยควบคุมระดับน้ำตาล ช่วยลดคอเลสเตอรอล (สุธาทิพ ภมรประวัติ, 2008 และสุภาภรณ์ ปิติพร, 2557) ผักบุ้งเป็นผักที่มีวิตามินเอซึ่งช่วยบำรุงสายตา มีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินซี สารแคโรทีน-นอยด์ (carotenoids) ที่พบในผักบุ้งจีนได้แก่ เบต้าแคโรทีน (β-carotene) เบต้าคริปโตแซนทิน (β-cryptoxanthin) ลูทีน (lutein) ลูทีนอีพอกไซด์ (lutein epoxide) ไวโอลาแซนทีน (violaxanthin) และนีโอแซนทีน (neoxanthin) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Fu et al., 2011; Chen et al.,1991) จากผลการวิเคราะห์และสรรพคุณของผักบุ้งและกระเจี๊ยบจัดว่าผลิตภัณฑ์ผักแผ่นนี้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เป็นอาหารสำหรับทานเล่นที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

ตารางที่ 4.5 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นทั้งสี่ชนิด

คุณค่าทางโภชนาการ ต่อ 100 กรัม	กระเจี๊ยบ	ผักบุ้ง	กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 1:1	กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 3:1
โปรตีน (g)	10.14^{ns}±0.42	8.97^{ns}±0.93	10.36^{ns}±0.13	10.37^{ns}±0.04
ไขมัน (g)	0.24^{b}±0.03	0.31^{a}±0.04	0.27^{ab}±0.03	0.26^{ab}±0.03
เถ้า (g)	5.16^{d}±0.05	6.49^{a}±0.08	5.82^{b}±0.02	5.49^{c}±0.03
คาร์โบไฮเดรต (g)	51.76^{c}±0.48	65.26^{a}±1.04	57.64^{b}±0.27	53.10^{c}±0.40
ใยอาหารทั้งหมด (g)	27.81^{a}±0.50	14.24^{d}±0.23	21.02^{c}±0.13	24.41^{b}±0.35
ใยอาหารที่ละลายน้ำ (g)	5.17^{a}±0.02	4.20^{d}±0.00	4.68^{c}±0.01	4.92^{b}±0.02
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (g)	22.64^{a}±0.52	10.04^{d}±0.23	16.34^{c}±0.14	19.49^{b}±0.33
β-carotene (µg)	1488.52^{d}±10.85	4516.40^{a}±27.99	3002.46^{b}±8.57	2245.49^{c}±1.14
วิตามินเอ (µg)	124.04^{d}±0.91	376.37^{a}±2.33	250.21^{b}±0.71	187.12^{c}±0.10
แคลเซียม (mg)	332.12^{ns}±13.51	353.70^{ns}±1.14	342.91^{ns}±6.18	337.51^{ns}±9.84

$^{a-c}$ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ $P \leq 0.05$

^{ns} แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $P > 0.05$

คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผักแผ่น (ตารางที่ 4.6) มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 4.81-6.36 มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.370-0.442 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายทะเลอบแห้ง (มผช.515/2547) ที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และค่า a_w ไม่เกิน 0.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นทั้งสี่ชนิด

	กระเจี๊ยบแผ่น	ผักบุ้งแผ่น	กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 1:1	กระเจี๊ยบผสมผักบุ้งแผ่น 3:1
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	4.81^{b}±0.22	4.85^{b}±0.34	4.90^{b}±0.06	6.36^{a}±0.03
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w)	0.392^{b}±0.01	0.442^{a}±0.04	0.400^{b}±0.00	0.370^{b}±0.01

$^{a-b}$ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผักแผ่นทั้งสี่ตัวอย่างซึ่งบรรจุถุงลามิเนตและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.7) พบว่า ปริมาณ *E. coli* น้อยกว่า 3 เอ็มพีเอ็นต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายทะเลอบแห้ง แต่พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งเกินมาตรฐานที่กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างผักแผ่นยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยเพราะไม่พบเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค หรือจุลินทรีย์ที่ทำให้เสื่อมเสียเกินมาตรฐาน เนื่องจากการผลิตผักแผ่นเป็นการผลิตที่ใช้ความร้อนต่ำในการแปรรูป ยกเว้นในขั้นตอนการลวก ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การขึ้นรูปให้เป็นแผ่น การทาน้ำซอส การตัดผักแผ่น และการบรรจุ เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้มือหยิบจับ หรือในขั้นตอนทำให้เย็นอาจเกิดการปนเปื้อน จากผลการทดลองพบว่าต้องมีความเข้มงวดในการรักษาความสะอาดมากขึ้น ทั้งจากสุขลักษณะของผู้ผลิต การล้างมือ ความสะอาดของภาชนะ อุปกรณ์ รวมถึงอากาศที่ถ่ายเทในห้องผลิต โดยเฉพาะห้องบรรจุควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษ ซึ่งควรผลิตในสถานที่ปิดเพื่อลดการปนเปื้อนจากอากาศที่จะผ่านเข้าออก

ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผักแผ่นทั้งสี่ชนิด

ชนิดผักแผ่น	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	*E. coli* (MPN/g)	ยีสต์และรา (cfu/g)
กระเจี๊ยบ	1.00×10^5	< 3	< 100
ผักบุ้ง	4.10×10^4	< 3	< 100
กระเจี๊ยบผสมผักบุ้ง 1:1	3.40×10^5	< 3	< 100
กระเจี๊ยบผสมผักบุ้ง 3:1	8.20×10^5	< 3	< 100

4. บทสรุป

จากการศึกษาการผลิตผักแผ่นจากกระเจี๊ยบเขียวและผักบุ้งจีน พบว่าในการขึ้นรูปผักแผ่นโดยการใช้แป้งเป็นตัวประสานนั้นควรใช้แป้งผสมโดยมีแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งสาลี อัตราส่วน 6:2.5:1 ปริมาณน้ำแป้งที่ใช้ในผักแผ่นคือร้อยละ 25 ของน้ำหนักผัก อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งผักแผ่นคือ 70 องศาเซลเซียส วิธีการปรุงรสผักแผ่นที่เหมาะสมคือ การทาน้ำซอสบนผิวหน้าของผักแผ่น ผักแผ่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี โดยเฉพาะใยอาหารทั้งชนิดละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ วิตามินเอ เบต้าแคโรทีน และแคลเซียม ในการผลิตผักแผ่นควรให้ความสำคัญกับสุขลักษณะของผู้ผลิต สถานที่ และอุปกรณ์ โดยเฉพาะขั้นตอนการบรรจุ ควรบรรจุให้ห้องปิดที่สะอาดเพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรห้วยหมอนทองมุ่งพัฒนา ที่เสนอโจทย์วิจัยที่มีคุณค่าและได้อนุเคราะห์กระเจี๊ยบเขียว และผักบุ้ง ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โครงการนครปฐม 20 ตำบลแห่งความผาสุก และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย กองโภชนาการ. (2546). **ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ.2546.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (รสพ).

กระทรวงอุตสาหกรรม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายทะเลอบแห้ง (มผช. 515/2547).** ค้นเมื่อ 19 พฤษภาคม 2557 จาก http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps515_47.pdf.

จีรภา หินซุย, อุษา มากช่วย และวิภาวรรณ โว้ยสิ้น. (2554). การผลิตสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulvarigida*) แผ่นทอดกรอบ. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาประมง**. (หน้า 517-526). กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.

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

นิพัทธา ชาติสุวรรณ และวริพัสย์ อารีกุล. (2553). พารามิเตอร์สี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโธไซยานินในข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.** (หน้า 252-260). กรุงเทพฯ:มปท.

วัฒนา ดำรงรัตน์กุล. (2548). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่น.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัฒนา ดำรงรัตน์กุล และอนุวัตร แจ้งชัด. (2549). แบบจำลองของการดูดซับความชื้นและการอบแห้งของผักแผ่นปรุงรส. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ**. (หน้า 534-540). กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.

สุธาทิพ ภมรประวัติ. (2008). **กระเจี๊ยบมอญ. หมอชาวบ้าน**. ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2556 จากhttp://www.doctor.or.th/article/detail/1186.

สุภาภรณ์ ปิติพร. (2557). **กระเจี๊ยบเขียวราชาต้านอนุมูลอิสระ. คมชัดลึก.** ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2557 จาก http://www.komchadluek.net/detail/20140206/178248.html.

A.O.A.C. (2000). **Official Method of Analysis**. (17 th ed). The Association of Official Analytical Chemists, Arlington: Virginia.

Chen, B.H., Yang, S.H., & Han, L.H. (1991). Characterization of major carotenoids inwater convolvulus (*Ipomoea aquatica*) by open-column, thin-layer and high performance liquid chromatography. **J. Chromatogr,** 543 (1), 147–155.

Fu, H., Xie, B., Ma, S., Zhu, X., Fan, G., & Pan, S. (2011). Evaluation of antioxidant activities of principal carotenoids available in water spinach (*Ipomoea aquatica*). **J. Food Composition and Analysis,** 24, 288–297.

Saencom S., Chiewchan N., & Devahastin, S. (2011). Production of dried ivy gourd sheet as a health snack**.** **Food and Bioproducts Processing**, 89, 414–421.