



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกระเจียบแดงลดน้ำตาล

Development of Reduced Sugar Roselle Jam Product

นามผู้วิจัย นางสาวนงลักษณ์ งามพิระพงศ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิสิฐ ธรรมวิถี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิจิตา จันทราพรชัย, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกระเจียบแดงลดน้ำตาล

Development of Reduced Sugar Roselle Jam Product

โดย

นางสาวนงลักษณ์ งามพิระพงศ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นางลักษณ์ งามพิระพงศ์ 2557: การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบแดงลดน้ำตาล ปรินญาวิทยาสาตร
มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชา
พัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิสิฐ ธรรมวิถี, Ph.D. 142 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของวิธีการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพกระเจี๊ยบแดงและการพัฒนา
ผลิตภัณฑ์จากกระเจี๊ยบแดงเพื่อสุขภาพ จากการเปรียบเทียบคุณภาพกระเจี๊ยบแดงที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อน (50,
60 และ 70 องศาเซลเซียส) และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ (1920, 2160 และ 2400 วัตต์) พบว่าการ
อบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน ซึ่งจากการคำนวณ
โดยใช้แบบจำลองของลิวอิส (Lewis's model), แบบจำลองของเพจ (Page's model) พบว่าแบบจำลองของเพจสามารถ
อธิบายการอบแห้งได้ดีกว่า โดยมีค่า R^2 และ RMSE อยู่ในช่วง 0.95-0.97 และ 0.08-0.11 ตามลำดับโดยคุณภาพของ
กระเจี๊ยบแดงที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศมีร้อยละการคืนตัว ปริมาณแอนโทไซยานิน และ
คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อน โดยการอบแห้งที่ 1920 W มี
ปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด เท่ากับ 5280.11 mg/100 กรัม น้ำหนักแห้ง และจากการใช้เทคนิคการสัมภาษณ์แบบ
ลำดับขั้น (Laddering interview) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ (Attributes) ผลที่ได้ (Consequences)
และคุณค่า (Values) ของผลิตภัณฑ์แยมสำหรับผู้บริโภค โดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภคแยมจำนวน 100 คน ใช้แบบสอบถาม
ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพและโภชนาการ จากนั้นทำการการจัดกลุ่มด้วยวิธี Cluster analysis สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม
ผู้บริโภคทุกกลุ่มให้ความสนใจไปในแนวทางเดียวกัน คือ ลดน้ำตาลโดยใช้สารทดแทนความหวานและมีคุณสมบัติ
ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยกลุ่มที่ 2 มีการให้คะแนนค่าตามเกี่ยวกับด้านสุขภาพและโภชนาการสูงกว่ากลุ่มอื่นจึงเป็น
กลุ่มที่เป็นเป้าหมายสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากนั้นทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยศึกษาผลของระดับน้ำตาล สตีวี
โอไซด์และชูคาโลส โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ได้สิ่งทดลอง 7 สูตร โดยสูตรที่ 1 (น้ำตาล 175.44
g, สตีวีโอไซด์ 0.133 g, ชูคาโลส 0.066 g) มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด (6.8) จากแผนภาพความชอบ
(Preference mapping) พบว่าลักษณะประจำที่สำคัญคือความคงตัวของเจล ความยาก-ง่ายในการทา การเคี้ยวของ
แยมบนขนมปังและลักษณะปรากฏมีผลต่อค่าความชอบโดยรวม อย่างไรก็ตามแยมสูตรที่ 1 มีปริมาณน้ำตาลสูงและมี
ปริมาณแอนโทไซยานินที่ต่ำ ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 3 เนื่องจากมีน้ำตาลต่ำกว่าและมีสารแอนโทไซยานินสูงที่สุด
จากนั้นนำไปพัฒนาด้านเนื้อสัมผัสของแยม โดยศึกษาอิทธิพลของเพคตินชนิดเมทอกซิลสูงและชนิดเมทอกซิลต่ำ
ชนิดละ 3 ระดับ (ร้อยละ 0.8, 1.0 และ 1.2 โดยน้ำหนัก) พบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p
 >0.05) ในขณะที่การใช้เพคตินชนิดเมทอกซิลสูงร้อยละ 1.2 ให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด จากนั้นทำการ
ทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกจำนวน 150 คน พบว่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบ
เล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และเมื่อให้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์แยมเพื่อสุขภาพและทำการทดสอบด้วยวิธี McNemar's
Test พบว่าสามารถเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภคได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และการศึกษาคุณภาพของแยมกระเจี๊ยบ
ในระหว่างการเก็บรักษานาน 4 เดือน โดยทำการทดสอบทุกสัปดาห์ พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเมื่ออุณหภูมิ
และระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$)

Nonglak Ngampeerpong 2014: Development of Reduced Sugar Roselle Jam Product. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Assistant Professor Pisit Dhamvithee, Ph.D. 142 pages.

The aim of this research were to study the effect of drying methods on the roselle qualities and to develop the roselle jam from the dried roselle. Two methods of drying (tray dry method at 50, 60 and 70 °C and microwave vacuum oven at 1920, 2160 and 2400 watts) were conducted. The results showed that the microwave vacuum oven had less drying time compare to tray dry method. The Lewis's and Page's model were used to describe the drying characteristics of dried roselle. The result showed that Page's model ($R^2 = 0.95-0.97$, RMSE = 0.08-0.11) was appropriated for describing the drying characteristics of dried roselle than those Lewis's model. The dried roselle from microwave vacuum oven had more the higher rehydration rate, anthocyanin content and antioxidant activities than the tray dry method. At 1920 watts of microwave vacuum oven was the suitable condition for maintaining the anthocyanin content (5280.11 mg/100g dried roselle). Laddering interview technique was used to investigate the consumer behaviour including product attribute, consequent and value. A hundred participants were enrolled to answer the health and nutrition questionnaire, then cluster analysis was used to classify all participants into 3 groups. Three groups were found in this study and all groups were interesting in sugar substitution by sweetener and antioxidant properties of plant. Group 2 had the highest scores of question about health and nutrition. Types of sweetener and their levels were carried out by mixture design (7 formulars). Also, 7 formulas were used to evaluate anthocyanin content and sensory evaluation. The results showed that formula 1 (175.44 g sugar, 0.133 g stevioside and 0.066 g sucralose per 500 g jam) had highest scores of overall liking (6.8). As a result of Preference mapping, it was found that stability, spread ability, adhesiveness and appearance were the key attributes of roselle jam. The formular 3 were chose because it had low sugar content and high anthocyanin. For texture development, the high methoxyl pectin and low methoxyl pectin 3 levels (0.8, 1.0 and 1.2%) were carried out. It was found that it had no significant different ($p > 0.05$) in term of anthocyanin content. However, 1.2% of high methoxyl pectin jam was highest score of overall liking. For consumer test (n=150), the overall liking score had slightly over to like moderately and provide information of healthy jam to consumer and determine by McNemar's test ($p \leq 0.05$). In addition, qualities of roselle jam during storage for four months were studied. The results showed that anthocyanin content was decreased when temperature and time of storage were increased ($p \leq 0.05$).

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ แก่ข้าพเจ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิสิฐ ธรรมวิไล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิษฐิดา จันทรพรชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำระหว่างการดำเนินการวิจัยตลอดทั้งการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบริษัท บอร์นตัน แอนด์ จาคอบ ที่ให้ความอนุเคราะห์เพคตินเมทอคซิลต่ำ ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทุกท่านที่กรุณาให้ความรู้และอบรมสั่งสอนในเรื่องต่างๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่คอยอำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนเพื่อน พี่ และน้อง นิสิตปริญญาตรี นิสิตปริญญาโทและนิสิตปริญญาเอกทุกท่านที่ช่วยเหลือเป็นกำลังใจในการดำเนินงานวิจัยจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวและญาติพี่น้อง ที่ให้การสนับสนุน ความห่วงใย ความช่วยเหลือ ตลอดจนเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แก่ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านหากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัยและขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

นางลักษณ์ งามพิระพงศ์

มิถุนายน 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	36
อุปกรณ์	36
วิธีการ	39
ผลและวิจารณ์	49
สรุปและข้อเสนอแนะ	96
สรุป	96
ข้อเสนอแนะ	97
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	98
ภาคผนวก	113
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	114
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	117
ภาคผนวก ค แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	125
ภาคผนวก ง แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	132
ภาคผนวก จ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน สมุนไพรแห้ง	136
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	142

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางอาหารของกระเจี๊ยบแดงสด 100 กรัม	6
2	คุณสมบัติทางเคมีของกระเจี๊ยบแดง	7
3	แอนโทไซยานินในพืชและผลไม้บางชนิด	9
4	ชนิดของแอนโทไซยานินที่พบในผลไม้	10
5	อัตราส่วนผสมของแยมผลไม้แต่ละชนิด	23
6	สารให้ความหวานที่พบในหญ้าหวาน	28
7	สูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบแดง	42
8	ปริมาณสารให้ความหวาน 3 ชนิดในสิ่งทดลองทั้ง 7 สูตร	44
9	ค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพของแบบจำลองของกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง	52
10	ค่าร้อยละความชื้น วอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) และ อัตราการคืนตัวของกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง	53
11	ค่าสีของกระเจี๊ยบแดงสดและกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง	54
12	ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกระเจี๊ยบแดงสดและกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง	60
13	ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคระบุจากการสัมภาษณ์แบบลำดับขึ้น	63
14	คะแนนเฉลี่ยของผู้ทดสอบในแต่ละกลุ่มจากแบบสอบถามทางด้านทัศนคติเกี่ยวกับสุขภาพและโภชนาการ	64
15	ปริมาณของน้ำตาล สตีวิโอไซด์ และซูคราโลสที่แตกต่างกันใน 7 สิ่งทดลอง	70
16	ค่าสีของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ 7 สูตร	71
17	ค่าคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ 7 สูตร	72
18	ปริมาณแอนโทไซยานิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) ของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ 7 สูตร	73
19	คะแนนความชอบเฉลี่ยของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพทั้ง 7 สูตร	76
20	ค่าสีของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่ใช้เมทอซีลเพคตินต่างชนิดและปริมาณ	77

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	ค่าคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่ใช้เมทอคซิลเพคตินต่างชนิดและปริมาณ	78
22	ปริมาณแอนโทไซยานิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) ของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่ใช้เมทอคซิลเพคตินต่างชนิดและปริมาณ	79
23	คะแนนความชอบเฉลี่ยของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่ใช้เมทอคซิลเพคตินต่างชนิดและปริมาณ	80
24	ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค	81
25	คะแนนความชอบเฉลี่ยของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ	82
26	การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพก่อนและหลังการได้รับข้อมูลเพื่อสุขภาพ	83
27	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 กรัม กระเจี๊ยบแดงแห้ง) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	84
28	การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	85
29	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	86
30	การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L^*) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	87
31	การเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a^*) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	88
32	การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b^*) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	88
33	การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มของสี (C^*) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	89
34	การเปลี่ยนแปลงของค่ามุมของสี (h) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
35	การเปลี่ยนแปลงของค่า Gel Strength (g) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	92
36	การเปลี่ยนแปลงของค่า Rupture Strength (g) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	93
37	การเปลี่ยนแปลงของค่า Brittleness (mm) ของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา	94
38	การเปลี่ยนแปลงของค่า Adhesiveness (gsec) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา	95

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปลี่ยนสีของแอนโทไซยานินที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆ	12
2	แสดงผลของเพคติน น้ำตาลและ ค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการเกิดเจล	20
3	ขั้นตอนการทำแยมผลไม้ทั่วไป	24
4	ขั้นตอนการทำแยมกระเจี๊ยบสด	25
5	หญ้าหวาน	26
6	สูตรโครงสร้างของสตีวียอไซด์	27
7	โครงสร้างของซูคราโลส	29
8	เปรียบเทียบลักษณะรสชาติซูคราโลสและน้ำตาล	30
9	ตัวอย่างแผนภาพ Hierarchical value map จากการศึกษาความเข้าใจการบริโภคโยเกิร์ตธรรมชาติและโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพด้วยเทคนิค word association and hard laddering	34
10	ตัวอย่างแผนภาพ Hierarchical value map จากการใช้เทคนิค Laddering ศึกษาการตัดสินใจซื้อและพฤติกรรมการบริโภคน้ำนมมะกอกของชาวเคลิฟอเนีย	35
11	ตัวอย่างรูปผลิตภัณฑ์แยมที่ใช้ในการสัมภาษณ์	41
12	ขั้นตอนการทำแยมกระเจี๊ยบจากกระเจี๊ยบแห้ง	43
13	การเปลี่ยนแปลงความชื้นในระหว่างการอบแห้งที่ระดับความร้อนและระยะเวลาต่างๆของการอบแห้งด้วย ก) ระบบลมร้อน ข)ระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ	50
14	แผนภาพลำดับขั้นของผู้บริโภคทั้งหมด	66
15	แผนภาพลำดับขั้นของผู้บริโภคกลุ่มที่ 1	67
16	แผนภาพลำดับขั้นของผู้บริโภคกลุ่มที่ 2	68
17	แผนภาพลำดับขั้นของผู้บริโภคกลุ่มที่ 3	69
18	แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาล	75

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ภาพผนวกที่		
ก1	กราฟของแรงและเวลาจากการทดสอบด้านเนื้อสัมผัสโดยการกดลงบนตัวอย่าง แฮม	115
ค1	ตัวอย่างรูปผลิตภัณฑ์แฮมที่ใช้ในการสัมภาษณ์	129
ค2	ตัวอย่างคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์โดยใช้เทคนิค Laddering	130
ค3	ขั้นตอนการทดสอบโดยใช้เทคนิค Laddering	131

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบแดงลดน้ำตาล

Development of Reduced Sugar Roselle Jam Product

คำนำ

ปัจจุบันประชาชนหันมาให้ความสนใจสุขภาพมากขึ้น สืบเนื่องจากตลาดอาหารสุขภาพที่มีอัตราการขยายตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการจัดทำข้อมูลศึกษาทิศทางตลาดอาหารเพื่อสุขภาพของโลก โดยสถาบันอาหาร คาดการณ์ว่า ในปี 2552 จะมีมูลค่าตลาดรวมเท่ากับ 5.3 หมื่นล้านเหรียญสหรัฐและในปี 2553 จะเพิ่มขึ้นเป็น 6.15 หมื่นล้านเหรียญสหรัฐ กระทั่งถึงปี 2556 ประเมินว่า มูลค่าตลาดรวมจะเพิ่มเป็น 9.05 หมื่นล้านเหรียญสหรัฐ (เคเอสเอ็มอีแคร์, 2552) ซึ่งการคาดการณ์ด้านการขยายตัวของตลาดอาหารเพื่อสุขภาพนี้จะรวมถึงตลาดในประเทศไทยด้วย

สำหรับประเทศไทยนั้น ประชาชนหันมาให้ความสนใจในเรื่องการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคเบาหวานและโรคของความสัมพันธ์อันเนื่องมาจากภาวะสูงอายุ โดยปัจจัยหลักที่คาดว่าจะช่วยลดความเสี่ยงดังกล่าวได้ คือ อาหารเพื่อสุขภาพที่มีส่วนประกอบของพืช ผัก สมุนไพรไทย ซึ่งจัดว่าเป็นแหล่งรวมของสารพฤกษเคมีที่สำคัญต่างๆ (Phytochemicals) ที่มีประโยชน์เชิงสุขภาพ

กระเจี๊ยบแดง (Roselle, *Hibiscus sabdariffa* Linn.) เป็นทั้งพืชสมุนไพรและพืชเศรษฐกิจตัวหนึ่งที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ส่งเสริมให้ประชาชนปลูก เพราะนอกจากจะมีตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศเยอรมัน จากการศึกษาวิจัยเศรษฐกิจสมุนไพร ปี 2550 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่า กระเจี๊ยบแดง เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจสมุนไพรที่มีคู่ทางการตลาด มีโอกาสที่จะพัฒนาทางการค้าและมีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้น (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) นอกจากนั้นแล้ว กระเจี๊ยบแดงยังเป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายด้าน จากข้อมูลงานวิจัยหลายงานวิจัย แสดงให้เห็นว่ากระเจี๊ยบแดงสามารถเป็นทั้งยาและอาหารที่ป้องกันรักษาโรคได้ดี เช่น มีความสามารถในการลดความดันโลหิต ลดไขมันในเลือดฤทธิ์ด้านการเกิดพิษต่อตับ ฤทธิ์ขับปัสสาวะ เป็นต้น (Badreldin *et al.*, 2005; Adaramoye *et al.*, 2008; Ross, 2003; Wang *et al.*, 2000)

กระเจี๊ยบแดงเป็นสมุนไพรไทยที่หาได้ง่าย มีจำนวนมาก และมีราคาไม่แพงแต่กลับไม่ได้ได้รับความสนใจนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรม เช่นเดียวกับ ผลไม้เมืองหนาวจำพวก สตรอเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ หากเปรียบเทียบถึงประโยชน์ที่ได้รับจากกระเจี๊ยบก็ให้คุณค่าไม่ด้อยไปกว่าผลไม้ชนิดต่างๆ เลย และยังมีราคาถูกกว่ามาก กระเจี๊ยบแดงจึงมีความน่าสนใจที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต่อไป กระเจี๊ยบแดงที่นำมาใช้มักอยู่ในรูปกระเจี๊ยบอบแห้ง ซึ่งปัญหาสำคัญที่พบของการผลิต คือ การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกสุขลักษณะทำให้เกิดการปนเปื้อนฝุ่นละอองและเชื้อรา การขาดมาตรฐานการผลิตทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพทั้งทางด้านกายภาพและเคมีที่ไม่แน่นอน สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550) ยังให้ความเห็นเพิ่มเติมว่า เพื่อให้การพัฒนาผลผลิตมีความชัดเจนและสอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น จึงเห็นควรเร่งรัดให้มีการวิจัยและพัฒนาสายพันธุ์ที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด สนับสนุนการแปรรูปให้มีความหลากหลายเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม วิจัยตลาดถึงความต้องการพฤติกรรมผู้บริโภค (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องพัฒนารูปแบบการผลิตให้ได้กระเจี๊ยบแดงแห้งที่มีคุณภาพและคงไว้ซึ่งสารพฤกษเคมีสำคัญที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ไปจนถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพใหม่ๆ เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคโดยที่มีองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่เอื้อต่อความคงตัวของสารสำคัญต่างๆ ที่มีอยู่ในกระเจี๊ยบทั้งในด้านปริมาณและประสิทธิภาพทางด้านสุขภาพอย่างสูงสุด อีกทั้งยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป นับเป็นหนึ่งในทางเลือกเพื่อสุขภาพในการส่งเสริมให้คนไทยมีสุขภาพดี ลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังและลดภาระการดูแลรักษาผู้ป่วยได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของวิธีการอบแห้งระหว่างวิธีตู้อบลมร้อนและวิธีไมโครเวฟร่วมสุญญากาศต่อคุณภาพของกระเจี๊ยบแดงแห้ง
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แฮมกระเจี๊ยบแดง
3. พัฒนาผลิตภัณฑ์แฮมกระเจี๊ยบแดงเพื่อสุขภาพโดยการลดน้ำตาลและมีสารแอนโทไซยานิน

นิน

การตรวจเอกสาร

1. กระเจี๊ยบแดง

1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระเจี๊ยบแดง

กระเจี๊ยบแดงเป็นพืชล้มลุกอยู่ในตระกูล Malvaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Hibiscus sabdariffa* Linn. มีชื่อสามัญว่า Roselle, Jamaica Sorrel หรือ Roselle of Rama มีชื่อเรียกในประเทศไทยหลายชื่อ ภาคกลางเรียกว่า กระเจี๊ยบแดง ภาคเหนือเรียกผักกึ่งเตี้ง ภาคอีสานเรียกว่า ส้มพอดิ หรือส้มพอเหมาะ กระเจี๊ยบแดงเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก สูง 1-2 เมตร ลำต้นและกิ่งก้านมีสีแดงอมม่วง ใบเป็นใบเดี่ยว กว้างยาวพองกัน ประมาณ 8-15 เซนติเมตร ก้านใบยาว ขอบใบหยักลึกคล้ายนิ้วมือ 3 หรือ 5 แฉก ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกที่ซอกใบ กลีบดอกสีชมพูหรือสีแดง โคนกลีบด้านในมีสีม่วงแดง เกสรตัวผู้เชื่อมกันเป็นหลอด ดอกที่ได้รับการผสมเกสรแล้วกลีบดอกจะร่วง กลีบเลี้ยงจะขยายใหญ่ หนาและแข็งสีแดงเข้ม กระเจี๊ยบแดงชอบอากาศร้อนสามารถปลูกได้ทั่วไป ขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิด แต่ไม่ชอบดินที่มีน้ำขัง ก่อนข้างทนแล้ง ต้องการน้ำช่วงต้นยังเล็กอยู่ เมื่อโตมีความต้องการน้ำน้อยลง กระเจี๊ยบแดงเป็นพืชตอบสนองต่อช่วงแสง จะออกดอกเมื่อมีช่วงแสงน้อยกว่า 12.0 ชั่วโมง ฉะนั้นจึงปลูกปลายฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมได้ดีเพราะมีเวลาเจริญเติบโตทางลำต้นเพียงพอที่จะให้ผลผลิตสูงสุด ถ้าปลูกช่วงต้นฤดูฝน (พฤษภาคมถึงมิถุนายน) หรือก่อนระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมจะให้ผลผลิตต่ำเพราะว่ากระเจี๊ยบแดงจะมีทรงต้นใหญ่ แต่ให้ปริมาณดอกและกลีบเลี้ยงน้อย เช่นเดียวกับการปลูกในช่วงฤดูหนาวหรือปลูกในช่วงที่ไม่เหมาะสม ส่วนพันธุ์กระเจี๊ยบแดงที่ปลูกกันในประเทศไทยมีด้วยกันหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์ชูดานเป็นพันธุ์ที่มีกลีบสีแดงถึงแดงเข้ม ส่วนพันธุ์บลูชิลเป็นต้นนำเข้ามาจากเยอรมันตะวันตกมีลักษณะกลีบเลี้ยงโตและหนา สีแดงเข้ม ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีพันธุ์เอส-2760 ซึ่งถึงแม้ว่าจะเป็นพันธุ์ที่ให้กลีบเลี้ยงค่อนข้างดกและสีแดงแต่มีข้อเสียที่กลีบค่อนข้างบาง (แลล้ม และคณะ, 2545)

1.2 ส่วนประกอบและคุณค่าทางอาหารของกระเจี๊ยบแดง

ส่วนของกระเจี๊ยบแดงที่นำมาใช้ประโยชน์มีทั้งส่วนที่เป็นใบ ยอดอ่อน ผลอ่อน เมล็ด และกลีบรองดอก

ใบอ่อนและยอดอ่อน มีรสเปรี้ยว สามารถรับประทานได้ทั้งสดและนำมาใช้ปรุงอาหาร เช่น ต้ม แกง เพื่อให้อาหารมีรสเปรี้ยว นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ใบอ่อนและยอดอ่อน มีวิตามินเอ แคลเซียมและฟอสฟอรัสในปริมาณสูง (นิรนาม, ม.ป.ป.)

ผลอ่อน มีฤทธิ์เป็นยา ช่วยขับพยาธิตัวจิ๋ว ผลแห้งมีฤทธิ์รักษาโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ (สุรชาติพ, 2551)

เมล็ดใช้เป็นยาระบาย ขับปัสสาวะ และยาบำรุง (สุรชาติพ, 2551) นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมยังนำเมล็ดมาใช้ร่วมกับสารส้ม เพื่อช่วยตกตะกอนในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (นิรนาม, ม.ป.ป.)

กลีบรองดอก หรือที่มักนิยมเรียกว่า ดอกกระเจี๊ยบ เป็นส่วนที่นิยมใช้มากที่สุด สามารถนำมาใช้เป็นอาหาร เช่น เครื่องดื่ม เจลลี่ แยม ไอศกรีม ซอส เนื่องจากในดอกกระเจี๊ยบมีองค์ประกอบต่างๆที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น มีเพคติน, กรดแอสคอร์บิกสูง เป็นต้น (Gonzalez-Palomares *et al.*, 2009) ใช้เป็นยาจะใช้ทั้งดอกแห้งต้มน้ำดื่มหรือบดเป็นผงแล้วชงเป็นชาก็ได้หรือใช้ในอุตสาหกรรม โดยสกัดเป็นสีผสมอาหารหรือสีธรรมชาติเพื่อใช้ทำกระดาษหรือย้อมผ้าเนื่องจากรงควัตถุแอนโทไซยานินสูง (Gonzalez-Palomares *et al.*, 2009; นิรนาม, ม.ป.ป.)

แฉล้ม และคณะ (2545) รายงานคุณค่าทางอาหารของกระเจี๊ยบแดง ดังแสดงในตารางที่ 1 อีกทั้งยังกล่าวว่ากระเจี๊ยบแดงเป็นแหล่งของแคลเซียม ฟอสฟอรัสและวิตามินเอ นอกจากนี้ Wong *et al.* (2002) ยังศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของกระเจี๊ยบแดงไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของกระเจี๊ยบแดงสด 100 กรัม

คุณค่าทางอาหาร	ค่า
ความชื้น (ร้อยละ)	86.60
พลังงานทั้งหมด (แคลลอรี)	460.00
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	0.30
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (กรัม)	9.40
เส้นใย (กรัม)	1.30
โปรตีน (กรัม)	1.40
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	151.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	59.00
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.00
วิตามิน บี1 (มิลลิกรัม)	0.01
วิตามิน บี2 (มิลลิกรัม)	0.24
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	1.80
วิตามิน เอ (IU)	10,833.00

ที่มา: แกล้ม และคณะ (2545)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของกระเจี๊ยบแดง

คุณสมบัติทางเคมี	ค่า
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	2.49±0.00
กรดทั้งหมด, คือ กรดมาลิก (ร้อยละ)	2.42±0.03
ของแข็งทั้งหมด (°Brix)	3.30±0.12
แอนโทไซยานินทั้งหมด, คือ delphinidin 3-glucoside (กรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	2.52±0.05
น้ำตาล (กรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	
กลูโคส	1.29±0.15
ฟรุคโตส	1.12±0.26
ซูโครส	0.87±0.21
กรดอินทรีย์ (กรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	
กรดซัคซิน	0.51±0.08
กรดออกซาลิก	0.43±0.05
กรดทาร์ทาริก	0.17±0.03
กรดมาลิก	0.12±0.03
กรดแอสคอร์บิก (กรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	141.09±22.54
เบต้าแคโรทีน (กรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	1.88±0.31
ไลโคพีน (ไมโครกรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	164.34±70.10

ที่มา: Wong *et al.* (2002)

สารสำคัญที่พบมากในกระเจี๊ยบแดง คือ สารในกลุ่มแอนโทไซยานิน นอกจากนี้ยังพบ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น cysanthemin, delphinidin-3-O-sambubioside, myricetin, hibiscitrin, gossypitrin สารกลุ่มฟีนอลโปรพานอยด์ เช่น orthocoumaric acid paracoumaric acid, ferulic acid สารกลุ่มโพลีฟีนอล ได้แก่ protocatechuic acid (Pinsuwan *et al.*, 2010)

2. แอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้ และอยู่ในเซลล์เซป (เซลล์น้ำหล่อเลี้ยง) ของพืช ให้สีแดง น้ำเงิน และม่วง ในผักและผลไม้ (นิธิยา, 2545) เช่น กะหล่ำปลีม่วง กระเจี๊ยบแดง ผลไม้เปลือกแดง เช่น แอปเปิ้ล ชมพูesa แผลก และมั่งคุด รงควัตถุชนิดนี้จะมียู่ที่เปลือกเท่านั้น จะไม่มีอยู่ในเนื้อของผลไม้ (ปารมี, 2550; รัชนิ, 2526)

โมเลกุลของแอนโทไซยานินเป็นไกลโคไซด์ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นน้ำตาลและส่วนที่เป็นอะไกลโคน (aglycones) เรียกว่า แอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidins) ซึ่งแยกออกจากกันได้โดยการไฮโดรไลซิสด้วยกรด ในเนื้อเยื่อพืชจะไม่พบอะไกลโคนในรูปอิสระ พบเฉพาะที่อยู่ในรูปไกลโคไซด์ คือ น้ำตาลรวมกับเอสเทอร์เท่านั้น (นิธิยา, 2545)

น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของแอนโทไซยานิน จะมี 1, 2 หรือ 3 โมเลกุลก็ได้ และเป็นได้ทั้ง โมโน- ได- และไตรแซ็กคาไรด์ โมเลกุลของน้ำตาลส่วนใหญ่จะเกาะกับหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลของแอนโทไซยานิดิน โดยเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่ตำแหน่ง 3 ถ้าเป็นไดไกลโคไซด์จะเกาะที่ตำแหน่ง 3 และ 5 หรือ 3 และ 7 ของหมู่ไฮดรอกซิล

กระเจี๊ยบแดงประกอบด้วยเม็ดสีแอนโทไซยานินจำนวนมาก กระเจี๊ยบแดงเป็นแหล่งที่สำคัญของแอนโทไซยานินในธรรมชาติ แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Tsai *et al.*, 2002)

โดยในกระเจี๊ยบจะประกอบไปด้วยแอนโทไซยานินหลัก 2 ชนิด คือ delphinidin-3-sambubioside หรือ delphinidin-3-xylosylglucoside หรือ hibiscin และ cyanidin-3-sambubioside หรือ cyanidin-3-xylosylglucoside หรือ gossypicyanin และแอนโทไซยานิน 2 ชนิดรองคือ delphinidin-3-glucoside และ cyanidin-3-glucoside (Du and Francis, 1973)

ตารางที่ 3 แอนโทไซยานิดินในพืชและผลไม้บางชนิด

ชนิดของผลไม้และผัก	แอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidin)
แครนเบอร์รี่ (Cranberries)	Peonidin
แอปเปิ้ล (Apple)	Cyanidin
แบล็กเคอร์เร้นท์ (Black currants)	Cyanidin and Delphinidin
บลูเบอร์รี่ (Blueberries)	Cyanidin, Delphinidin, Malvidin and Peonidin
กะหล่ำม่วง (Red cabbages)	Cyanidin
เชอร์รี่ (Cherries)	Cyanidin and Peonidin
ส้ม (Oranges)	Cyanidin and Delphinidin
พลัม (Plums)	Cyanidin and Peonidin
แรดิช (Radishes)	Pelargonidin
ราสเบอร์รี่ (Raspberries)	Cyanidin
สตรอเบอร์รี่ (Strawberries)	Pelargonidin and Cyanidin
องุ่น (Grapes)	Malvidin, Delphinidin, Cyanidin, Peonidin, Petunidin and Pelargonidin
ลูกพีช (Peach)	Cyanidin
มะเขือม่วง (Egg plant)	Delphinidin
แบล็กเบอร์รี่ (Blackberry)	Cyanidin
บิลเบอร์รี่ (Bilberry)	Delphinidin, Malvidin, Petunidin
ไช้คเบอร์รี่ (Chokeberry)	Cyanidin
กระเจี๊ยบแดง (Roselle)	Delphinidin, Cyanidin and Eyanidin

ที่มา: ดัดแปลงจาก Deman (1990)

ตารางที่ 4 ชนิดของแอนโทไซยานินที่พบในผลไม้

ชนิดของผลไม้และผัก	แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)
แครนเบอร์รี่ (Cranberries)	Cyanidin 3-galactoside Peonidin 3-galactoside Cyanidin 3-arabinoside Peonidin 3-arabinoside
แอปเปิ้ล (Apple)	Cyanidin 3-galactoside Cyanidin 3-arabinoside Cyanidin 7-arabinoside
แบล็กเคอร์เร้นท์ (Black currants)	Cyanidin 3-glucoside Cyanidin 3-rutinoside Delphinidin 3-glucoside Delphinidin 3-rutinoside
เชอร์รี่ (Cherries)	Cyanidin 3-rutinoside Cyanidin 3-glucoside Cyanidin 3-gentiobioside Peonidin 3-glucoside Peonidin 3-rutinoside
ราสเบอร์รี่ (Raspberries)	Cyanidin 3-glucoside Cyanidin 3-5-diglucoside Cyanidin 3-diglucoside Cyanidin 3-rhamnoglucoside-5-glucoside
สตรอเบอร์รี่ (Strawberries)	Quercetin 3-glucoside Kaempferol 3-glucoside Pelargonidin 3-glucoside Cyanidin 3-glucoside
องุ่น (Grapes)	Delphinidin 3-5-diglucoside Petunidin 3-glucoside Malvidin 3-glucoside

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ชนิดของผลไม้และผัก	แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)
องุ่น (Grapes) (cont.)	Malvidin 3-5-diglucoside Kaempferol 3-glucoside Quercetin 3-glucoside Myricetin 3-glucoside Cyanidin 3-glucoside Peonidin 3-glucoside
แบล็กเบอร์รี่ (Blackberry)	Cyanidin 3-glucoside Cyanidin 3-rutinoside
บิลเบอร์รี่ (Bilberry)	Delphinidin 3-glucoside Malvidin 3-glucoside Petunidin 3-glucoside
โช๊คเบอร์รี่ (Chokeberry)	Cyanidin 3-galactoside Cyanidin 3-arabinoside Cyanidin 3-glucoside Cyanidin 3-xylosylglucoside
หน่อไม้ฝรั่ง (Asparagus)	Cyanidin 3-5-diglucoside Cyanidin 5-glucoside
มะเขือม่วง (Egg plant)	Delphinidin 3-5-diglucoside Delphinidin 3-glucoside Delphinidin 3-diglucoside-5-glucoside
กระเจี๊ยบแดง (Roselle)	Delphinidin 3-xylosylglucoside Cyanidin 3-xylosylglucoside Delphinidin 3-glucoside Eyanidin 3-glucoside

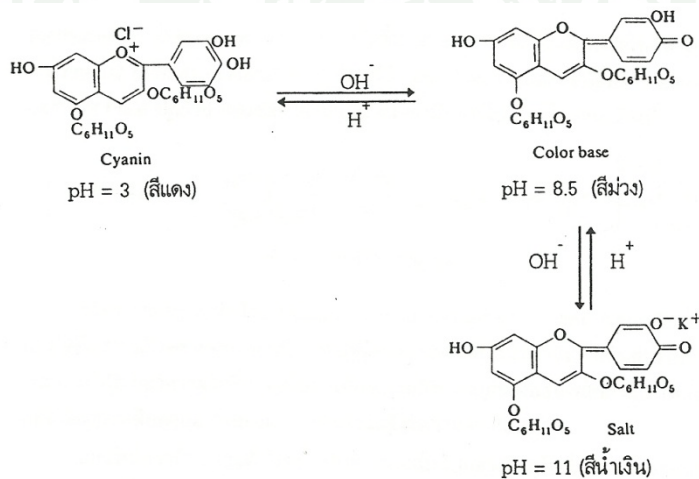
ที่มา: ดัดแปลงจาก Deman (1990)

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการคงตัวของสีและแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินในเซลล์ของพืชหรือในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืชนั้นไม่ค่อยเสถียร เมื่อโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้สีเปลี่ยนแปลงไปด้วย (จริงแท้, 2541) สีและการคงตัวของแอนโทไซยานิน มีปัจจัยหลักที่มีผลคือ โครงสร้างทางเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความร้อน ออกซิเจน และแสงสว่าง (นิธิยา, 2545)

2.1.1 โครงสร้างทางเคมี หากในโครงสร้างวงแหวนฟีนอลมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลหรือหมู่เมทอกซิล ($-OCH_3$) เพิ่มขึ้น จะมีผลต่อสีแอนโทไซยานิน เช่น การเพิ่มหมู่ไฮดรอกซิลให้มากขึ้นจะทำให้สีเข้มขึ้น และสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินมากขึ้นด้วย และการเพิ่มหมู่เมทอกซิลแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง 3' และ 5' จะทำให้มีสีแดงเพิ่มขึ้น

2.1.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายที่แอนโทไซยานินละลายอยู่ มีผลต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานิน ทำให้เปลี่ยนสีได้



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนสีของแอนโทไซยานินที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆ

ที่มา: นิธิยา (2545)

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ยังเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของผักและผลไม้ เช่น ระหว่างการสุกของผลไม้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH มีผลทำให้สีของผลไม้เปลี่ยนไปได้โดยเฉพาะผลไม้จำพวกเบอร์รี่ การเปลี่ยนสีเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง pH ยังขึ้นอยู่กับเกลือของแอนโทไซยานินด้วยว่าเป็นโพแทสเซียมไอออน โซเดียมไอออน แคลเซียมไอออน หรือแอมโมเนียมไอออน

2.1.3 อุณหภูมิ ความร้อนจะทำให้สมดุลไปเปลี่ยนไปสู่รูปแบบ chalcone และทำให้ปฏิกิริยาย้อนกลับช้าลงกว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น กลไกของการสลายตัวของแอนโทไซยานินด้วยความร้อนมี 3 ทาง (Damodaran *et.al.*, 2007) คือ

2.1.3.1 Flavylium cation เปลี่ยนเป็น quinonoidal base และสุดท้ายจะกลายเป็นอนุพันธ์ของcoumarinc และ ส่วนประกอบเหมือนกับ B-ring

2.1.3.2 Flavylium cation เปลี่ยนเป็น cabinal base ซึ่งไม่มีสี แล้วจะเปลี่ยนไปสู่ chalcone สุดท้ายจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาล

2.1.3.3 แบบที่สามจะคล้ายกันกับแบบอื่น ยกเว้น chalcone ในผลิตภัณฑ์ที่มีการสลายกลไกการสลายตัวของแอนโทไซยานินด้วยความร้อนขึ้นอยู่กับประเภทของแอนโทไซยานินและอุณหภูมิที่จะสลาย

Skrede and Wrolstad (2002) ได้ทำการศึกษาค่าครึ่งชีวิต (Half life) ของปริมาณแอนโทไซยานินในน้ำสตรอเบอร์รี่ พบว่า ที่อุณหภูมิ 20, 38, และ 100 องศาเซลเซียส มีค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานินเท่ากับ 1300, 240 และ 1 ชั่วโมงตามลำดับ จากการทดลองจึงสรุปผลได้ว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจาก 20 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานินในน้ำสตรอเบอร์รี่มีค่าลดลงจาก 1300 ชั่วโมงเป็น 1 ชั่วโมงหรือประมาณ 1300 เท่า

Wicklund *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการคงตัวของแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์แยมสตรอเบอร์รี่ เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 20 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินของแยมสตรอเบอร์รี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 29.40 มิลลิกรัม/สตรอเบอร์รี่สด 100 กรัม ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณแอนโทไซยานินของ

แอมสโตรอเบอร์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.20 มิลลิกรัม/สโตรอเบอร์สด 100 กรัม

Aina and Shodipe (2006) ทำการศึกษาความสามารถในการคงตัวของแอนโทไซยานินในน้ำกระเจี๊ยบแดง โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 27 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานิน 7.23 มิลลิกรัม/น้ำกระเจี๊ยบ 100 มิลลิลิตร ในขณะที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 27 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานิน 4.13 มิลลิกรัม/น้ำกระเจี๊ยบ 100 มิลลิลิตร จากการผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการคงตัวของแอนโทไซยานิน

Bordignon-Luiz *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ, pH, แสง, ออกซิเจน และ กรดแทนนิกต่อความสามารถในการคงตัวของแอนโทไซยานินของสารสกัดจากองุ่น Isabel ในระบบอาหารสองระบบคือ โยเกิร์ต และเครื่องดื่ม โดยศึกษาค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานินเมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ± 1 และ 27 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อความสามารถในการคงตัวของแอนโทไซยานิน โดยพบว่าค่าครึ่งชีวิตเมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ± 1 องศาเซลเซียส จะมีค่าที่สูงกว่า

Mori *et al.* (2007) ได้ศึกษาการสูญเสียแอนโทไซยานินในไวน์องุ่นแดงที่อุณหภูมิสูง พบว่า ที่อุณหภูมิสูง (สูงสุด 35 องศาเซลเซียส) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดลดลงครึ่งหนึ่งจากตัวอย่างควบคุม (มากที่สุดที่ 25 องศาเซลเซียส)

2.1.4 ออกซิเจน เนื่องจากโครงสร้างในธรรมชาติของแอนโทไซยานินไม่อึดจิ่งไวต่อโมเลกุลของออกซิเจน (Damodaran *et al.*, 2007) นั่นคือทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ในปี 1996 Von Elbe and Schwartz ได้ทำการศึกษาที่น้ำองุ่นบรรจุขวดในขณะที่ร้อน ซึ่งในการบรรจุขณะร้อนนี้จะทำให้เกิดช่องว่างเหนือน้ำองุ่นที่บรรจุในขวด (head space) ที่เป็นสภาวะสุญญากาศ พบว่าสีของน้ำองุ่นเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีม่วงกลายเป็นสีน้ำตาลซีดลง

Skrede and Wrolstad (2002) ได้กล่าวไว้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบควรเลือกบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน เพื่อป้องกันไม่ให้แอนโทไซยานินถูกทำลายเนื่องจากออกซิเจนในระหว่างการเก็บรักษาและระหว่างการจำหน่าย

2.1.5 แสงสว่าง แสงเป็นตัวเร่งให้แอนโทไซยานินเกิดการสลายตัว (Damodaran *et al.*, 2007)

2.1.6 ปัจจัยอื่นๆ นอกจากนี้ รังควัตถุแอนโทไซยานินที่อยู่ในผักและผลไม้ จะถูกทำลายได้ง่ายในกระบวนการแปรรูปอาหาร เช่น ความเข้มข้นของน้ำตาลสูง pH กรดอะมิโน และกรดแอสคอร์บิก จะมีผลเร่งอัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานินให้เกิดเร็วขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาควบแน่น (condensation) ของแอนโทไซยานินกับสารประกอบเหล่านั้น

แอนโทไซยานินสลายตัวได้อย่างช้าๆ และเป็นไปอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษาผักผลไม้ที่แปรรูปด้วยความร้อน ซึ่งกลไกบางอย่างยังไม่เข้าใจอย่างสมบูรณ์ แต่ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานิน คือ pH, ออกซิเจน, กรดแอสคอร์บิก และโลหะไอออน

3. การทำแห้ง(drying)

การทำแห้ง (drying) คือการลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้สามารถเก็บอาหารไว้ได้นาน (สุคนธ์ชื่น, 2546)

วัตถุประสงค์ของการทำแห้งเพื่อยืดอายุการเก็บของอาหารโดยการลดค่า water activity ขยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาของเอนไซม์และการทำแห้งทำให้น้ำหนักของอาหารลดลงส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งและการจัดเก็บลดลงด้วย (Fellows, 2000)

การทำแห้งในผักและผลไม้ เนื่องจากผักและผลไม้เป็นวัตถุดิบที่มีตามฤดูกาล นำเสียบ่ายและมีอายุการเก็บรักษาสั้น จึงมักเกิดปัญหาสินค้าล้นตลาดเมื่อถึงฤดูกาลและขาดตลาดเมื่อไม่ใช่ฤดูกาล การอบแห้งเป็นหนึ่งในหลายทางเลือกที่นำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษา

3.1 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการทำแห้ง

3.1.1 การหดตัว การเสียน้ำทำให้เซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้าๆ (สุคนธ์ชื่น, 2546)

3.1.2 การเปลี่ยนสี อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักจะมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดสีน้ำตาลออกฮูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้น 10-20% มีผลต่อความเข้มของสี จึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้ (สุคนธ์ชื่น, 2546)

3.1.3 การเกิดเปลือกแข็ง เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนที่ยังไม่แห้งไว้ เกิดจากการที่น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำข้างในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน (สุคนธ์ชื่น, 2546) การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดความเสี่ยงคุณภาพ (วิไล, 2552)

3.1.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพ อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิม (สุคนธ์ชื่น, 2546) การดูดน้ำไม่ใช่ปฏิกิริยาย้อนกลับของการทำแห้ง การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การเคลื่อนที่ของตัวทำละลายและการสูญเสียสารละลายไม่สามารถย้อนกลับไปได้เหมือนเดิมความร้อนลดระดับการดูดกลืนน้ำของแป้งและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อาจใช้อัตราเร็วในการดูดกลืนน้ำเป็นตัวชี้วัดคุณภาพอาหาร (วิไล, 2552)

3.1.5 การเสียคุณค่าอาหารและสารระเหย การเสื่อมสลายของวิตามินและแคโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไบโอฟลาวินจากแสง ไทอามีนจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำแห้งมากยิ่งสูญเสียมาก การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดลงหรือแตกต่างไปจากเดิม (สุคนธ์ชื่น, 2546)

3.2 การอบโดยใช้ไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ

การอบแห้งโดยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ (Vacuum microwave drying) เป็นวิธีการอบแห้งที่รวมข้อดีระหว่างการทำแห้งแบบสุญญากาศ และการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ

โดยใช้อุณหภูมิต่ำในการทำแห้งในระบบสุญญากาศร่วมกับการถ่ายเทพลังงานความร้อนที่รวดเร็วจากการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการทำแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Cui *et al.*, 2004) ปัจจุบันได้มีการศึกษาการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศในอาหารประเภทผัก ผลไม้ และธัญพืชต่าง ๆ เนื่องจากการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศสามารถลดอุณหภูมิของการอบแห้งได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว และลดระยะเวลาของการอบแห้งด้วยการอบแห้งแบบสุญญากาศเพียงอย่างเดียวได้

มีการศึกษาการอบแห้งโดยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศเปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง, การอบแห้งแบบใช้ลมร้อน และการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนร่วมกับการอบแห้งโดยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ เพื่อรักษาสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ในผล Saskatoon berries โดยวัดปริมาณแอนโทไซยานินที่สูญเสียไป พบว่าวิธีการทำแห้งที่ช่วยรักษาแอนโทไซยานินได้ดีที่สุดคือ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) ตามมาด้วยการอบแห้งโดยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ การอบแห้งโดยใช้ลมร้อนร่วมกับการอบแห้งโดยไมโครเวฟระบบสุญญากาศ และการทำอบแห้งโดยใช้ลมร้อน (75 องศาเซลเซียส) (Shi, 2007)

ในปี 2009 Wojdylo และคณะ ทำการศึกษาด้านอนุมูลอิสระในสตรอเบอรี่อบแห้งพบว่า การอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโพลีฟีนอล (Total polyphenols) และแอนโทไซยานิน (Anthocyanins) สูงใกล้เคียงกับการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และใกล้เคียงกับสตรอเบอรี่สดมากกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน

3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นำมาใช้ในการวิเคราะห์การอบแห้งผลิตผลด้านการเกษตรอย่างกว้างขวาง ซึ่งการสร้างแบบจำลองทำได้โดยการแก้สมการด้านคณิตศาสตร์ของสมการของฟิสิกส์ให้ง่ายขึ้น แบบจำลองพื้นฐานที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ คือ Lewis's model แบบจำลองนี้มีลักษณะคล้ายกับกฎการเย็นตัวของนิวตัน โดยในแบบจำลองนี้ อัตราการอบแห้งเป็นอัตราส่วนของผลต่างระหว่างปริมาณความชื้นของวัสดุที่อบแห้งกับค่าความชื้นที่สมดุล ดังแสดงในสมการที่ 1 และเมื่ออินทิเกรตได้เป็น Lewis's model ดังสมการที่ 2

$$\frac{dM}{dT} = -k(X - X_e) \quad (1)$$

$$\text{Moisture ratio} = \frac{(X_t - X_e)}{(X_0 - X_e)} = \exp(-kt) \quad (2)$$

- X_0 คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างเริ่มต้น (กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง)
- X_t คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่เวลา t (กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง)
- X_e คือ ปริมาณความชื้นสมดุล (กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง)
- k คือ ค่าคงที่แบบจำลอง
- t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

แบบจำลอง Lewis มีข้อดีคือ เป็นแบบจำลองเบื้องต้นที่ง่ายและไม่ซับซ้อน แต่มีข้อเสียคือ มีแนวโน้มที่ค่าทำนายมีค่ามากกว่าค่าจริง (over-predict) ในช่วงแรกของการอบแห้ง และค่าทำนายต่ำกว่าค่าจริงในช่วงท้ายของการอบแห้ง (Babalís et al., 2006)

แบบจำลองของ Page ได้จากการปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องของแบบจำลอง Lewis แบบจำลองได้นำมาใช้ทำนายการอบแห้งในถั่วเหลือง ถั่วเขียวและข้าวโพด เป็นต้น (Doymaz, 2005) แบบจำลองแสดงดังสมการที่ 3

$$MR = \exp(-kt^n) \quad (3)$$

- n คือ อันดับปฏิกิริยา k คือ ค่าคงที่ของแบบจำลอง
- t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

ในงานวิจัยของ Sacilik and Elicin (2006) พบว่าการใช้แบบจำลองของ Page มีประสิทธิภาพในการทำนายสูงกว่าการใช้แบบจำลองของ Lewis ในการทำนายสัดส่วนความชื้นของแอปเปิ้ล สอดคล้องกับงานวิจัยการอบแห้งถั่วเขียว พบว่าแบบจำลองของ Page มีประสิทธิภาพในการทำนายสูงกว่าแบบจำลองของ Lewis และแบบจำลองของ Handerson and Pabis (Doymaz, 2005)

4. แยม

แยม ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผัก ผลไม้ หรือสมุนไพร ชนิดเดียวหรือตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ผสมกับสารให้ความหวาน อาจผสมกรดซิตริก เพกติน น้ำผักหรือน้ำผลไม้เข้มข้นด้วยก็ได้ แล้วทำให้มีความข้นหนืดพอเหมาะ (มพข.342/2547)

แยม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้วิธีถนอมอาหารโดยอาศัยน้ำตาล โดยทั่วไปจะใช้น้ำตาลทราย แต่สามารถใช้สารให้ความหวานอื่นๆได้ เช่น ซูคาโลส แอสปาแตม แยมโดยทั่วไปได้จากการต้มเนื้อผลไม้กับน้ำตาล กรด และเพกติน ในปริมาณและสภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดเจล (นันทกร และ ลำไพร, 2544)

4.1 กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์

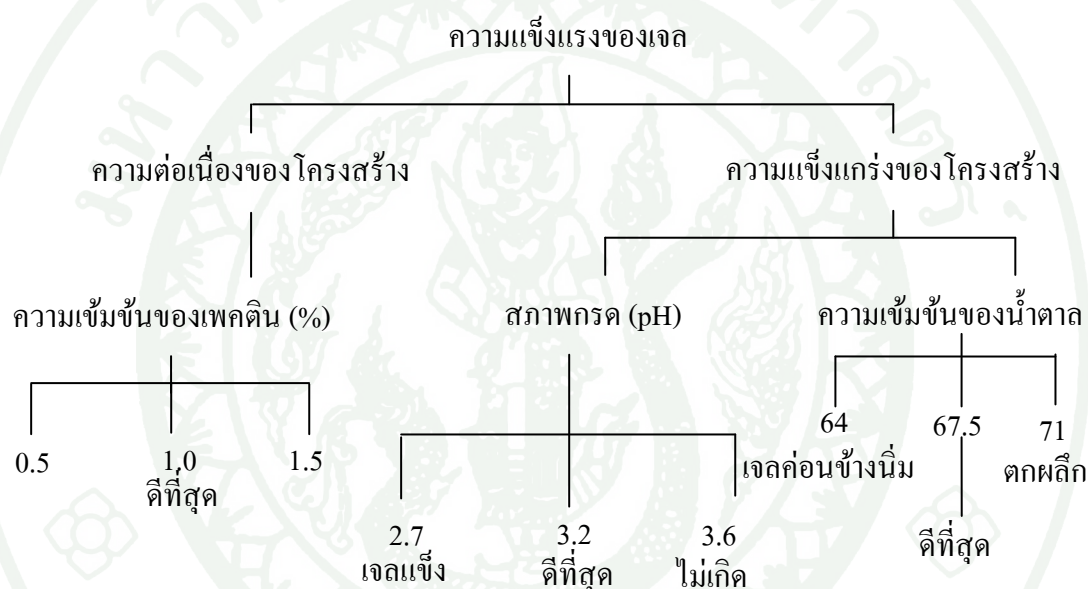
น้ำตาลช่วยในการถนอมอาหาร เนื่องจากน้ำตาลไปช่วยลดปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity, a_w) ในอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ไม่มีน้ำในการเจริญเติบโต โดยทั่วไปแยมมีน้ำตาลประมาณ 55-65% และมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.75-0.82 ซึ่งไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อบางชนิดได้ โดยเฉพาะราและยีสต์บางชนิด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ความร้อนหรือสารกันบูด เช่น เบนโซเอต หรือซอร์เบตร่วมด้วย (นันทกร และ ลำไพร, 2544)

4.2 การเกิดเจลในผลิตภัณฑ์แยม

4.2.1 หลักการทั่วไป เกิดจากเพกติน ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประเภทคอลลอยด์มีอยู่ในเนื้อเยื่อพืช สร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่กรดคาร์บอกซิลิกที่ใกล้เคียงกัน ในผลไม้ที่สุกเต็มที่จะมีปริมาณเพกตินน้อย เนื่องจากถูกย่อยสลายไป ทำให้ผลไม้มีลักษณะนิ่มและเพกตินที่สกัดจากผลไม้ต่างชนิดกันจะมีคุณภาพต่างกัน ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการเกิดเจล ซึ่งลักษณะของเจลที่ดีนั้นต้องมีความแข็งแรงที่จะไม่เสียรูป และต้องมีความอ่อนนุ่มเพียงพอที่จะแผ่นบนขนมปังได้ (นันทกร และ ลำไพร, 2544)

4.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจล มี 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่

4.2.2.1 ปริมาณน้ำตาล น้ำตาลในผลิตภัณฑ์แฮมส่วนใหญ่มาจากผลไม้ที่ใช้ และจากน้ำตาลที่เติมลงไป ในระหว่างการต้มในสภาวะที่เป็นกรด จะเกิดการแตกตัวของน้ำตาล ซูโครส (hydrolysis) กลายเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต 2 ชนิด คือ กลูโคส และฟรุคโตส ซึ่งมีขนาดโมเลกุล เล็กสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดี จึงสามารถป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลทรายในอาหารที่มี น้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง โดยสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำตาลอินเวิร์ตต่อซูโครส จะมี ค่าประมาณ 40:60 ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการเกิดเจลจะอยู่ในช่วงร้อยละ 63-68 (วัดใน รูปแบบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด) (นันทกร และ ลำไพพร, 2544)



ภาพที่ 2 ผลของเพคติน น้ำตาลและความเป็นกรด-ด่างต่อการเกิดเจล

ที่มา: นันทกร และ ลำไพพร (2550)

4.2.2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีผลต่ออัตราการจับตัวของเพคติน การเกิด เจลจะเกิดในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่แคบมาก ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมที่สุด คือ 3.2 โดยความแข็งของเจลจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 3.5 เจลจะมีลักษณะอ่อนหรืออาจไม่เกิดเจลเลย แม้จะมีปริมาณของแข็งที่เหมาะสม (นันทกร และ ลำไพพร, 2544)

4.2.2.3 ปริมาณเพคติน ปริมาณที่ใช้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของผลไม้ ชนิดและความแก่อ่อนของผลไม้ น้ำตาล และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่อความสามารถในการเกิดเจล (นันทกร และ ลำไพร, 2544)

4.3 หลักการทำแยม

มีขั้นตอนหลักดังนี้

4.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งจะรวมถึงขั้นตอนย่อยตามลำดับดังนี้

4.3.1.1 การคัดเลือกชนิดของวัตถุดิบ สายพันธุ์ ความสุก ผลไม้ที่สุกพอดี สด สะอาด มีกลิ่น สี และรสชาติดีจะเหมาะแก่การนำมาแปรรูป

4.3.1.2 การคัดตำหนิ/ตัดแต่ง การคัดเลือกหรือตัดแต่งส่วนที่มีตำหนิ เช่น อ่อนเกินไป สุกเกินไป เน่าละ ออกจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ

4.3.1.3 การล้างทำความสะอาด เพื่อกำจัดเศษสิ่งสกปรกต่างๆออก และเป็น การลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ นอกจากนี้การล้างผลไม้ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นประมาณ 5 % แล้วล้างด้วยน้ำเปล่าหลายครั้ง จะสามารถช่วยกำจัดยาฆ่าแมลงออกไปได้

4.3.1.4 การทำให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้สามารถเข้ากับส่วนผสมอื่นๆ ได้ดี อาจทำการสับ บด หั่น

4.3.2 การผสมและต้มส่วนผสม

4.3.2.1 การชั่งและการผสม ซึ่งส่วนผสมตามสูตร ซึ่งมีส่วนผสมหลัก คือ น้ำ น้ำตาล เพคติน กรด และสารกันบูด แล้วทำการผสมส่วนผสมที่ชั่งตามลำดับ

4.3.2.2 การต้มส่วนผสม จุดประสงค์ในการต้มเพื่อให้ส่วนผสมต่างๆ ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน และยังช่วยฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับวัตถุดิบได้ด้วย ในขณะที่เดียวกันจะเกิดการแตกตัวของน้ำตาลทรายเนื่องจากความร้อนและสภาวะที่เป็นกรดในระหว่างที่ทำการต้มกลายเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต ดังนั้นจึงสามารถควบคุมปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตได้โดยการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการต้ม

4.3.3 การบรรจุ จะใช้ขวดแก้ว (food jar) ที่ทนความร้อน การบรรจุควรบรรจุขณะร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60-65 องศาเซลเซียส

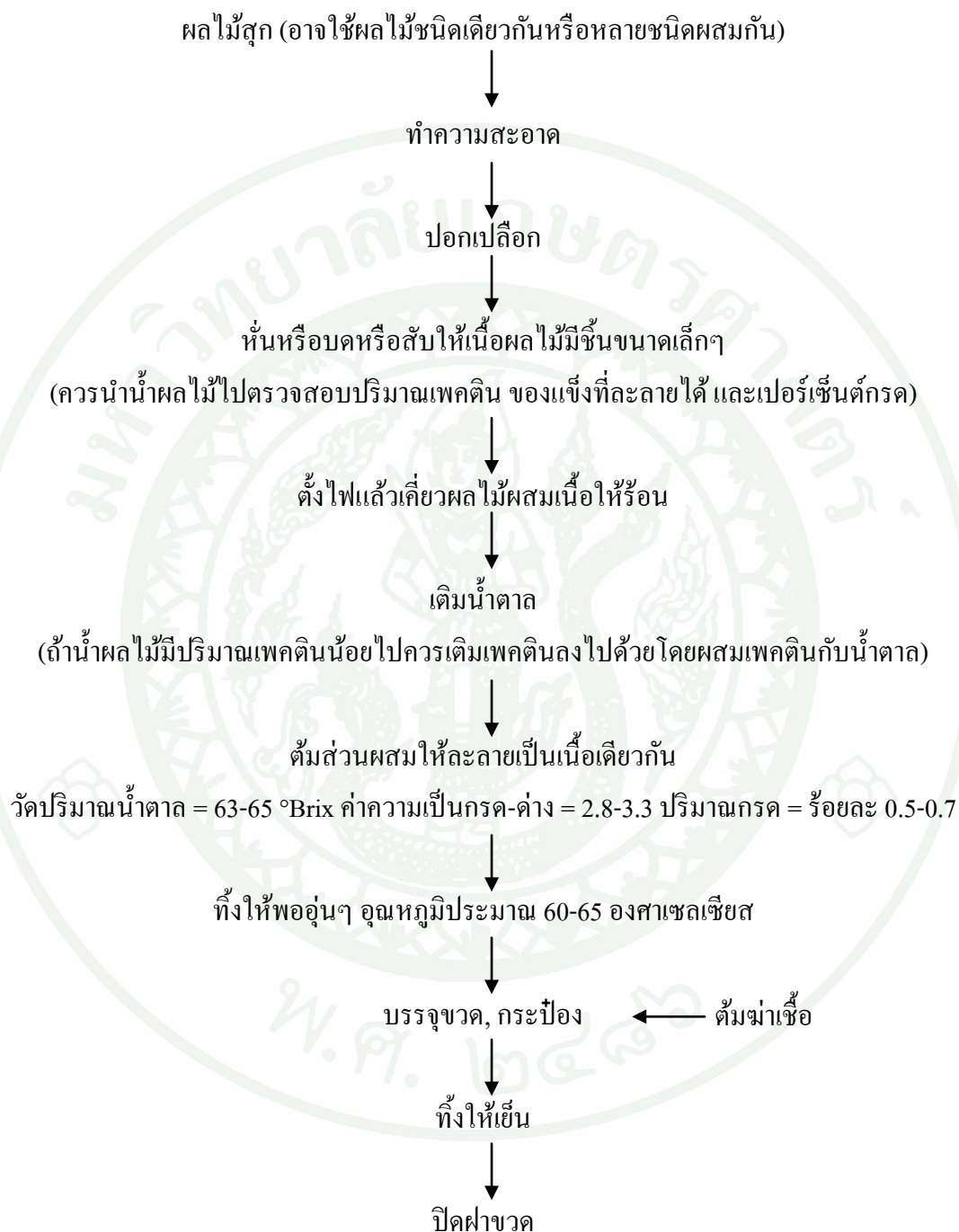
ตารางที่ 5 อัตราส่วนผสมของแยมผลไม้แต่ละชนิด

ปริมาณปัจจัยการผลิต (กรัม)	ชนิดของผลไม้					
	องุ่น	กระเจี๊ยบ	มะขาม	มะตูม	สับปะรด	มะม่วง
วัตถุดิบ						
องุ่นแดง	1000	-	-	-	-	-
กระเจี๊ยบสด	-	385	-	-	-	-
มะขามเปียกแคะเมล็ด	-	-	250	-	-	-
มะตูมคั้น	-	-	-	320	-	-
สับปะรด	-	-	-	-	700	-
มะม่วง	-	-	-	-	-	700
สารเคมี						
น้ำตาลทราย	1000	1337	150	1550	900	800- 1000
กรด	25	9.5	5	4.5	17.5	14
น้ำ(มิลลิลิตร)	800	780	*2500	1200	700	700
เพกติน	18	29	100	60	25	30
เบะแซ	515	-	-	200	483	350
วุ้น (Agar)	-	13.2	10	13	-	-
เบนโซเอต	1.72	0.96	1.5	0.4	1.22	1.22
ขวดแก้วพร้อมฝา	10	10	10	10		

หมายเหตุ *ใช้น้ำมะขามเข้มข้นแทนน้ำ

ที่มา: นันทกร และ ลำไพร (2544)

4.4 ขั้นตอนการทำแยมผลไม้



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำแยมผลไม้ทั่วไป

ที่มา: ดัดแปลงจาก นันทกร และ ลำไพร (2544); วิชัย (2521)

กระเจี๊ยบแดง (เฉพาะกลีบ) 385 กรัม



เติมน้ำ 780 มิลลิลิตร



ต้มให้สุก



เติมน้ำตาลทราย 1337 กรัม



เติมเพคติน 29 กรัม



เติมวุ้น 13.2 กรัม



ต้มให้ส่วนผสมละลาย



เติมเบนโซเอต 0.96 กรัม



บรรจุขวดแก้ว food jar

ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทำแยมกระเจี๊ยบสด

ที่มา: นันทกร และ ลำไพพร (2544)

5. สารให้ความหวาน (Sweetener)

5.1 ประเภทของสารให้ความหวาน

5.1.1 สารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (Nutritive sweeteners) เป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงาน มีผลต่อระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด สารให้ความหวานในกลุ่มนี้ ได้แก่ สารให้ความหวานในตระกูลพอลิออล เช่น sorbitol, mannitol, xylitol, maltitol, isomalt, lactitol เป็นต้น

5.1.2 สารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ (Non - nutritive sweeteners) เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานจึงไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด ได้แก่ saccharin, cyclamate, aspartame, sucralose, acesulfame K เป็นต้น (กล้าณรงค์, 2532)

5.2 หญ้าหวาน (Stevia)

หญ้าหวานเป็นพืชยืนต้น จัดจำพวกเดียวกับเบญจมาศ เป็นพืชที่เกิดตามธรรมชาติที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 500 เมตร บริเวณขึ้นและของชายแดนประเทศบราซิลและปารากวัย ต้นหญ้าหวานมีความสูงอยู่ระหว่าง 60 ถึง 80 เซนติเมตร และจะสูงถึง 150 ถึง 170 เซนติเมตร ทั้งนี้เพราะอิทธิพลของระยะเวลาการส่องสว่างของแสงแดด



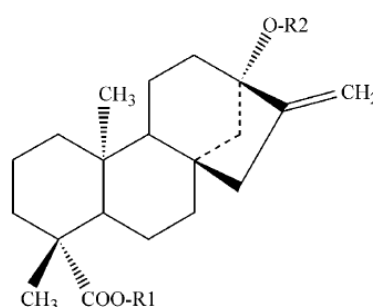
ภาพที่ 5 หญ้าหวาน

ที่มา: <http://alangcity.blogspot.com> (2012)

หญ้าหวานเป็นพืชที่ให้สารหวานชนิดหนึ่งซึ่งสารหวานในหญ้าหวานมีมากในบริเวณใบ แต่ปริมาณจะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับฤดูกาล, อายุของต้นพืช และสายพันธุ์ของหญ้าหวานด้วย ปริมาณของสารหวานจะมีปริมาณมากที่สุดในช่วงที่ต้นไม้อายุจะเริ่มออกดอก หรือก่อนออกดอก นั่นเอง ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม เวลาที่ใช้ในการเพาะเมล็ดจนงอก อาจจะเป็น 5 ถึง 30 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20 ถึง 25 องศาเซลเซียส (วีระชัย, 2529)

5.2.1 สารให้ความหวานที่ได้จากหญ้าหวาน

หญ้าหวานมีความหวานมากกว่าน้ำตาล 10-15 เท่า แต่เมื่อนำมาสกัดสารให้ความหวานในหญ้าหวานซึ่งเป็นสารประเภท Glycoside ซึ่งได้แก่ สตีวิโอไซด์ (Stevioside) จะให้ความหวานมากกว่าน้ำตาล 150-300 เท่า สารให้ความหวานนี้จะกระจายอยู่ทั่วไปที่ใบและลำต้นของหญ้าหวาน แต่อยู่ที่ใบมากกว่าแห่งอื่นๆ ในใบหญ้าหวานมีสารให้ความหวานประมาณร้อยละ 8 ถึง ร้อยละ 15 (นันทนา, 2527)



ภาพที่ 6 สูตรโครงสร้างของสตีวิโอไซด์

ที่มา: Geuns (2003)

สตีวิโอไซด์มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว ดูดความชื้นได้ดี มีความหวานกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 300 เท่า จุดหลอมเหลวอยู่ที่ระดับ 198 องศาเซลเซียส มีสูตรทางเคมี คือ $C_{38}H_{60}O_{18}$ น้ำหนักโมเลกุล 804.9 ในใบหญ้าหวานแห้งมีสารชนิดนี้อยู่ 5-10% (ราณี, 2529) ในสตีวิโอไซด์จะมีการเชื่อมต่อแบบ ester linkage ระหว่างน้ำตาลกลูโคส Carboxylic group ซึ่งส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำให้เกิดความหวานในสตีวิโอไซด์แต่พันธะ ester linkage นั้นไม่ทนทานต่อการไฮโดรไลต์

ของค้าง ซึ่งเมื่อไฮโดรไลต์แล้วจะได้ levoglucosan (1,6-anhydro- β -D-glucopyranose) และ sophoroside ของสตีวิโอไซด์ซึ่งไม่มีรสหวาน ทำให้สตีวิโอไซด์หากทำปฏิกิริยากับค้างที่อุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารที่ไม่มีรสหวาน นอกจากจะมีสตีวิโอไซด์ที่เป็นสารให้ความหวานในหญ้าหวานแล้วยังพบว่ามีสารให้ความหวานอีกหลายตัว ซึ่งแสดงดังตารางที่ 6 ซึ่งจะพบว่านอกจาก สตีวิโอไซด์ (stevioside) แล้วยังมี Rebuadioside-A, Rebuadioside-C, Rebuadioside-D, Rebuadioside-E และ Dulcoside-A ที่เป็นสารให้ความหวานที่สกัดได้จากหญ้าหวานอีกด้วย

ตารางที่ 6 สารให้ความหวานที่พบในหญ้าหวาน

ชื่อสารหวาน	สูตรโครงสร้าง		
	R1	R2	R3
Stevioside	Gluc	H	H
Rebuadioside-A	Gluc	Gluc	H
Rebuadioside-C (Dulcoside-B)	Rham	Gluc	H
Rebuadioside-D	Gluc	Gluc	Gluc
Rebuadioside-E	Gluc	H	Gluc
Dulcoside-A	Rham	H	H

ที่มา: ประศาสตร์ (2544)

5.2.2 ประโยชน์ที่ได้จากสตีวิโอไซด์

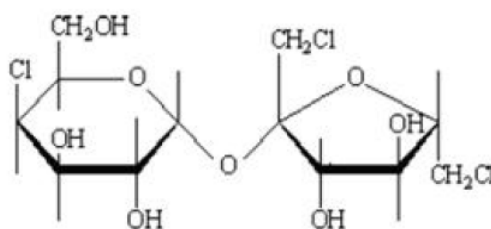
5.2.2.1 ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมอาหาร ปัจจุบันสตีวิโอไซด์ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และใช้ประกอบอาหาร ความหวาน (sweetness) ของสตีวิโอไซด์มีความหวานคล้ายคลึงกับน้ำตาลซูโครสมากที่สุด เป็นสารที่ให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลประมาณ 150 ถึง 300 เท่า สตีวิโอไซด์มีความหวานสูงกว่าน้ำตาลมาก แต่เวลาที่ออกรส จะออกรสใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครสมาก (ถาวร และ สนั่น, 2525) คุณสมบัติอื่นๆของสตีวิโอไซด์ที่เหมาะสมที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (วิระชัย, 2529) คือ ไม่เป็นสารที่ทำให้อาหารเปลี่ยนสี และ สตีวิโอไซด์ ไม่ทำให้เกิดการหมักของอาหาร

5.2.2.2 ประโยชน์ทางการแพทย์ จากการประกาศห้ามแซคคารินในอุตสาหกรรมยา เพราะพบว่า แซคคารินเป็นสารสังเคราะห์และให้ชักนำให้เกิดมะเร็ง จึงได้มีการค้นหาสารที่ไม่มีโทษต่อร่างกายทดแทนแซคคาริน ในที่สุดก็พบสารสกัดจากหญ้าหวานซึ่งมีความหวานคล้ายกับซูโครสมาก สารหวานจากหญ้าหวานจะไม่ให้แคลอรีแก่ร่างกายหรือแคลอรีต่ำมากประมาณไม่เกินร้อยละ 3 แต่จะให้รสหวานเพื่อเป็นเครื่องปรุงแต่งรสของอาหารหรือเครื่องดื่มเท่านั้น ไม่มีการดูดซึมในระบบการย่อยและไม่มีความค่างาอาหาร เหมาะสำหรับผู้ที่เป็โรคนเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคฟันผุ (ถาวร และ สนั่น, 2525)

5.2.2.3 ประโยชน์ทางด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม สารที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมานั้นมีปัญหาในด้านมลพิษมาก ฉะนั้นจึงต้องหันมาสนใจสารที่ได้มาจากธรรมชาติมากขึ้น ซึ่งหญ้าหวานเป็นพืชชนิดหนึ่งซึ่งได้รับความสนใจ (วีระชัย, 2529)

5.3 ซูคราโลส (Sucralose)

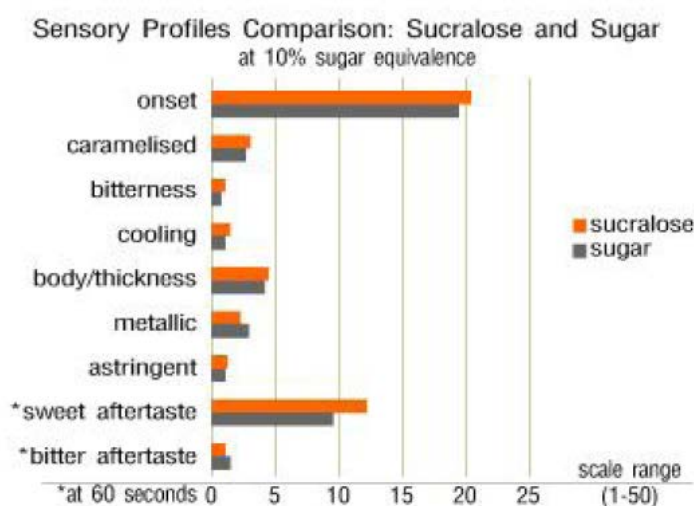
ซูคราโลส หรือชื่อทางการค้าว่า Splenda มีความหวานเป็น 600 เท่าของน้ำตาลซูโครส ถูกสังเคราะห์จากการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารตั้งต้น แล้วแทนที่ด้วยกลุ่มไฮดรอกซิล 3 ตำแหน่งด้วยอะตอมคลอรีน ทำให้มีสูตรโครงสร้างคล้ายน้ำตาล ซูคราโลสมีลักษณะเป็นผลึกแข็งสีขาวววน ละลายน้ำได้ดี เป็นสารทดแทนน้ำตาลที่ไม่ให้พลังงาน (กล้าณรงค์, 2532) มีรสหวานเป็นธรรมชาติแบบน้ำตาล ไม่มีรสขมติดลิ้น ชื่อทางเคมี คือ Trichlorogalactosucrose สูตรทางเคมี คือ $C_{12}H_{19}Cl_3O_8$ ละลายน้ำได้ 283 กรัม/ลิตร ที่ $20^{\circ}C$ และมีจุดหลอมเหลว $125.5^{\circ}C$



ภาพที่ 7 โครงสร้างของซูคราโลส

ที่มา: กล้าณรงค์ (2532)

องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) ได้ให้การยอมรับซูคราโลส ตั้งแต่ปี ค.ศ.1988 อนุญาตให้ใช้ซูคราโลสเป็นวัตถุเจือปนในอาหารชนิดต่างๆ 14 ชนิด สามารถใช้เป็นสารที่เติมในอาหาร เช่น โซดา หมากฝรั่ง อาหารที่ต้องปรุงโดยใช้ความร้อน น้ำหวาน หรือน้ำเชื่อมที่ได้จากการสกัดของน้ำตาล เจลาตินของหวานที่มีส่วนผสมของนมและน้ำแข็ง เช่น แยม ไอศกรีมในอุตสาหกรรมการแปรรูปผลไม้ และน้ำผลไม้ ไม่ถูกทำลายภายใต้ความร้อนสูง จึงนำมาใช้ประกอบอาหารที่ใช้ความร้อนได้ มีความคงตัวดี รวมตัวกับผลิตภัณฑ์อาหารได้ง่าย ไม่ทำให้ฟันผุ การดูดซึมน้อย และขับออกมาทางปัสสาวะและอุจจาระ (ฉวีวรรณ, 2540) ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสารให้ความหวานซูคราโลสเปรียบเทียบกับน้ำตาล พบว่าด้านรสชาติขมรู้สึกได้เพียงเล็กน้อย ส่วนในด้านอื่นๆค่อนข้างใกล้เคียงกับน้ำตาลทำให้เหมาะแก่การใช้ในการปรุงอาหาร ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบลักษณะรสชาติซูคราโลสและน้ำตาล

ที่มา: <http://www.d-et.com> (2550)

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) และองค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ให้การยอมรับความปลอดภัยของซูคราโลสตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 ทำให้ประเทศต่างๆมากกว่า 60 ประเทศทั่วโลก เช่น แคนาดา อเมริกา ญี่ปุ่น ยุโรป ได้ให้การยอมรับการใช้สารนี้ในอาหาร และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของซูคราโลสมากกว่า 100 ชิ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของซูคราโลสต่อสิ่งแวดล้อมอีกกว่า 40 ชิ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าซูคราโลสไม่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ การศึกษาด้าน

ความปลอดภัยของซูคราโลสมีการศึกษาทั้งในระยะสั้น และระยะยาว ซึ่งรวมไปถึงการศึกษาเรื่อง เกสัชจลนศาสตร์ การก่อให้เกิดกลายพันธุ์ ความเป็นพิษต่อการสืบพันธุ์ ผลต่อการ ทารกในครรภ์ ผลต่อ การเกิดมะเร็ง ผลต่อระบบประสาท และผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน จากการทดลองซูคราโลสใน ระดับต่างๆไม่พบความเป็นพิษและไม่เป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งผลนี้ก็คล้ายคลึงกับสารประกอบอื่นๆที่ คุ้นเคยกัน องค์กรอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา อนุญาตให้ใช้ซูคราโลสเป็นวัตถุเจือปน ในอาหารชนิดต่างๆ 14 ชนิด (กล้าณรงค์, 2532) ดังนี้

1. Baked goods and baking mixes
2. Beverage and beverage bases
3. Chewing gum
4. Coffee and tea
5. Dairy product analogues
6. Fats and oils (salads dressings)
7. Frozen dairy desserts and mixes
8. Fruit and water ices
9. Gelatins and pudding
10. Jams and jellies
11. Milk products
12. Processed fruits and fruit juices
13. Sugar substitute
14. Sweet sauces, toppings, and syrups

ซึ่งจะเห็นได้ว่าซูคราโลสเป็นสารทดแทนความหวานที่สามารถนำมาทดแทนน้ำตาล ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย และเนื่องจากมีความสามารถในการทนความร้อนได้สูง จึง เหมาะกับการนำมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

6. การสัมภาษณ์โดยใช้คำถามแบบลำดับขั้น (Laddering interview)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาถึง พฤติกรรม ทักษะ และความต้องการของผู้บริโภคเป็นหลัก เทคนิค วิธีการต่างๆ จึงถูกนำมาใช้

เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภค หนึ่งในเทคนิคที่นิยม เนื่องจากสามารถทำความเข้าใจถึงคุณค่าที่ผู้บริโภคได้รับคือ Laddering

เทคนิค Laddering ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เข้าใจความคิดของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารและแรงจูงใจให้ผู้บริโภคเลือกอาหารนั้น (Reynolds and Gutman, 1988) เทคนิค Laddering นี้อยู่บนพื้นฐานของทฤษฎี Means-end-chain theory (M-E-C) ซึ่งช่วยให้เห็นถึงการเชื่อมโยงระหว่างคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (Attribute) ผลที่ได้สำหรับผู้บริโภคที่เกิดจากคุณลักษณะ (consequence) และคุณค่า (value) (Reynolds and Gutman, 1988) ซึ่งมีวิธีหลัก 2 แบบ คือ Soft laddering เป็นการสัมภาษณ์ส่วนบุคคล และ Hard laddering อาศัยแบบสอบถามในการเก็บข้อมูล (Botschen and Thelen, 1998; Russell *et al.*, 2004)

Soft laddering ใช้การสนทนากับผู้ทดสอบโดยไม่มีสิ่งรบกวนและข้อจำกัด ในขณะที่ hard Laddering นั้นจะมี attributes, consequences และ value เพื่อชักจูงให้ผู้ทดสอบตอบคำถามตามแนวทางที่ได้กำหนด เพื่อเพิ่มระดับของ abstraction (Grunert *et al.*, 2001) ถึงแม้ว่า hard laddering จะใช้เวลาในการทดสอบและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าวิธี soft laddering .แต่ความแม่นยำของคำตอบจะขึ้นอยู่กับตัวเลือกที่ให้ก่อนการดำเนินการทดสอบ (Grunert and Grunert, 1995) อย่างก็ตามแม้จะพบความแตกต่างระหว่าง soft laddering แต่ผลการทดสอบที่ได้กลับมีผลคล้ายกัน (Russell *et al.*, 2004) และได้มีการทดสอบความเที่ยงตรงของทั้งสองวิธี เป็นที่ยอมรับว่าทั้ง soft และ hard laddering ส่วนใหญ่ให้ผลคล้ายคลึงกัน (Botschen and Thelen, 1998; Reynolds *et al.*, 1988; Dethloff and Westberg, 2001) แนะนำให้ใช้ผู้ทดสอบอย่างน้อย 20 คนในการทดสอบ laddering เพื่อให้ได้ข้อมูลการเลือกของผู้บริโภคที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

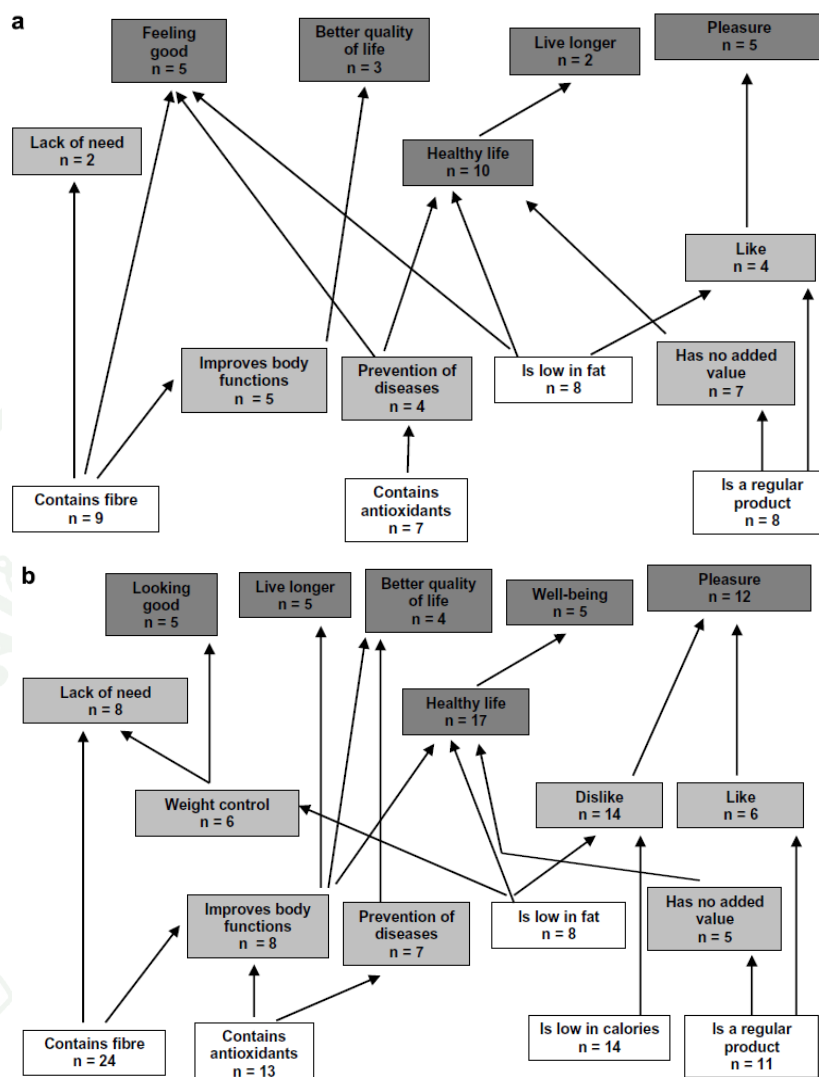
เมื่อทำการสัมภาษณ์ผู้ทดสอบทั้งหมดแล้ว นำข้อมูลมารวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลโดยเก็บเป็นความถี่ว่าข้อมูลดังกล่าวมีผู้ทดสอบกล่าวถึงกี่คน แล้วใช้ค่า cut off ในการตัดข้อมูล ค่า cut off คือค่าที่กำหนดไว้ หากข้อมูลมีการกล่าวถึงน้อยกว่านี้จะทำการตัดออก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นกลางเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลทั้งหมด (MacFie, 2007)

สำหรับการแสดงผลลัพธ์นั้นวิธีที่นิยมใช้กันคือแผนภาพลำดับชั้น (Hierarchical value map) ซึ่งเป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดอย่างมีเหตุผลของแต่ละบุคคล โดยเหตุผลของแต่ละบุคคลจะสามารถจัดกลุ่มและเข้ารวมกันตามความสอดคล้องในแต่ละเหตุผล ซึ่ง

ลักษณะของแต่ละบุคคลคือสิ่งที่ทำให้เกิดการตัดสินใจ ดังนั้นตัวผู้บริโภคจึงมีผลต่อความชอบ คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ผลที่ได้จากการใช้ผลิตภัณฑ์ และคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นทัศนคติจึงเกิดจากความคิดของผู้บริโภคเอง แต่ข้อมูลความคิดของแต่ละบุคคลสามารถเชื่อมโยงกันได้จากเริ่มต้นจนถึงจุดจบของเหตุผล (Grunert *et al.*, 2001)

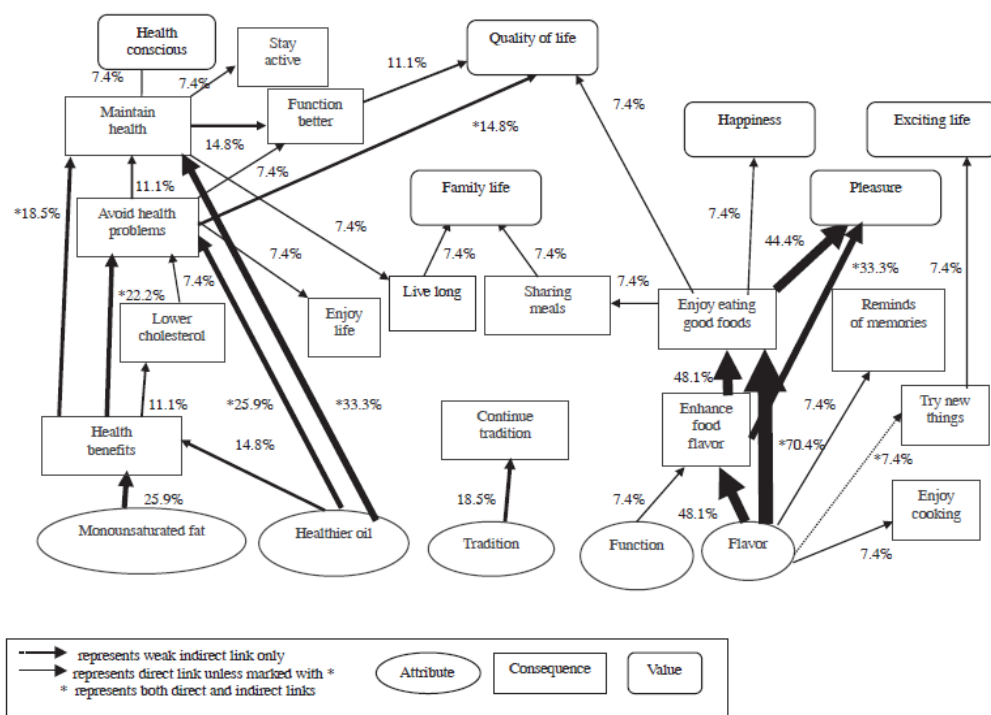
มีการนำเทคนิคการสัมภาษณ์โดยใช้คำถามแบบลำดับขั้น (Laddering Interview) ใช้ศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคในงานวิจัยต่างๆ เช่น การศึกษาแรงจูงใจในการซื้ออาหารออร์แกนิก (Zanoli and Naspetti, 2002) การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่ออาหารท้องถิ่นโดยใช้เทคนิคเชิงคุณภาพที่ต่างกัน 2 วิธี: Laddering and word association (Roininen *et al.*, 2006) การศึกษาความเข้าใจการบริโภคโยเกิร์ตธรรมดาและโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพด้วยเทคนิค word association และ hard laddering (Ares *et al.*, 2008) ในปี 2010 Metta and Jean ได้ใช้เทคนิค Laddering ศึกษาการตัดสินใจซื้อและพฤติกรรมการบริโภคน้ำมันมะกอกของชาวแคลิฟอร์เนีย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการใช้เทคนิคการสัมภาษณ์โดยใช้คำถามแบบลำดับขั้น (Laddering interview) เพื่อศึกษาทัศนคติต่อการบริโภคแยมเพื่อนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมให้สนองตอบต่อความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างแท้จริง



ภาพที่ 9 ตัวอย่างแผนภาพ Hierarchical value map จากการศึกษาความเข้าใจการบริโภคโยเกิร์ตธรรมดาและโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพด้วยเทคนิค word association และ hard laddering

ที่มา: Ares *et al.* (2008)



ภาพที่ 10 ตัวอย่างแผนภาพ Hierarchical value map จากการใช้เทคนิค Laddering ศึกษาการตัดสินใจซื้อและพฤติกรรมผู้บริโภคน้ำมันมะกอกของชาวแคลิฟอร์เนีย

ที่มา: Santosa and Guinard (2011)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

- 1.1 กระเจี๊ยบแดงสด (พันธุ์ชูดาน, อำเภอเดิมบางนางบวช, จังหวัดสุพรรณบุรี)
- 1.2 น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (มิตรผล, บริษัท น้ำตาลทรายมิตรผล จำกัด, ประเทศไทย)
- 1.3 เพกตินผงชนิดเมทอกซิลสูงจากเปลือกผลไม้กลุ่มซีตรัส (Andre pectin type APC 102 HM rapidset pectin E440, บริษัท Yantai Andre pectin.Co.Ltd., ประเทศจีน)
- 1.4 เพกตินผงชนิดเมทอกซิลต่ำจากกากแอปเปิ้ล (Andre pectin type APA 310 LM high Calcium Reactivity Pectin E440, บริษัท Yantai Andre pectin.Co.Ltd., ประเทศจีน)
- 1.5 ซุกราโลส (SPLENDA[®] บริษัท McNeil Nutritionals, LLC, ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 1.6 สตีวีโอไซด์บริสุทธิ์ 95% (บริษัท 430 พลัส จำกัด, ประเทศไทย)

2. สารเคมี

- 2.1 สารเคมีในการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด
- 2.2 เอทานอล 99.8 % บริษัท U&V จำกัด
- 2.3 โพแทสเซียมคลอไรด์ บริษัท Ajax Finechem Ltd.
- 2.4 โซเดียมอะซิเตต บริษัท Alpha Chemika
- 2.5 สารเคมีในการวิเคราะห์สารปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมด
- 2.6 โซเดียมอะซิเตต บริษัท Alpha Chemika
- 2.7 Gallic acid บริษัท Sigma-Aldrich Ptd Ltd.
- 2.8 Dimethylformamide บริษัท Fisher chemical
- 2.9 Folin-Ciocalteu บริษัท Loba chaemical
- 2.10 กรดอะซิดิกเข้มข้น บริษัท RCI Labscan Limited

3. อุปกรณ์ในการเตรียมวัตถุดิบและการผลิต

- 3.1 หม้อสแตนเลส ท็อปส์ ถังถึง ซ้อนสแตนเลส มีด

3.2 เตาแก๊ส

3.3 ขวดแก้วพร้อมฝาปิดขนาด 200 กรัม

3.4 เครื่องปั่นน้ำผลไม้

3.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง

3.6 เทอร์โมมิเตอร์อุณหภูมิ 0-100 องศาเซลเซียส

3.7 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (ATAGO Master)

3.8 เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศ (Microwave Vacuum Dryer) บริษัท มาร์คู

อินคัสทรี จำกัด, ประเทศไทย

3.9 เครื่องอบแห้งลมร้อน (tray dryer)

4. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

4.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.1.1 เครื่องวัดค่าสี (HunterLab บริษัท รุ่น MiniScan XE Plus)

4.1.2 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500d)

4.1.3 เครื่องวัดค่า Water activity ยี่ห้อ AQUA Lab รุ่น Aw CX3TE

4.1.4 เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture analyzer บริษัท Stable Micro System รุ่น

TA.XT. plus)

4.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.2.1 เครื่องวัดค่า pH ยี่ห้อ Jenway รุ่น 3320

4.2.2 อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์ ปริมาณแอนโทไซยานิน และปริมาณสาร
โพลีฟีนอลทั้งหมด

4.2.3 ถ้วยขลุ่ยนิยมนพร้อมฝาปิด

4.2.4 ตู้อบ

4.2.5 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

4.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

4.3.1 อุปกรณ์สำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่น ถ้วยพลาสติกใสพร้อมฝาปิด
ขนาด 1 ออนซ์ ซ้อน แก้วน้ำ เป็นต้น

4.3.2 แบบทดสอบ

4.4 อุปกรณ์ในการประมวลข้อมูล

4.4.1 โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS[®] for windows version 12.0, SPSS Inc., Thailand)

4.4.2 โปรแกรมสำเร็จรูป (XL STAT[®] Version 2011)

4.4.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

วิธีการ

1. เปรียบเทียบอิทธิพลของวิธีการอบแห้งระหว่างวิธีตู้อบลมร้อนและวิธีไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ต่อคุณภาพของกระเจี๊ยบแดงแห้ง

1.1 วิธีการอบแห้ง เปรียบเทียบการอบแห้ง 2 วิธี ได้แก่ การอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ โดยเริ่มจากนำกระเจี๊ยบแดงมาแกะเมล็ดและเด็ดเป็นกลีบ จากนั้นล้างให้สะอาดด้วยน้ำเปล่า แล้วนำไปแช่สารละลายคลอรีน 100 ppm เพื่อฆ่าเชื้อสาคืดน้ำแล้วนำ ผึ่งลมให้แห้ง จากนั้นจึงนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาอบแห้งด้วยวิธีที่ต่างกัน ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

1.1.1 การอบแห้งด้วยลมร้อน นำกระเจี๊ยบแดง (300 กรัม) มาอบแห้งด้วยลมร้อน 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส แต่ละระดับความร้อนจะมีการวัดปริมาณความชื้นทุกๆ 1 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างโดยดึงตัวอย่างกระเจี๊ยบแดงที่อยู่ระหว่างอบแห้งออกมารั้งละ 1 กลุ่ม (ได้ทำการชั่งน้ำหนักก่อนอบปริมาณกลุ่มละ 300 กรัม) ทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งได้กระเจี๊ยบแห้งที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน สมุนไพรแห้ง (มพข.480/2547) จึงหยุดการอบ บันทึกระยะเวลาการอบและน้ำหนักของกระเจี๊ยบภายหลังการอบแห้ง จากนั้นบรรจุกระเจี๊ยบแห้งลงในถุงออลูมิเนียมฟอยล์ ปิดปากถุงให้สนิทและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4-6 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี (ทำ 2 ซ้ำต่อ 1 ระดับความร้อน)

1.1.2 การอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ นำกระเจี๊ยบแดง (300 กรัม) มาอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศที่ 3 ระดับกำลังวัตต์ คือ 1920, 2160 และ 2400 วัตต์ แต่ละระดับกำลังวัตต์ จะมีการวัดปริมาณความชื้นทุกๆ 1 นาที สุ่มตัวอย่างโดยอบแห้งตัวอย่างกระเจี๊ยบแดงครั้งละ 1 กลุ่ม เพิ่มระยะเวลาอบแห้งขึ้นครั้งละ 1 นาที และใช้กระเจี๊ยบแดงกลุ่มใหม่ทุกครั้ง (กลุ่มละ 300 กรัม) และพักเครื่องหลังอบ 20 นาที กระทั่งได้กระเจี๊ยบแห้งที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน สมุนไพรแห้ง (มพข.480/2547) จึงหยุดการอบ บันทึกระยะเวลาการอบและน้ำหนักของกระเจี๊ยบภายหลังการอบแห้ง จากนั้นบรรจุกระเจี๊ยบแห้งลงในถุงออลูมิเนียมฟอยล์ ปิดปากถุงให้สนิทและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4-6 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมี (ทำ 2 ซ้ำต่อ 1 ระดับกำลังวัตต์)

1.2 การศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของกระเจี๊ยบแดงแห้ง

1.2.1 ศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ

1) วัดสีในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี HuterLab รุ่น MiniScan XE รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.

2) วิเคราะห์ร้อยละการคืนตัวของกระเจี๊ยบแดงแห้ง รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.

1.2.2 ศึกษาคุณภาพทางด้านเคมี

1) วัดค่า Water activity (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า Water activity ยี่ห้อ AQUA Lab รุ่น Aw CX3TE รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

2) วัดความชื้น ด้วยวิธี AOAC, 2000 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

3) วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH differential รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

4) วิเคราะห์หาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenol) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ของ Brune *et al.*, 1991 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

5) วิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) ของ Benzie and Strain (1996) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

6) วิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC) ของ Huang (2002) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

2. ศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แยมกระเจียบแดง

2.1 ศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคโดยใช้เทคนิค Laddering

2.1.1 การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการสัมภาษณ์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสัมภาษณ์คือแยม 3 ชนิด โดยมีแยมสูตรปกติ แยมลดน้ำตาลโดยใช้สารทดแทนความหวานบางส่วนและแยมที่เพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งข้อมูลจะแสดงโดยรูปภาพแยมกระเจียบ



ภาพที่ 11 ตัวอย่างรูปผลิตภัณฑ์แยมที่ใช้ในการสัมภาษณ์

2.1.2 ผู้ทดสอบ ทำการสุ่มผู้ทดสอบซึ่งเป็นผู้บริโภคแยมทั้งหมดจำนวน 100 คน ไม่จำกัดเพศและวัย โดยจะสอบถามผู้บริโภคก่อนว่าเป็นคนที่รับประทานแยมและสามารถให้ข้อมูลได้แล้วจึงนัดวันเวลาสัมภาษณ์ โดยผู้ทดสอบทั้งหมดมีสถานที่เรียนหรือทำงานอยู่ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

2.1.3 การแบ่งกลุ่มผู้ทดสอบ ทำการแบ่งกลุ่มผู้ทดสอบโดยให้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติด้านสุขภาพและโภชนาการ (รายละเอียดของแบบสอบถาม แสดงอยู่ในภาคผนวก ค.) ข้อมูลทางด้านทัศนคติที่ได้รับจะนำมาใช้ในการแบ่งกลุ่ม โดยอาศัยเทคนิค Hierarchical cluster analysis วิเคราะห์ด้วยวิธี Euclidean distances และ Ward's aggregation ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป XL STAT® Version 2011

2.1.4 สัมภาษณ์โดยใช้คำถามแบบลำดับขั้น (Laddering Interview) เทคนิคสัมภาษณ์โดยใช้คำถามแบบลำดับขั้นนี้ใช้เพื่อทำความเข้าใจในคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อทัศนคติความคิดของผู้บริโภค (MacFie, 2007) โดยในระหว่างการสัมภาษณ์จะมีการจดบันทึกและ

บันทึกเสียง การสัมภาษณ์เริ่มจากการเกริ่นนำเกี่ยวกับหัวข้อและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย แล้วจึงเริ่มการสัมภาษณ์โดยให้ผู้ทดสอบคุณภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์แยมทั้ง 3 ชนิด แล้วจึงเริ่มถามคำถาม “ถ้าคุณเลือกซื้อหนึ่งในผลิตภัณฑ์แยมเหล่านี้ คุณจะซื้อผลิตภัณฑ์ตัวใด” จากนั้นถามผู้บริโภคว่าถึงเหตุผลที่เลือกผลิตภัณฑ์ตัวนั้นโดยใช้ชุดคำถามว่า “ทำไม อย่างไร” แล้วนำคำตอบที่ได้มาเป็นคำถามต่อไป จากนั้นผู้สัมภาษณ์จะถามจากคำตอบของผู้ทดสอบเองเป็นลำดับขั้นต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนกว่าผู้ทดสอบจะไม่สามารถตอบคำถามได้อีกจึงเป็นการสิ้นสุดการสัมภาษณ์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและสร้างแผนภาพลำดับขั้น (Hierarchical value maps)

2.2 สร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ (Product concept) รวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติสุขภาพและโภชนาการมากำหนดกลุ่มเป้าหมายของผลิตภัณฑ์และข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น มาสังเคราะห์แนวคิดผลิตภัณฑ์แยมกระเจียบ

3. พัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกระเจียบแดงเพื่อสุขภาพ

3.1 การเตรียมแยมกระเจียบสูตรพื้นฐาน โดยทั่วไปแยมกระเจียบจะมีองค์ประกอบหลักคือ เนื้อกระเจียบ น้ำตาลและเพคติน ซึ่งน้ำตาลและเพคตินนั้นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำให้เกิดเจล โดยสูตรและขั้นตอนการทำ ดังแสดงในตารางที่ 7 และภาพที่ 12 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 สูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์แยมกระเจียบแดง

ส่วนผสม	น้ำหนัก (กรัม)	สูตรพื้นฐาน (ร้อยละ)
กระเจียบแดงเข้มข้น	234.35	47.07
น้ำตาล	263.16	52.63
เพคติน	2.5	0.5
น้ำหนักสุดท้าย	500	100.00

ที่มา: ดัดแปลงจาก นันทกร และ ลำไพร (2544)

กระเจี๊ยบแห้ง (กระเจี๊ยบ:น้ำ = 1:20) ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

↓
 บดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหาร ประมาณ 15 วินาที
 (กระเจี๊ยบเข้มข้น)

↓
 เกี่ยวกระเจี๊ยบเข้มข้นด้วยไฟอ่อน (สัปดาห์ตามสูตร) พร้อมคนตลอดเวลา

จนมีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส

↓
 ค่อยๆ เติมส่วนผสมของน้ำตาลและเพคติน พร้อมทั้งคนตลอดเวลา

↓
 เกี่ยวจนได้อุณหภูมิ 104-105 องศาเซลเซียส จับเวลา 7-10 นาที

↓
 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 65 องศาบริกซ์

↓
 เติมน้ำตาลละลายกรดซิตริก

↓
 ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิ 85 ± 1 องศาเซลเซียส

↓
 ล้างทำความสะอาด
 และต้มฆ่าเชื้อฝาและขวด

←
 บรรจุร้อน

↓
 บรรจุขวดพร้อมปิดด้วยฝาชนิดเกลียวมีขอบยางกันอากาศเข้า

↓
 หล่อเย็นจนถึงอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

↓
 เก็บที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนนำมาวิเคราะห์

ภาพที่ 12 ขั้นตอนการทำแยมกระเจี๊ยบจากกระเจี๊ยบแห้ง

ที่มา: ดัดแปลงจาก นันทกร และ ลำไพร (2544); Ashaye and Adeleke (2009)

3.2 การเตรียมแยมกระเจียบสูตรเพื่อสุขภาพ พัฒนาขึ้นโดยการลดปริมาณน้ำตาลจากสูตรพื้นฐานและใช้สารให้ความหวานหลายชนิดในสัดส่วนที่เหมาะสมเข้ามาทดแทน พร้อมทั้งหาชนิดและปริมาณของพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการทำให้แยมเพื่อสุขภาพมีเนื้อสัมผัสและรสชาติที่ใกล้เคียงกับแยมสูตรพื้นฐาน รวมทั้งได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

3.2.1 ศึกษาชนิดและสัดส่วนของสารให้ความหวานที่เหมาะสม โดยเลือกใช้ สตีวิโอไซด์ (stevioside) และ ซูคราโลส (sucralose) ร่วมกับน้ำตาลทราย (sucrose) เป็นสารให้ความหวาน และใช้วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design รูปแบบ Simplex-lattice design (3x3) ในการกำหนดสัดส่วนระหว่างน้ำตาลทราย: สตีวิโอไซด์ : ซูคราโลส ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณสารให้ความหวาน 3 ชนิดในสิ่งทดลองทั้ง 7 สูตร

สิ่งทดลอง	สัดส่วน (code)			ปริมาณสารให้ความหวานในแยมกระเจียบ 500 กรัม (กรัม) (Actual)			เงื่อนไข
	sucrose	stevioside	sucralose	sucrose	stevioside	sucralose	
1	0.333	0.333	0.333	175.440	0.133	0.066	ลดน้ำตาล
2	0.167	0.167	0.667	153.510	0.060	0.133	ลดน้ำตาล
3	0.000	1.000	0.000	131.580	0.400	0.000	ลดน้ำตาล
4	1.000	0.000	0.000	263.160	0.000	0.000	สูตรควบคุม
5	0.167	0.667	0.167	153.510	0.260	0.033	ลดน้ำตาล
6	0.667	0.167	0.167	219.300	0.060	0.033	ไม่เข้าเงื่อนไข
7	0.000	0.000	1.000	131.580	0.000	0.200	ลดน้ำตาล

หมายเหตุ 131.580 กรัมของซูโครสมาจากการลดลงร้อยละ 50 เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541

3.2.2 ศึกษาคุณภาพของแยมกระเจียบเพื่อสุขภาพ

1) คุณภาพทางด้านกายภาพ

ก. วิเคราะห์เนื้อสัมผัส ได้แก่ Gel strength (N) Rupture strength (N) Brittleness (mm) และ adhesiveness (N*s) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA.XT. plus รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.

ข. วัดค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM 3500d รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.

2) คุณภาพทางด้านเคมี

ก. วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH differential รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

ข. วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Jenway รุ่น 3320 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

ง. วัดค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง Hand refractometer ยี่ห้อ ATAGO N3 58-90% รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

3) การยอมรับของผู้บริโภค ตัวอย่างแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพจะบรรจุอยู่ในถ้วยพลาสติก เสิร์ฟพร้อมขนมปัง และช้อน จากนั้นให้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดสอบคุณลักษณะต่างๆ อันได้แก่ ลักษณะปรากฏ การคงตัวของเจล ความสามารถในการทา การเกาะติดขนมปัง รสหวาน รสเปรี้ยว รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม แล้วให้คะแนนตามความชอบ 1-9 คะแนน (9-point hedronic scale; 1 ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 ชอบมากที่สุด) จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจากปริมาณแอนโทไซยานินและคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อนำไปปรับปรุงด้านเนื้อสัมผัสต่อไป

3.2.3 ศึกษาชนิดและปริมาณของเพคตินที่เหมาะสมต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ แยมกระเจี๊ยบสูตรที่ได้รับการคัดเลือกจากปริมาณแอนโทไซยานินและคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค จากข้อ 3.2.1 จะนำมาปรับปรุงด้านเนื้อสัมผัสโดยใช้เพคตินชนิดเมทอกซิลสูงและเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ ชนิดละ 3 ระดับความเข้มข้น (ร้อยละ 0.8, 1.0 และ 1.2 โดยน้ำหนัก เมื่อเทียบจากส่วนผสมที่เหลือทั้งหมด) มีสารแคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.5 จัด

แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและทางเคมี ดังนี้

1) คุณภาพทางด้านกายภาพ

ก. วิเคราะห์เนื้อสัมผัส ได้แก่ Gel strength (N) Rupture strength (N) Brittleness(mm) และ adhesiveness (N*s) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA.XT. plus รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.

ข) วัดค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM 3500d รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.

2) คุณภาพทางด้านเคมี

ก. วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH differential รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

ข. วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Jenway รุ่น 3320 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

ค. วัดค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง Hand refractometer ยี่ห้อ ATAGO N3 58-90% รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

3) การยอมรับของผู้บริโภค ตัวอย่างแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่มีการปรับปรุงเนื้อสัมผัสแล้ว จะบรรจุอยู่ในถ้วยพลาสติก เสิร์ฟพร้อมขนมปัง และช้อน จากนั้นให้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดสอบคุณลักษณะต่างๆ อันได้แก่ ลักษณะปรากฏ การคงตัวของเจล ความสามารถในการทา การเกาะติดขนมปัง รสหวาน รสเปรี้ยว รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม แล้วให้คะแนนตามความชอบ 1-9 คะแนน (9-point hedonic scale โดยที่ 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด) แล้วคัดเลือกแยมสูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดไปศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Central Location Test ต่อไป

3.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบเพื่อสุขภาพ ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2 ด้วยวิธี Central Location Test (CLT) กับผู้บริโภคทั่วไปที่เคยรับประทานแยมผลไม้จำนวน 150 คน โดยผู้บริโภคจะได้รับตัวอย่างแยมกระเจี๊ยบแดงในถ้วยพลาสติก ตัวอย่างจะถูกเสิร์ฟพร้อมขนมปัง ช้อนสำหรับทาแยม และแบบสอบถาม (รายละเอียดของแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภคแสดงในภาคผนวก ง.) ทำการทดสอบ ณ บริเวณโรงอาหารกลาง 2 ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน รวมถึงการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเมื่อได้รับข้อมูลที่ดีของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีแมคนีมาร์ (McNemar's Test)

4. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ

ในระหว่างการเก็บรักษา เตรียมแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ ที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.3 บรรจุใส่ขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิทปริมาตร 150 กรัม เก็บตัวอย่างในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 2 ระดับ 25 และ 37 องศาเซลเซียส แล้วทำการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีทุกๆ 2 สัปดาห์ในช่วงสองเดือนแรกและทุกเดือนในเดือนที่ 4-6 โดยค่าคุณภาพที่ศึกษาได้แก่

4.1 คุณภาพทางด้านกายภาพ

4.1.1 วิเคราะห์เนื้อสัมผัส ได้แก่ gel strength (N) Rupture strength (N) Brittleness (mm) และ adhesiveness (N*s) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA.XT. plus รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.

4.1.2 วัดค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM 3500d รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.

4.2 คุณภาพทางด้านเคมี

4.2.1 วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH differential รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

4.2.2 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดโดยเครื่อง pH ยี่ห้อ Jenway รุ่น 3320 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.

4.2.3 วัดค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง Hand refractometer ยี่ห้อ ATAGO N3 58-90%

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติและการรายงานผล

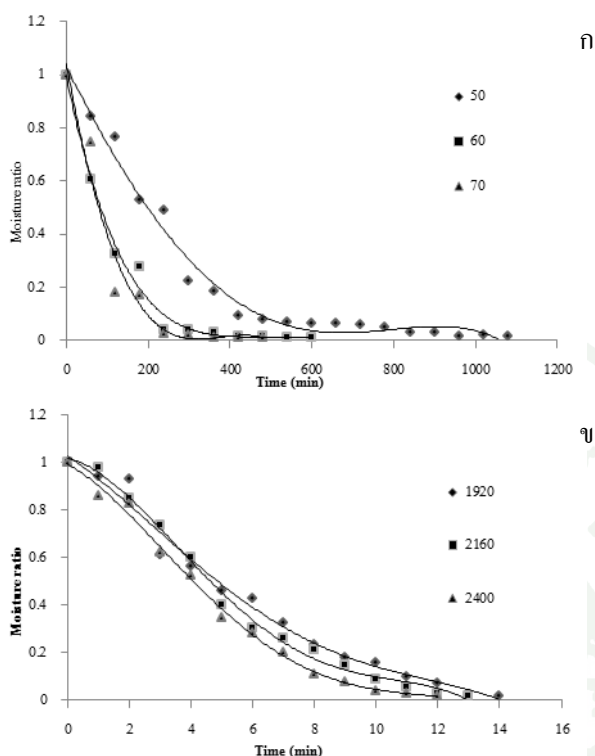
ผลการทดลองจะรายงานเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง) ค่า a_w ความชื้น สี ลักษณะเนื้อสัมผัส ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด, FRAP, ORAC ของผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ จะวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS[®] เวอร์ชัน 12.0

ผลและวิจารณ์

1. เปรียบเทียบอิทธิพลของวิธีการอบแห้งระหว่างวิธีตู้อบลมร้อนและวิธีไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ต่อคุณภาพของกระเจี๊ยบแดงแห้ง

เมื่อนำกระเจี๊ยบแดงมาอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศที่ 3 ระดับกำลังวัตต์ (1920, 2160 และ 2400 วัตต์) และอบแห้งด้วยลมร้อน 3 ระดับความร้อน (50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส) ในการทดลองนี้ต้องการให้กระเจี๊ยบแดงแห้งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 ตามมาตรฐาน มพช. สมุนไพรอบแห้ง (มพช.480/2547) พบว่าการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศใช้ระยะเวลาน้อยกว่าการอบแห้งโดยลมร้อน โดยที่กำลังวัตต์ของไมโครเวฟที่ 1920, 2160 และ 2400 วัตต์ จะใช้เวลา 14, 13 และ 12 นาที ตามลำดับ ในขณะที่การอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15, 10 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 13 (ก และ ข) ซึ่งการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศจะใช้ระยะเวลาในการทำแห้งที่เร็วกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน ประมาณ 80 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟ อาศัยสมบัติของการมีไดโพลของน้ำในอาหาร ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนและชนของน้ำกับโมเลกุลอื่นๆ เกิดเป็นพลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็วกว่าการอบแห้งด้วยวิธีอื่น (วิไล, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการอบแห้งถั่วแระ ที่เปรียบเทียบการอบแห้งระหว่างการอบด้วยลมร้อนและระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ พบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนใช้เวลา 6-10 ชั่วโมง ในขณะที่การอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศใช้เวลาเพียง 20-40 นาที (Hu *et al.*, 2006) และยังสอดคล้องกับการทดลองวิธีการอบแห้งเห็ดฟางที่เปรียบเทียบการอบแห้งระหว่างการอบด้วยลมร้อนและระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ซึ่งพบว่าการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศช่วยลดเวลาอบลงได้ถึงร้อยละ 75-90 (Giri *et al.*, 2007)

นอกจากนี้ ยังพบว่า ในช่วงแรกของการอบนั้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของกระเจี๊ยบแดงอบแห้งทั้ง 2 มีปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว และค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ ในช่วงท้ายของการอบแห้ง นอกจากนี้ หากทำการเพิ่มกำลังวัตต์ของการอบแห้งในระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศหรือเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งในระบบลมร้อน จะทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในระหว่างการอบแห้งที่ระดับความร้อนและระยะเวลาต่างๆ ของการอบแห้งด้วย ก) ระบบลมร้อน ข)ระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ

สำหรับการอธิบายการเปลี่ยนแปลงความชื้นด้วยแบบจำลอง พบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อน มีค่า RMSE อยู่ในช่วง 0.09 และค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.95-0.97 และการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ มีค่า RMSE อยู่ในช่วง 0.08-0.11 และค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.95-0.97 เมื่ออธิบายด้วยแบบจำลอง Page's model และการอบแห้งด้วยลมร้อน มีค่า RMSE อยู่ในช่วง 0.26-0.32 และค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.75-0.87 และการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ มีค่า RMSE อยู่ในช่วง 0.30-0.33 และค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.72-0.74 เมื่ออธิบายด้วยแบบจำลอง Lewis's model (ตารางที่ 9) ซึ่งเลือกสมการที่เหมาะสมนั้น จะพิจารณาจากค่า RMSE ที่ต่ำ และ R^2 (coefficient of determination) ที่สูง ทั้งนี้เนื่องจาก R^2 ที่ดีควรมีค่ามาก ใกล้เคียง 1 เพื่อแสดงให้เห็นว่าสมการที่ได้จากการทดลองสามารถใช้ทำนายได้ใกล้เคียงความเป็นจริง ดังนั้น แบบจำลอง Page's model มีความเหมาะสมในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของความชื้นต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลาในการทำแห้งมากกว่าแบบจำลอง Lewis's model ทั้ง 2 วิธีการอบแห้ง อีกทั้ง แบบจำลอง Page's model ยังมีประสิทธิภาพในการทำนายสูงกว่าการใช้แบบจำลอง Lewis's model ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา จลนพลศาสตร์การอบแห้งขมิ้นชันด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ก็พบว่า แบบจำลอง Page's model สามารถอธิบายได้ดีกว่าแบบจำลอง Lewis's model เช่นเดียวกับ หมือหนาม และ พืชออร์

(2554) เนื่องมาจาก Page's model (1949) ได้ทำการปรับปรุงสมการของลิวอิสใหม่โดยใช้ค่าคงที่เพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งค่าคือ n (ค่าคงที่ของแบบจำลอง) เพื่อให้แบบจำลองสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้น ได้แม่นยำยิ่งขึ้นซึ่งใช้ได้กับอาหารและวัสดุเกษตรหลายประเภท ตัวอย่างเช่น การศึกษาลักษณะและจลนศาสตร์ในการทำแห้งของกระเจี๊ยบเขียว โดยใช้การทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส และใช้แบบจำลอง Page และ simple exponential's model ในการอธิบายการทำแห้งพบว่าประสิทธิภาพของแบบจำลองเมื่อทำการเปรียบเทียบค่า coefficient of determination (R^2) และการลดลงของ chi-square (χ^2) ระหว่างค่าสัดส่วนความชื้นจากการทดลองและการทำนายพบว่าแบบจำลอง Page สามารถอธิบายได้ดีที่สุด (Doymaz, 2005) เช่นเดียวกับงานวิจัยการใช้แบบจำลอง exponential, Page's และ diffusional ในการอธิบายจลนพลศาสตร์ในการทำแห้งก็ใช้การทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 30-90 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อกราฟการทำแห้งโดยจะทำให้เวลาในการทำแห้งลดลง จากผลการทดลองพบว่าแบบจำลอง Page's model สามารถอธิบายได้ดีที่สุด (average %var $99.6 \pm 0.2\%$) ในขณะที่แบบจำลอง exponential's model อธิบายได้เป็นที่น่าสนใจน้อยกว่า (average %var $98.0 \pm 1.4\%$) (Simal *et al.*, 2005) เช่นเดียวกับการศึกษาจลนพลศาสตร์และการลดเวลาในการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเทคนิคสเปาเต็คเบดโดยใช้กราฟท์ทิวบ์และอนุภาคเนื้อยางงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาลจลนพลศาสตร์การอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเทคนิคสเปาเต็คเบด และการลดเวลาในการอบแห้งโดยใช้กราฟท์ทิวบ์และอนุภาคเนื้อ ในการทดลองอบแห้งกลีบกุหลาบโดยเทคนิคสเปาเต็คเบดนั้น ใช้ความเร็วลม 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 m/s และอุณหภูมิของลมร้อนเท่ากับ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าความสูงจากทางเข้าลมร้อนเท่ากับ 6.35 cm อัตราส่วนขนาดของกราฟท์ทิวบ์ต่อขนาดทางเข้าลมร้อนเท่ากับ 0.66 และความพรุนเท่ากับ 30% เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการลดเวลาในการอบแห้ง จากการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งโดยใช้แบบจำลองพบว่าแบบจำลองของ Page ที่มีการปรับปรุง (Modified Page) คือแบบจำลองที่ดีที่สุดในการทำนาย (ภควรรณ และ กนกอร, 2553)

จากการศึกษาการอบแห้ง ค่าคงที่ในการอบแห้ง (k) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและกำลังวัตต์ในการทำแห้งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาการอบแห้งเห็ดด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศและระบบลมร้อนของ Giri and Prasad (2007) พบว่าค่า k เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มกำลังวัตต์และอุณหภูมิในการอบแห้ง สำหรับค่า n นั้นไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน ในการทดลองนี้ค่า n ของการอบแห้งด้วยลมร้อนมีค่าเข้าใกล้ 2 ส่วนค่า n ของการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศมีค่ามากกว่า 2 สอดคล้องกับงานวิจัยของ เหมือนหมาย และ พิษณุอร (2554) ทำการศึกษา

จลนพลศาสตร์การอบแห้งขม้นชั้นระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศก็พบว่าค่า n เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มกำลังวัตต์ไมโครเวฟในการอบแห้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Alibas (2007) ทำการศึกษาการทำแห้งใบ Nettle ระหว่างการอบด้วยลมร้อน ไมโครเวฟ และอบในระบบสุญญากาศ พบว่าเมื่อใช้แบบจำลอง Page's model อธิบายการอบแห้งด้วยไมโครเวฟให้ค่าพารามิเตอร์ n มากกว่า 2 สอดคล้องกับการศึกษาแรกเตอร์ลิสติกของผักขมที่อบด้วยไมโครเวฟ พบว่าที่ กำลังวัตต์ 500, 750, 850 และ 1000 มีค่าพารามิเตอร์ n มากกว่า 2 ส่วนในกำลังวัตต์อื่นๆ ค่า n มีค่าเข้าใกล้ 2 (Ozkan *et al.*, 2007) และสอดคล้องกับงานวิจัยการอบแห้งพลาสติกด้วยไมโครเวฟ พบว่าค่า n มีค่ามากกว่า 2 (Soysal *et al.*, 2006)

ตารางที่ 9 ค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพของแบบจำลองของกระเจียบแดงอบแห้ง

วิธีการอบแห้ง	เวลา	แบบจำลอง	พารามิเตอร์	RMSE	R ²
ลมร้อน (องศาเซลเซียส)					
50	15 ชั่วโมง	Lewis	k= 0.2152	0.32	0.87
		Page	k=0.0192, n=1.8295	0.09	0.97
60	10 ชั่วโมง	Lewis	k=0.6048	0.29	0.75
		Page	k=0.0775, n=1.9294	0.09	0.96
70	8 ชั่วโมง	Lewis	k=0.7203	0.26	0.75
		Page	k=0.0730, n= 0.0520	0.09	0.95
ไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ (วัตต์)					
1920	14 นาที	Lewis	k=0.1506	0.33	0.72
		Page	k=0.0054, n=2.151	0.11	0.95
2160	13 นาที	Lewis	k=0.1714	0.31	0.74
		Page	k=0.0038, n=2.4597	0.08	0.97
2400	12 นาที	Lewis	k=0.1878	0.30	0.74
		Page	k=0.0099, n=2.0799	0.11	0.97

ค่าความชื้น ปริมาณวอเตอร์แอคทีวิตี (a_w) และการคืนตัวของกระเจียบแดงอบแห้งที่อบด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศมีค่าสูงกว่าการอบแห้งด้วยระบบลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 10) โดยกระเจียบที่อบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ มีค่าความชื้นอยู่

ในช่วง ร้อยละ 10.17-10.55 ปริมาณวอเตอร์แอคทีวี่ อยู่ในช่วง 0.50-0.52 และอัตราการคิ่นตัว อยู่ในช่วง 3.80-3.90 ในส่วนของการอบด้วยลมร้อน มีค่าความชื้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 7.83-9.09 ปริมาณวอเตอร์แอคทีวี่ อยู่ในช่วง 0.41-0.45 และอัตราการคิ่นตัว อยู่ในช่วง 3.19-3.34 ซึ่งคาดว่า การที่ไม่โครเวฟร่วมสุญญากาศ ทำให้กระเจียบแห้งมีอัตราการคิ่นตัวที่สูงกว่าการอบด้วยลมร้อนก็เนื่องจาก ระบบไมโครเวฟเป็นการให้พลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็ก เมื่ออาหารได้รับคลื่นแม่เหล็กทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการเคลื่อนที่และเสียดสี ทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งชั้นไม่ได้โดนความร้อนเฉพาะบริเวณผิวหนังของอาหารเช่นการอบด้วยลมร้อน จึงไม่ทำให้ผิวหนังของอาหารร้อนเกินไป ลดโอกาสเกิด Case hardening ซึ่งทำให้ความชื้นที่มีอยู่ในชั้นอาหารระเหยออกได้ยากขึ้น นอกจากนี้ การอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟทำให้อัตราการถ่ายเทมวลเกิดเร็วขึ้น เมื่อร่วมกับการใช้ระบบสุญญากาศ ก็จะทำให้การระเหยของน้ำในอาหารเกิดขึ้นได้ง่ายแม้อุณหภูมิของอาหารไม่สูงก็ตาม จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการอบแห้งสั้นลง และการอบแห้งด้วยไมโครเวฟทำให้ค่า Loss factor ของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่อุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดการฟองตัวและมีรูพรุนภายใน จึงทำให้มีการคิ่นตัวของผลิตภัณฑ์ (Cheng *et al.*, 2006)

ตารางที่ 10 ค่าร้อยละความชื้น วอเตอร์แอคทีวี่ (a_w) และ อัตราการคิ่นตัวของกระเจียบแดงอบแห้ง

สิ่งทดลอง	เวลา	ร้อยละความชื้น	วอเตอร์แอคทีวี่(a_w)	อัตราการคิ่นตัว
ลมร้อน (องศาเซลเซียส)				
50	15 ชั่วโมง	9.09 ^{abc} ±0.79	0.44 ^c ±0.00	3.34 ^b ±0.25
60	10 ชั่วโมง	8.81 ^{bc} ±3.29	0.45 ^c ±0.01	3.21 ^b ±0.15
70	8 ชั่วโมง	7.83 ^{bc} ±0.46	0.41 ^d ±0.01	3.19 ^b ±0.16
ไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ (วัตต์)				
1920	14 นาที	10.17 ^{ab} ±0.14	0.51 ^{ab} ±0.00	3.80 ^a ±0.17
2160	13 นาที	10.17 ^{ab} ±1.86	0.52 ^a ±0.00	3.81 ^a ±0.12
2400	12 นาที	10.55 ^a ±2.40	0.50 ^b ±0.00	3.90 ^a ±0.11

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 11 ค่าสีของกระเจี๊ยบแดงสดและกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง

สิ่งทดลอง	เวลา	L*	a*	b*
สด		15.60 ^b ±0.14	16.72 ^a ±0.66	2.88 ^b ±0.68
ลมร้อน (องศาเซลเซียส)				
50	15 ชั่วโมง	13.45 ^d ±0.07	7.50 ^c ±0.03	2.93 ^b ±0.04
60	10 ชั่วโมง	11.39 ^e ±0.28	7.40 ^c ±0.34	1.35 ^c ±0.32
70	8 ชั่วโมง	14.84 ^c ±0.04	9.13 ^d ±0.08	1.67 ^c ±0.11
ไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ (วัตต์)				
1920	14 นาที	14.35 ^c ±0.02	12.59 ^c ±0.04	2.85 ^b ±0.06
2160	13 นาที	14.44 ^c ±0.41	9.05 ^d ±0.02	2.83 ^b ±0.02
2400	12 นาที	18.90 ^a ±0.54	15.58 ^b ±0.38	3.52 ^a ±0.17

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ด้านค่าสีของกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง (ตารางที่ 11) ของการอบแห้งทั้งสองระบบ พบว่ากระเจี๊ยบที่อบด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศค่า ($L^* = 14.35-18.90$, $a^* = 9.05-15.58$, $b^* = 2.83-3.52$) มีค่าสีใกล้เคียงกับกระเจี๊ยบแดงสด ($L^*=15.60$, $a^* = 16.72$, $b^* = 2.88$) มากกว่าการอบด้วยลมร้อน ($L^* = 11.39-14.84$, $a^* = 7.40-9.61$, $b^* = 1.35-2.93$) โดยค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของกระเจี๊ยบแดงที่อบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศมีค่าความสว่างสูงกว่าการอบด้วยลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากระบบสุญญากาศสามารถลดอุณหภูมิของสภาวะการอบแห้ง ซึ่งอุณหภูมิที่ลดลงจะชะลอการเกิด Maillard reaction (Bondaruk *et al.*, 2007) และลดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานิน จึงทำให้กระเจี๊ยบแดงแห้งมีค่าสีแดงอยู่มาก ซึ่งมีรายงานว่าค่าสีแดงนั้นมีสัมพันธ์กับปริมาณแอนโทไซยานินที่ยังคงเหลืออยู่ในกระเจี๊ยบแดง เนื่องจากเป็นสารในกระเจี๊ยบแดงที่ให้สีแดงม่วง สอดคล้องกับกับงานวิจัยของ Wojdylo *et al.*, (2009) ที่ศึกษาผลของวิธีการอบแห้งสตอร์เบอร์รี่ด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศให้ความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงกว่าการอบด้วยลมร้อน และสอดคล้องกับการศึกษาการอบแห้งฟักทองด้วย

ระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ลมร้อน และการใช้ลมร้อนร่วมไมโครเวฟร่วมสุญญากาศต่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่าระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศให้ค่าสีที่ดีกว่าการอบด้วยลมร้อน (Alibas, 2007)

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณแอนโทไซยานินของกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง พบว่า กระเจี๊ยบแดงที่อบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศมีปริมาณแอนโทไซยานิน (4,863.46-5,280.11 มิลลิกรัมต่อกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง 100 กรัม) สูงกว่าการอบด้วยลมร้อน (4,537.74-5,191.18 มิลลิกรัมต่อกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง 100 กรัม) และ สภาวะที่รักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้สูงสุดในการทดลองคือ การอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ กำลัง 1920 วัตต์ (ตารางที่ 12) แสดงให้เห็นว่า การอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศสามารถคงปริมาณสารแอนโทไซยานินได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน นอกจากนี้ ยังพบว่า หากมีการเพิ่มระดับความร้อน ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มกำลังวัตต์หรืออุณหภูมิก็ตาม จะส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง

การลดลงของแอนโทไซยานินในกระเจี๊ยบแดงอบแห้งเมื่ออุณหภูมิและกำลังวัตต์ในการทำแห้งเพิ่มขึ้นนั้น เป็นผลมาจากความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งเป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากแอนโทไซยานินนั้นจะเปลี่ยนรูปและสลายตัวได้เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง นอกจากนี้ การมีออกซิเจนร่วมด้วยก็จะทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงได้มากกว่ากรณีที่ไม่มียออกซิเจนหรือในสภาพสุญญากาศ ทั้งนี้เนื่องจาก แอนโทไซยานิน จะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายเมื่อมีออกซิเจนและทำให้เกิดการสลายตัวปริมาณจึงลดลง (Damodaran *et al.*, 2007; Skrede and Wrolstad 2002; Wicklund *et al.*, 2005; Aina and Shodipe, 2006; Bordignon-Luiz *et al.*, 2007; Mori *et al.* , 2007; Von Elbe and Schwartz, 1996)

แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณแอนโทไซยานินระหว่างกระแสดกับกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง พบว่าเมื่ออบแห้งปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบแห้งอาจเกิดจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นที่เนื้อและเปลือกในระหว่างกระบวนการทำแห้งจึงทำให้สารประกอบฟลาโวนอยเพิ่มขึ้น (Bovy, 2002) ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟลาโวนอยชนิดหนึ่ง จึงอาจส่งผลให้แอนโทไซยานินมีปริมาณเพิ่มขึ้นได้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด พบว่า กระเจี๊ยบแดงที่อบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (8,184.56-9,027.85 มิลลิกรัมต่อกระเจี๊ยบแดง

อบแห้ง 100 กรัม) สูงกว่าการอบด้วยลมร้อน (7,565.37-8,142.98 มิลลิกรัมต่อกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง 100 กรัม) และ สภาวะที่รักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลมีค่ามากกว่าคือสภาวะอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ กำลัง 2400 วัตต์ (ตารางที่ 12) แสดงให้เห็นว่า การอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศสามารถคงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดได้ดีกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน และพบว่าเมื่อมีการเพิ่มระดับความร้อน ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มกำลังวัตต์หรืออุณหภูมิก็ตาม จะส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลลิระหว่างกระเจี๊ยบแดงสดและกระเจี๊ยบแดงอบแห้งพบว่ากระเจี๊ยบแดงอบแห้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงกว่อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลหลังจากการทำแห้งอาจเกิดขึ้นได้จากการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลออกจาก matrix ในระหว่างกระบวนการทำแห้งโดยที่ Haard and Chism (1996) ได้กล่าวถึงผัก ผลไม้ที่มีสารประกอบฟีนอลสูง หรืออีกนัยหนึ่งคือสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเป็นสารมัธยันตร์ (สารที่เกิดขึ้นในระหว่างกลไก) ที่เกิดขึ้นกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืชและจะถูกเก็บสะสมไว้ที่แวคิวโอล จึงอาจสันนิษฐานได้ว่ากระบวนการแปรรูปอาหารอาจช่วยเร่งการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลเนื่องจากเกิดการแตกของเซลล์พืช อย่างไรก็ตามการแตกของผนังเซลล์อาจยังทำให้เกิดการออกซิเดชันและเอนไซม์ที่ย่อยสลายสารแอนติออกซิแดนท์ในผลไม้ แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นของการทำแห้งจะช่วยยับยั้งเอนไซม์ที่มาทำลายกรดฟีนอลิกซึ่งนำไปสู่การเกิดสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบวิธีการทำแห้งที่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลลิผลการทดลองมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wojdylo *et al*, 2009 ได้ทำการศึกษาการอบแห้งสตรอเบอรี่ด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอล และแอนโทไซยานิน มีค่าใกล้เคียงกับการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและสตรอเบอรี่สด มากกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน นอกจากนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mejia-Meza *et al*. (2010) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินของราสเบอร์รี่เปรียบเทียบการอบแห้งระหว่าง การแช่เยือกแข็ง ไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ลมร้อนและการอบแห้งร่วมกันระหว่างลมร้อนและไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ พบว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศและการแช่เยือกแข็งสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้สูงกว่าการทำแห้งด้วยวิธีอื่นๆ ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอล พบว่า การอบแห้งร่วมกันระหว่างลมร้อนและไมโครเวฟร่วมสุญญากาศสามารถรักษาปริมาณ

สารประกอบฟีนอลได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ลมร้อนและการแช่เยือกแข็งให้ค่าต่ำที่สุด

จากผลการทดลองผลของการใช้ไมโครเวฟที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hayat และคณะในปี 2010 ได้ทำการศึกษาผลของไมโครเวฟต่อสารประกอบฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระในากาสัมแมนดาริน พบว่าสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ตามกำลังวัตต์ที่เพิ่มขึ้นของไมโครเวฟ ซึ่งเกิดในสัมแมนดาริน Feutrell's Early แต่สายพันธุ์ Kinnow ให้ผลต่างกัน โดยผลที่ต่างกันนี้น่าจะเกิดจากลักษณะที่ต่างกันของสายพันธุ์ที่ต่างกัน และอีกเหตุผลคือ ปริมาณน้ำ เพราะปริมาณน้ำในวัตถุดิบจะทำการดูดซับกำลังของไมโครเวฟไว้ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในระหว่างที่ทำการอบวัตถุดิบด้วยไมโครเวฟ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นที่พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้นหลังจากวัตถุดิบพืชได้รับความร้อนหรือรังสีได้แก่ งานวิจัยของ Gulati *et al.* (2003) ศึกษาการใช้ไมโครเวฟเพื่อปรับปรุงการผลิตชาเขียวโดยการใช้วิธีต่างๆ ได้แก่ การคั่ว การนึ่ง ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟและให้ความร้อนด้วยเตาอบเพื่อยับยั้ง polyphenol peroxidase (PPO) โดยได้ทำการยับยั้งการทำงานของ PPO ภายใต้อุณหภูมิสูงและต่ำและการทำแห้งด้วยการให้ความร้อนจากไมโครเวฟ การให้ความร้อนด้วยเตาอบ หรือการตากแดด พบว่าการคั่วและการตากแดดให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลและคาเตชินในระดับต่ำสุด ในขณะที่การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลและคาเตชินสูงสุดและยังทำให้รสชาติดูและกลิ่นที่ดีกว่า ส่วนการนึ่งและการใช้เตาอบร่วมกับไมโครเวฟให้ค่าอยู่ระหว่างการคั่วและการใช้ไมโครเวฟ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Jeong *et al.* (2004) ศึกษาผลของความร้อนต่อคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดจากเปลือกส้มโดยมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50, 100 และ 150 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 10-60 นาที พบว่าสภาวะที่ 150 องศาเซลเซียสเวลา 60 นาที สามารถเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ให้ความร้อน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Lee *et al.* (2006) ศึกษาผลของคลื่น far-infrared และการให้ความร้อนต่อคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกถั่วลิสงโดยนำเปลือกถั่วลิสงมาผ่านคลื่น far-infrared หรือได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ (150 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5-60 นาทีพบว่าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาที สารสกัดจากเปลือกถั่วลิสงมีค่าสารประกอบฟีนอลความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและค่า Reducing power เพิ่มขึ้น จาก 2.9 เป็น 141.6 μM , 2.34% เป็น 48.83%, และ 0.473 เป็น 0.919 ตามลำดับสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu *et al.* (2007) ศึกษาผลของความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ในสารสกัดจากเปลือกส้ม โดยทำการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกันระหว่างเปลือกส้มที่ได้รับการให้ความร้อนและไม่ได้รับความร้อน พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดด้วยวิธี 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) และ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดด้วยวิธี FRAP มีค่าเพิ่มขึ้นในสารสกัดเปลือกส้มที่มีการให้ความร้อน ทั้งนี้ เนื่องจากปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นจาก ส่งผลให้ค่า ABTS และ ค่า FRAP

ในด้านความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกระเจี๊ยบแดงอบแห้งซึ่งวัดโดยวิธี ORAC และ FRAP พบว่าการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้ง ORAC และ FRAP ($560.20-641.57 \mu\text{mole Trolox/g}$, $144.52-161.49 \mu\text{mole Trolox/g}$ ตามลำดับ) สูงกว่าการอบด้วยลมร้อน (ORAC = $453.60-550.16 \mu\text{mole Trolox/g}$, FRAP = $131.44-139.13 \mu\text{mole Trolox/g}$) เมื่อมีการเพิ่มระดับความร้อน ทั้งอุณหภูมิและกำลังวัตต์ในการอบแห้ง พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับการเปลี่ยนแปลงของค่า ORAC แต่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่า FRAP ในการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศเท่านั้น คือ เมื่อเพิ่มกำลังวัตต์ในการอบแห้งก็จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นด้วย

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Figiel (2010) ที่ได้ทำการศึกษา Drying kinetic และคุณภาพของบิทูทที่อบแห้งด้วยวิธีไมโครเวฟร่วมสุญญากาศและร่วมกับวิธีอบแห้งอื่น พบว่า การที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำในตัวอย่างที่อบด้วยลมร้อนเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นในระหว่างการอบด้วยลมร้อนที่ใช้ระยะเวลาาน สอดคล้องกับการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของโรสแมรี่อบแห้งด้วยลมร้อนพบว่ามีค่าต่ำกว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ (Gutierrez-Ortiz *et al.*, 2008) นอกจากนี้ Wojdylo (2009) ยังกล่าวว่า ยังมีอีกสองปัจจัยที่ทำให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกระเจี๊ยบแดงที่อบด้วยลมร้อนต่ำกว่าการอบด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ คือ โพลีฟีนอลนั้นช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้น intermediate ได้ดีกว่าในขั้นหยุดแม้ว่าจะเป็แค่ชั่วคราว (Manzocco *et al.*, 2001.; Cheigh *et al.*, 1995) ดังนั้น ในการอบด้วยลมร้อนซึ่งมีทั้งอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่สูงกว่าการอบด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ย่อมทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สูงกว่า โพลีฟีนอลที่มีอยู่จึงถูกใช้ไปในกระบวนการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น เป็นผลให้ปริมาณโพลีฟีนอลนั้นลดลงอย่างมาก ในอีกด้านหนึ่งอุณหภูมิสูงจะนำไปสู่การสร้างสารประกอบที่มีความเสถียรและมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง ในที่นี้ คือ ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด หรือ Maillard

reaction products (MRPs) ซึ่งเมื่อฤทธิ์ของการต้านอนุมูลอิสระสูงจึงแสดงค่าที่มากขึ้นได้และสามารถทำลายอนุมูลอิสระได้มากขึ้น (Manzocco *et al.*, 2001.; Yilmaz and Toled, 2005.; Morales and Jimenez-Perez, 2001) ดังนั้น การที่กระเจี๊ยบแดงที่อบด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง จึงน่าจะเป็นผลมาจากสาเหตุ ดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าสีของกระเจี๊ยบที่อบด้วยลมร้อน ที่มีค่าความสว่างที่ต่ำกว่าการอบด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ยืนยันได้ว่า การอบด้วยลมร้อนนั้นทำให้เกิดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สูงกว่าการอบด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Wojdylo (2009) ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพของสตอเบอรี่อบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี FRAP มีค่าสูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน เนื่องจากการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในสภาวะที่มีความดันต่ำ และยังใช้อุณหภูมิต่ำในการอบแห้งจึงสามารถคงความสามารถของการต้านอนุมูลอิสระไว้ได้

สำหรับความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างระดับความร้อนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มกำลังวัตต์ในการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี FRAP นั้นมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยการศึกษาการทำแห้งออริกาโนด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ที่พบว่า เมื่อเพิ่มกำลังวัตต์ในการอบจะทำให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Jaloszynski *et al.*, 2008) และสอดคล้องกับการศึกษาวิธีการอบแห้งต่อคุณสมบัติทางเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทับทิมสายพันธุ์ Arils และ Rind ที่พบว่า เมื่อทำการเพิ่มกำลังวัตต์ในการอบทับทิมพันธุ์ Arils ทำให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลเพิ่มสูงขึ้น (Calín-Sánchez *et al.*, 2012)

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณสารพฤกษเคมี (phytochemical content) ระหว่างกระเจี๊ยบแดงสดและแบบอบแห้ง พบว่ากระเจี๊ยบแดงอบแห้งมีปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ORAC และ FRAP มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ทั้งในการทำแห้งด้วยลมร้อนและระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก นั้นส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ORAC และ FRAP ด้วย (Prior *et al.*, 1998)

แต่เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ คือ ค่า ORAC และค่า FRAP ว่าจากการทดลองค่าทั้งสองไม่เป็นแนวโน้มนัยเดียวกันอาจเนื่องมาจากกลไกการเกิดปฏิกิริยาเพื่อใช้วัดแตกต่างกัน หรืออาจเกิดจากองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถทำปฏิกิริยาในวิธีการวิเคราะห์, ความสามารถในการทำปฏิกิริยาในการถ่ายโอนอิเล็กตรอน เป็นผลทำให้ค่าที่ได้ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันแม้ว่าจะเป็นการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเหมือนกัน (Escudero-López *et al.*, 2013)

ตารางที่ 12 ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกระเจียบแดงสดและกระเจียบแดงอบแห้ง

สิ่ง ทดลอง	เวลา	Anthocyanin content (mg/100g)	Phenolic content (mg/100g)	ORAC (μ mole Trolox/g)	FRAP (μ mole Trolox/g)
สด	-	1500.00 ^d ±57.82	2170.72 ^c ±40.62	303.50 ^c ±8.20	66.30 ^d ±11.2
ลมร้อน (องศาเซลเซียส)					
50	15 ชั่วโมง	5191.18 ^{ab} ±225.17	7565.37 ^d ±327.61	453.60 ^d ±11.35	138.98 ^{bc} ±0.08
60	10 ชั่วโมง	4842.68 ^c ±223.58	7674.77 ^d ±69.30	550.16 ^{bc} ±5.25	139.13 ^{bc} ±6.06
70	8 ชั่วโมง	4537.74 ^c ±173.25	8142.98 ^c ±177.68	510.03 ^{cd} ±27.21	131.44 ^c ±5.08
ไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ (วัตต์)					
1920	14 นาที	5280.11 ^a ±477.77	8184.56 ^c ±73.99	641.57 ^a ±42.52	144.52 ^{bc} ±7.13
2160	13 นาที	5182.10 ^{ab} ±47.93	8626.51 ^b ±92.61	560.20 ^{bc} ±30.80	149.77 ^{ab} ±9.46
2400	12 นาที	4864.46 ^{bc} ±511.03	9072.85 ^a ±167.99	602.25 ^{ab} ±36.63	161.49 ^a ±6.59

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

มีผู้ทำงานวิจัยกระเจียบแดงเกี่ยวกับการอบแห้ง การหาปริมาณแอนโทไซยานินของกระเจียบแดงหลายงาน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณแอนโทไซยานิน กับงานวิจัยอื่นๆ พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินของแต่ละงานวิจัยแตกต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจาก สายพันธุ์ของกระเจียบแดง

พื้นที่ปลูก วิธีการทำแห้ง วิธีการสกัดสารแอนโทไซยานิน วิธีการวัดค่าที่แตกต่างกัน จึงทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินที่วัดได้แตกต่างกันตามตัวแปรต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมา

การอบแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่มีมานานและมีประสิทธิภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำอิสระออกไม่ให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสีย น้อยลงและเก็บได้นานขึ้น ระดับความเสียหายที่เกิดจากระดับความร้อนในการทำแห้งของอาหารเป็นสัดส่วนโดยตรงจากอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง (Lin *et al.*, 1998) อย่างเช่น การใช้อุณหภูมิสูงและใช้ระยะเวลานาน คือการทำแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ (Schadle *et al.*, 1983; Yang and Atallah, 1985; Yongsawatdigul and Gunasekaran, 1996) การทำแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพทางเคมีและคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารได้ อย่างดี ซึ่งการทำแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศไม่ได้มีการถ่ายเทความร้อนและทำให้ความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์อย่างรวดเร็ว แต่ใช้อุณหภูมิต่ำและการถ่ายเทมวลอย่างรวดเร็วด้วยระบบสุญญากาศ (Yongsawatdigul and Gunasekaran, 1996) ร่วมกับการถ่ายเทหลังอย่างรวดเร็วด้วยการทำร้อนโดยระบบไมโครเวฟทำให้เกิดกระบวนการทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิต่ำ (Lin *et al.*, 1998) ซึ่งการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศนี้ประสบความสำเร็จในการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารและสมุนไพรหลายชนิด เช่น มันฝรั่งแผ่น (Durance and Liu, 1996) แคนเบอร์รี่ (Yongsawatdigul and Gunasekaran, 1996) องุ่น (Petrucci and Clary, 1989) แครอท (Lin *et al.*, 1998) ออริกาโน (Yousif *et al.*, 2000) และ อชิโนเซียบ (Kim *et al.*, 2000a, 2000b)

นอกจากนี้กระบวนการอบแห้งยังมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระซึ่งถือเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้โดยการเพิ่มประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการให้กับกระเจี๊ยบแดง และในมุมมองทางด้านเศรษฐกิจ กระเจี๊ยบแดงแห้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าและประโยชน์ให้กับผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

จากผลการทดลองจึงได้ทำการเลือกสภาวะในการอบแห้งกระเจี๊ยบแดงคือ ใช้การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศที่กำลังวัตต์ 1200 วัตต์ เป็นเวลา 14 นาที เนื่องจากเป็นสภาวะที่สามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินให้คงอยู่สูงที่สุด เพื่อใช้ในการอบแห้งกระเจี๊ยบแดงที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกระเจี๊ยบแดงในการศึกษาต่อไป

2. ศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แฮมกระเจียบแดงโดยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น (Laddering Interview)

จากข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจำนวน 100 คน (ตารางที่ 13) พบว่า เป็นเพศชายร้อยละ 34 เพศหญิงร้อยละ 66 มีอายุระหว่าง 20-30 ปีสูงสุด คือ ร้อยละ 43 รองลงมาคือ อายุอยู่ในช่วง 31-40 ปีคิดเป็นร้อยละ 22 อายุต่ำกว่า 20 ปี ร้อยละ 20 อายุ 41-50 ร้อยละ 11 และ อายุ 51 ปีขึ้นไป ร้อยละ 4 ตามลำดับ การศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 73 รองลงมาคือ สูงกว่าระดับปริญญาตรีและมัธยมปลาย/ปวช ร้อยละ 12 และอนุปริญญา ร้อยละ 3 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นนิสิต/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 57 รองลงมาคือ ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ และอาชีพอื่นๆ เช่น ลูกจ้าง/พนักงานมหาวิทยาลัย คิดเป็นร้อยละ 19 และ 13 ตามลำดับ และมีรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่ คือ 5,001 – 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 42 รองลงมาคือ มีรายได้ 10,001 – 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 21

การแบ่งกลุ่มผู้ทดสอบโดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน ได้ผลทดสอบดัง ตารางที่ 14 ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มผู้ทดสอบได้ 3 กลุ่ม โดยในกลุ่มที่ 1 มีจำนวน 17 คน กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 58 คน และในกลุ่มที่ 3 มีจำนวน 25 คน โดยพบว่าในคำถามข้อที่ 3 และ 8 ทั้ง 3 กลุ่มมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนในข้อ 2, 4, 7, 11 และ 12 คะแนนของกลุ่มที่ 1 และ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มที่ 2 ($p \leq 0.05$) ซึ่งคำถามในข้อ 2, 4, 11 และ 12 นั้นเกี่ยวกับการให้ความสำคัญในเรื่องการเลือกรับประทานอาหารและโภชนาการ ข้อ 7 เกี่ยวกับการออกกำลังกาย ขณะที่คะแนนในข้อที่ 13-14 ที่เกี่ยวกับความสนใจต่อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ พบว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มที่ 3 ($p \leq 0.05$) ส่วนคะแนนจากคำถามในข้อที่ 5, 9 และ 10 พบว่ากลุ่มที่ 2 และ 3 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยในคำถามข้อที่ 9 และ 10 เกี่ยวกับอาหารและความเสี่ยงต่อการเกิดโรค จากการประมวลคะแนนคาดว่ากลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่สนใจดูแลสุขภาพมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่ 1 และ 3 ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบกลุ่มที่ 1 เป็นผู้ที่ให้ความสนใจมากในเรื่องแคลอรี พลังงาน แต่ให้ความสนใจน้อยในเรื่องการเกิดโรคเนื่องจากมีคะแนนสูงในคำถามเกี่ยวกับการลดน้ำหนัก กลุ่มที่ 2 ให้ความสนใจมากในเรื่องการเกิดโรคและการป้องกันโรค เนื่องจากได้คะแนนสูงจากคำถามที่เกี่ยวกับการเลือกรับประทานอาหารและการป้องกันโรค ส่วนในกลุ่มที่ 3 ให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพและโภชนาการในด้านการรับประทานอาหารน้อย

ตารางที่ 13 ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น

ข้อมูลการสำรวจ	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	34	34
หญิง	66	66
2. อายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี	20	20.0
20 – 30 ปี	43	43.0
31 – 40 ปี	22	22.0
41 – 50 ปี	11	11.0
ตั้งแต่ 51 ปีขึ้นไป	4	4.0
3. การศึกษา		
มัธยมปลาย / ปวช.	12	12.0
อนุปริญญา	3	3.0
ปริญญาตรี	73	73.0
สูงกว่าปริญญาตรี	12	12.0
4. อาชีพ		
ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ	19	19.0
บริษัทเอกชน	5	5.0
ธุรกิจส่วนตัว	6	6.0
นิสิต / นักศึกษา	57	57.0
อื่นๆ	13	13.0
5. รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท	17	17.0
5,001 – 10,000 บาท	42	42.0
10,001 – 15,000 บาท	21	21.0
15,001 – 20,000 บาท	18	9.0
20,001 – 25,000 บาท	-	-
สูงกว่า 25,000 บาท	11	11.0

ตารางที่ 14 คะแนนเฉลี่ยของผู้ทดสอบในแต่ละกลุ่มจากแบบสอบถามทางด้านทัศนคติเกี่ยวกับ
สุขภาพและโภชนาการ

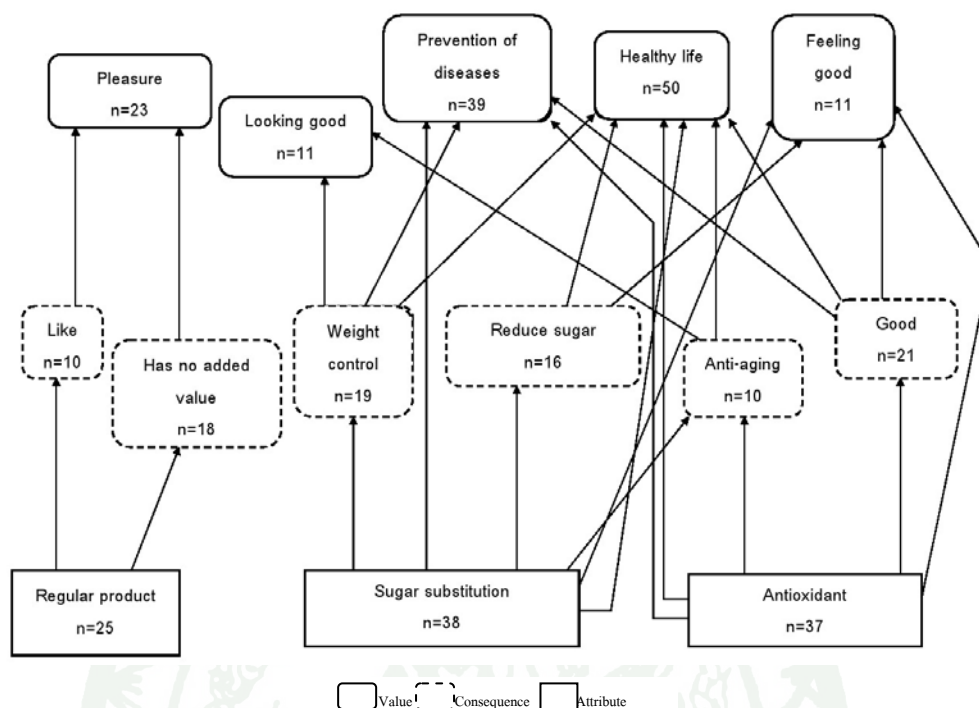
คำถาม	คะแนนเฉลี่ย		
	กลุ่มที่ 1 (n=17)	กลุ่มที่ 2 (n=58)	กลุ่มที่ 3 (n=25)
1. อาหารเป็นสิ่งสำคัญสำหรับสุขภาพของฉัน	6.12 ^b	6.48 ^a	6.44 ^{ab}
2. การบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารบางอย่างอาจช่วยให้เกิด ประโยชน์ต่อสุขภาพของฉัน	5.47 ^b	6.24 ^a	5.76 ^b
3. การบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารบางอย่างอาจช่วยป้องกันไม่ให้ เกิดโรคบางชนิด	4.71 ^c	6.07 ^a	5.56 ^b
4. ฉันสามารถทำทุกอย่างที่จะทำให้ตัวเองมีสุขภาพดี	4.71 ^b	5.81 ^a	4.64 ^b
5. ฉันสนใจในการใช้มาตรการเพื่อป้องกันการเกิดโรค บางอย่าง	5.47 ^{ab}	5.90 ^a	4.96 ^b
6. ฉันสนใจในการลดน้ำหนัก	6.18 ^a	5.64 ^a	3.08 ^b
7. ฉันออกกำลังกายเป็นประจำเพื่อสุขภาพที่ดี	2.82 ^b	5.47 ^a	2.88 ^b
8. ฉันให้ความสนใจในการตรวจสุขภาพเป็นประจำ	3.65 ^b	5.31 ^a	2.52 ^c
9. ปริมาณน้ำตาลสูงอาจเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคบางอย่าง	6.00 ^{ab}	6.28 ^a	5.60 ^b
10. สารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดความเสี่ยงของการเกิดโรค บางชนิดได้	5.71 ^{ab}	6.05 ^a	5.36 ^b
11. สุขภาพที่แข็งแรงและคุณค่าทางโภชนาการสูงส่งผลกระทบต่อ การเลือกอาหารของฉัน	5.06 ^b	6.07 ^a	5.28 ^b
12. ฉันสนใจในการบริโภคผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพของฉันแม้ว่า ฉันจะไม่ชอบผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมากเท่ากับผลิตภัณฑ์ทั่วไป	4.41 ^b	5.48 ^a	3.76 ^b
13. ฉันสนใจผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานต่ำ	5.76 ^a	5.53 ^a	3.28 ^b
14. ฉันสนใจในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลน้อย	6.00 ^a	5.60 ^a	3.68 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.1 ทักษะของผู้บริโภคทั้งหมดที่มีต่อแฮมทั้ง 3 สูตร

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ ผลที่ได้ และคุณค่าของผลิตภัณฑ์ของแฮมทั้ง 3 สูตร โดยใช้ผู้บริโภคทั้งหมดไม่มีการแบ่งกลุ่ม มีจำนวนผู้บริโภค 100 คน แล้วทำการตัดข้อมูลด้วยค่า cut-off ของกลุ่มนี้เท่ากับ 10 ซึ่งค่า cut-off หมายถึง จำนวนที่กำหนดไว้ หากมีข้อมูลจากผู้ทดสอบกล่าวถึงน้อยกว่าค่านี้ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกตัดออก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นกลาง เป็นตัวแทนของข้อมูลที่ดี โดยมีค่าประมาณร้อยละ 10 ของจำนวนผู้ทดสอบ (McFie, 2007) โดยมีคุณลักษณะ (Attribute) 3 ข้อของแฮมให้ผู้บริโภคทำการเลือก ได้แก่ แฮมสูตรปกติ แฮมสูตรลดน้ำตาล และแฮมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสามารถแบ่งประเภทของแฮมได้ 2 ประเภทคือ แฮมแบบปกติและแฮมเพื่อสุขภาพ จากคุณลักษณะที่ผู้บริโภคได้เลือกจะนำไปสู่ความสัมพันธ์ของผลที่ได้ (consequence) และคุณค่า (value) ของตัวผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งสามารถสร้างแผนภาพได้ดัง ภาพที่ 14 พบว่า ผู้ทดสอบให้ความสนใจคุณลักษณะแฮมที่มีการใช้สารทดแทนความหวานบางส่วนมากที่สุด รองลงมาเป็นแฮมที่มีการเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ ในด้านของผลที่ได้จากแฮมที่มีการปรับปรุงทั้ง 2 สูตร อันดับแรกคือ ได้คุณค่าจากสารต้านอนุมูลอิสระ รองลงมาคือรับประทานแล้วไม่อ้วน ลดปริมาณน้ำตาลที่รับประทาน และ ชะลอวัยจากผลของสารต้านอนุมูลอิสระและรับประทานน้ำตาลน้อยลง ส่วนคุณค่าจากการรับประทานแฮม เหตุผลหลักที่ผู้ทดสอบให้ความสนใจคือ การมีสุขภาพดี และการป้องกันโรค โดยผู้ทดสอบคาดหวังว่าการรับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจะช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง ส่วนในการใช้สารทดแทนความหวานแทนน้ำตาลนั้น ผู้ทดสอบต้องการลดการเกิดโรคเบาหวาน รองลงมาคือ ให้คุณค่าทางด้านความรู้สึกดีเมื่อได้รับประทานสิ่งที่มีประโยชน์มากกว่าความอร่อย และการมีบุคลิกที่ดีเมื่อมีรูปร่างดี ดูอ่อนกว่าวัย ยังมีผู้ทดสอบอีกส่วนหนึ่งที่เลือกรับประทานแฮมสูตรปกติ ด้วยเพราะชอบในรสชาติ และชอบแบบดั้งเดิมเพราะไม่ชอบให้มีการปรุงแต่งสารอื่นๆ ลงไปในผลิตภัณฑ์ ด้วยรู้สึกว่าจะอาจไม่ปลอดภัย คิดว่าสารที่เติมลงไปไม่ได้ผล คุณค่าที่ได้คือได้ความพึงพอใจในการรับประทานจากรสชาติและความมั่นใจในผลิตภัณฑ์

ในกลุ่มผู้บริโภคทั้งหมด มีร้อยละ 75 ที่เลือกแฮมเพื่อสุขภาพ คือ แฮมลดน้ำตาลและแฮมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ โดยผู้บริโภคในกลุ่มนี้จะเน้นดูแลสุขภาพในด้านการควบคุมน้ำหนัก และการลดปริมาณน้ำตาลในอาหารที่รับประทาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ทำให้สุขภาพดีขึ้น และช่วยลดการเกิดโรคจากการความอ้วนและการได้รับน้ำตาลมากจากอาหารที่ทาน นอกจากนี้ยังมีผู้บริโภคร้อยละ 25 ที่เลือกทานแฮมสูตรปกติเพราะยังอยากได้รสชาติที่อร่อยเป็นที่พึงพอใจ



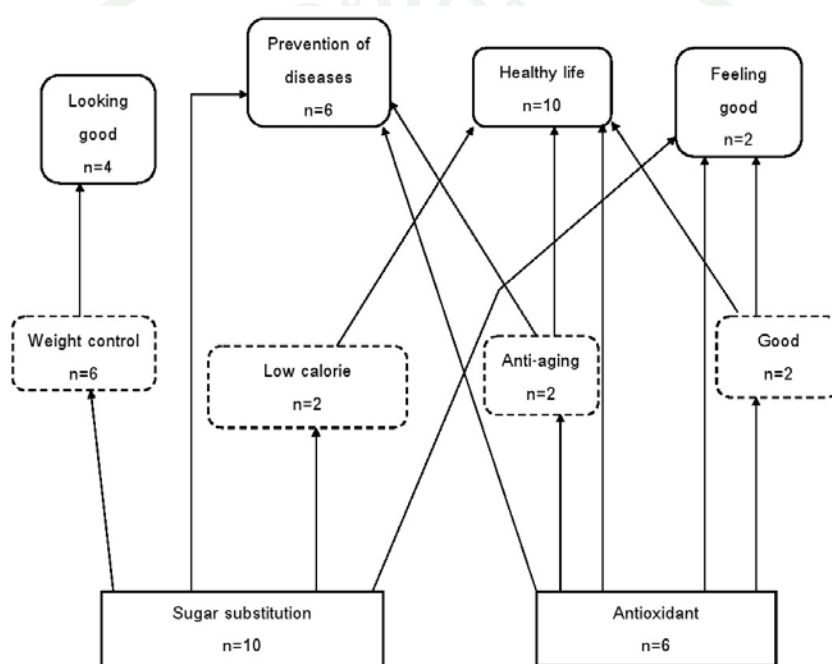
ภาพที่ 14 แผนภาพลำดับขั้นของผู้บริโภคทั้งหมด (n = 100, cut-off = 10)

2.2 ทักษะคิดของผู้บริโภคแต่ละกลุ่มที่มีต่อแคมทั้ง 3 สูตร

จากการจัดกลุ่มด้วยแบบสอบถามด้านสุขภาพและโภชนาการโดยอาศัยเทคนิค Hierarchical cluster analysis วิเคราะห์ด้วยวิธี Euclidean distances และ Ward's aggregation ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป XL STAT Version 2011 จึงแบ่งผู้บริโภคออกเป็น 3 กลุ่ม

จากการทดลองพบว่ากลุ่มที่ 1 มีจำนวนผู้บริโภค 17 คน มีค่า cut-off เท่ากับ 2 กลุ่มที่ 1 มีทักษะคิดต่อแคมที่มีการปรับปรุงสูตรดังแสดงใน ภาพที่ 15 ซึ่งกลุ่มนี้มีความสนใจแคมที่มีการใช้สารทดแทนความหวานบางส่วนแทนน้ำตาลและแคมที่มีการเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ ผลที่ได้จากผลิตภัณฑ์ คือ รับประทานแล้วไม่อ้วน และให้พลังงานต่ำกว่าสูตรปกติ ให้ผลด้านการชะลอวัย และคุณค่าทางอาหารจากสารต้านอนุมูลอิสระที่มีการเสริมลงไป คุณค่าที่ต้องการจากผลิตภัณฑ์คือ การมีสุขภาพดี ป้องกันโรค บุคลิกดีและให้คุณค่าด้านความรู้สึกที่ดีเมื่อได้รับประทานสิ่งที่มีประโยชน์

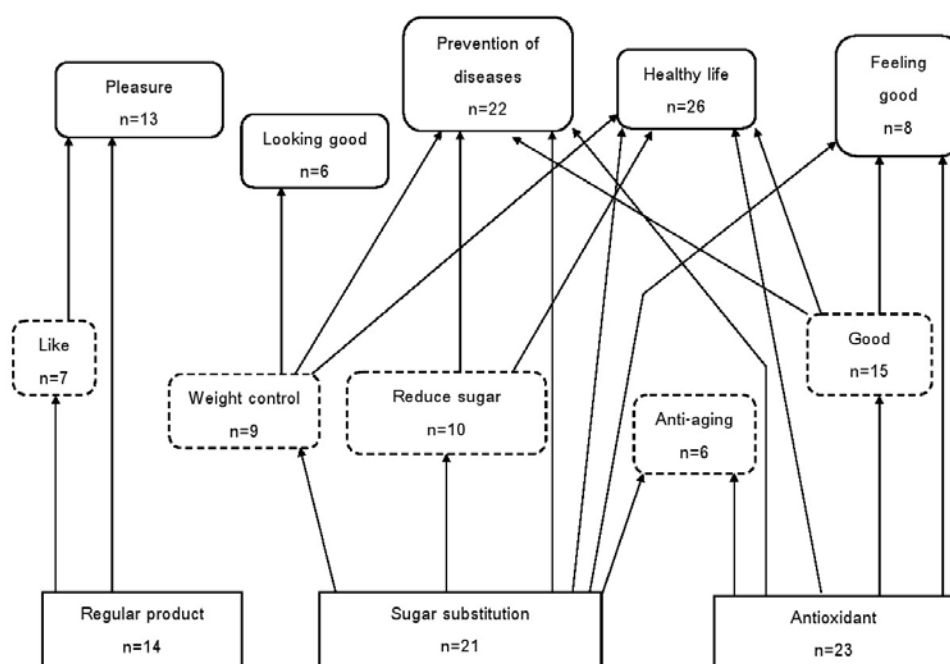
จากการสัมภาษณ์สามารถบอกจุดประสงค์ของกลุ่มที่ 1 คือ ร้อยละ 94 เลือกแยมเพื่อสุขภาพ คือ แยมลดน้ำตาลและแยมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ การรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ เมื่อมีสุขภาพดี ไม่เป็นโรค เช่น มะเร็ง เบาหวาน โรคอ้วน ทำให้มีบุคลิกดี เกิดความมั่นใจ ทำงานหรือกิจกรรมต่างได้คล่องแคล่วและมีประสิทธิภาพ และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในรักษาโรค ซึ่งกลุ่มนี้จะเน้นเรื่องการดูแลรูปร่างมากกว่ากลุ่มอื่น



ภาพที่ 15 แผนภาพลำดับขั้นของผู้บริโภคกลุ่มที่ 1 (n = 17, cut off = 2)

จากภาพที่ 16 ผู้บริโภคกลุ่มที่ 2 มีจำนวนผู้บริโภค 58 คน มีค่า cut-off เท่ากับ 6 ได้แสดงทัศนคติต่อแยมทั้ง 3 สูตร ดังนี้ คุณลักษณะที่กลุ่มนี้ให้ความสนใจมากที่สุดคือ การเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ รองลงมาเป็นการใช้สารทดแทนความหวานแทนน้ำตาลบางส่วน และสูตรปกติตามลำดับ โดยผลที่ได้จากผลิตภัณฑ์คือ การได้คุณค่าจากสารต้านอนุมูลอิสระที่เสริมลงไป การได้ลดปริมาณน้ำตาลที่รับประทาน รับประทานแล้วไม่อ้วน ให้ผลในด้านการชะลอวัย และความอร่อยในส่วนของคุณค่าที่ผู้ทดสอบต้องการ สิ่งแรกคือด้านสุขภาพกับการป้องกันโรคจากสารเสริมที่เพิ่มลงไป และการลดปริมาณน้ำตาลในแยม ถัดลงมาคือความพึงพอใจในรสชาติที่อร่อยเมื่อรับประทาน

จากการสัมภาษณ์พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 2 มีความใกล้เคียงกับกลุ่มผู้บริโภคทั้งหมดที่ยังไม่ได้ทำการแบ่งกลุ่ม โดยร้อยละ 76 ของกลุ่มเลือกแยมเพื่อสุขภาพคือ แยมลดน้ำตาลและแยมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเน้นด้านความรู้สึกลดเมื่อกินอาหารที่มีประโยชน์ ลดปริมาณน้ำตาลที่รับประทานและช่วยควบคุมน้ำหนัก โดยเน้นผลลัพธ์ด้านการมีสุขภาพที่แข็งแรงและไม่เป็นโรคจากการทานน้ำตาลเยอะและความอ้วน โดยยังมีผู้บริโภคร้อยละ 24 ที่เลือกแยมสูตรปกติเนื่องจากยังต้องการความพึงพอใจในรสชาติปกติของแยมอยู่ด้วย

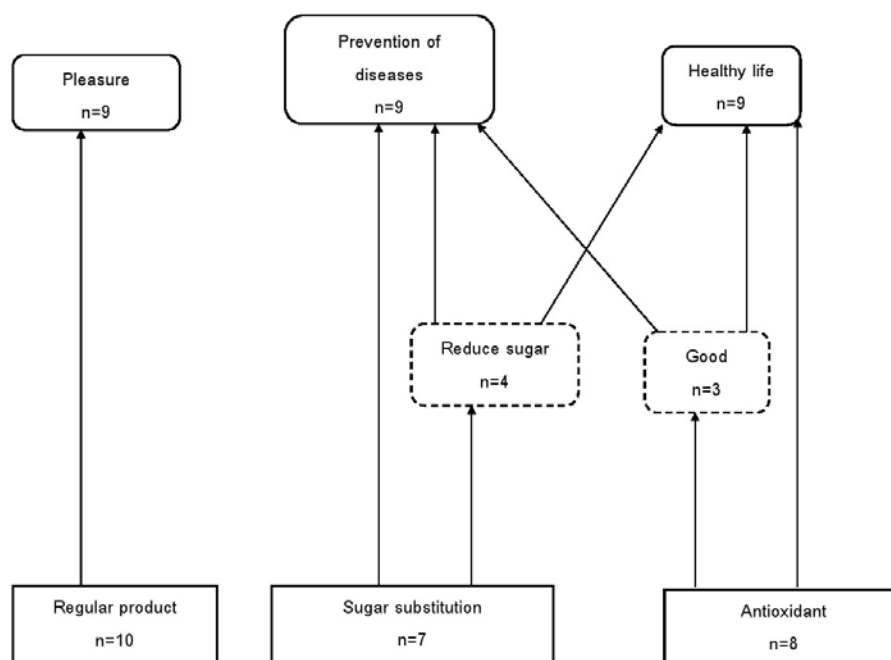


ภาพที่ 16 แผนภาพลำดับขั้นของผู้บริโภคกลุ่มที่ 2 (n = 58, cut off = 6)

จากภาพที่ 17 ผู้บริโภคกลุ่มที่ 3 มีจำนวน 25 คน มีค่า cut-off เท่ากับ 3 กลุ่ม 3 มีทัศนคติต่อแยมทั้ง 3 สูตร โดยให้ความสนใจมากที่สุดคือ สูตรปกติ รองลงมาเป็นการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระและการใช้สารทดแทนความหวานบางส่วน ในส่วนของผลที่ผู้ทดสอบต้องการคือ การลดปริมาณน้ำตาลที่รับประทาน การได้คุณค่า ประโยชน์จากอาหาร และ คุณค่าจากผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบคาดหวังว่าจะได้คือ ความพึงพอใจเมื่อได้รับประทาน การมีสุขภาพดี และการป้องกันโรค

จากการสัมภาษณ์พบว่าผู้ที่ผู้ทดสอบร้อยละ 40 เลือกแยมสูตรปกตินั้น มาจากต้องการรับประทานทานอาหารที่มีรสชาติดี คิดว่าสูตรดั้งเดิมเป็นสูตรที่ดีอยู่แล้วไม่จำเป็นต้องเติมสารอื่นๆ

เพิ่ม เพราะไม่มั่นใจในความปลอดภัยในสารที่เสริมลงไป และคิดว่าสารที่เพิ่มลงไปคงไม่เพียงพอที่จะทำให้สุขภาพดีได้ ควรรับประทานอาหารให้ถูกต้องหลักโภชนาการ การออกกำลังกายเป็นสิ่งที่ทำให้สุขภาพดี โดยร้อยละ 60 ของผู้บริโภคนในกลุ่มนี้ยังมีความสนใจเลือกทานแยมเพื่อสุขภาพ เพื่อให้มีสุขภาพดีและป้องกันการเกิดโรคจากการทานน้ำตาลเยอะ



ภาพที่ 17 แผนภาพลำดับขั้นของผู้บริโภคกลุ่มที่ 3 (n = 25, cut off = 3)

จากการสำรวจแยมที่จะทำการพัฒนา คือ แยมเพื่อสุขภาพที่มีการลดน้ำตาลที่ใช้สารทดแทนน้ำตาลและมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งงานวิจัยต่อไปเลือกกลุ่มเป้าหมายคือกลุ่มที่ 2 เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ใกล้เคียงกับกลุ่มผู้บริโภครวมมากที่สุด ซึ่งเป็นกลุ่มคนส่วนใหญ่ที่ต้องการดูแลสุขภาพด้วยการทานอาหารเพื่อสุขภาพเพื่อให้สุขภาพแข็งแรงและเพื่อเป็นการป้องกันโรคที่เกิดจากความอ้วนหรือทานน้ำตาลมากเกินไป แต่ถึงอย่างไรก็ยังคงต้องการรสชาติที่อร่อยเหมือนสูตรแยมปกติ ดังนั้นจากการสำรวจพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคแนวคิดผลิตภัณฑ์ คือ แยมกระเจียบเพื่อสุขภาพลดน้ำตาล โดยมีรสชาติใกล้เคียงกับสูตรแยมปกติ

3. พัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกระเจียบแดงเพื่อสุขภาพ

3.1 การศึกษาปริมาณสารให้ความหวานต่อสมบัติของแยมกระเจียบ

จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคด้วยเทคนิคสัมภาษณ์ลำดับขั้น ได้แนวความคิดผลิตภัณฑ์คือแยมที่ลดปริมาณน้ำตาล และมีสารต้านอนุมูลอิสระ จึงได้วางแผนสิ่งทดลองให้สอดคล้องกับแนวคิดและเงื่อนไขของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง ผลิตภัณอาหาร โดยให้มีเงื่อนไขคือ ผลิตภัณฑ์ต้องลดปริมาณลงตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไปเมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิง แต่เพื่อให้แยมยังสามารถเซตตัวได้จึงยังคงปริมาณน้ำตาลให้ได้ตามเงื่อนไขของการเกิดเจลของเพคติน โดยเพคตินจะสามารถเซตตัวได้เมื่อมีน้ำตาลอยู่ในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 50-55 (May,1997) ทำให้ได้สิ่งทดลอง 7 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ปริมาณของซูโครส สตีวิโอไซด์ และซูคราโลสที่แตกต่างกันใน 7 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	ซูโครส	สตีวิโอไซด์	ซูคราโลส	ร้อยละของน้ำตาลซูโครส	ตามเงื่อนไข *
1	175.440	0.133	0.066	66.67	ลดน้ำตาล
2	153.510	0.060	0.133	58.33	ลดน้ำตาล
3	131.580	0.400	0.000	50.00	ลดน้ำตาล
4	263.160	0.000	0.000	100.00	สูตรควบคุม
5	153.510	0.260	0.033	58.33	ลดน้ำตาล
6	219.300	0.060	0.033	83.33	ไม่เข้าเงื่อนไข
7	131.580	0.000	0.200	50.00	ลดน้ำตาล

หมายเหตุ *สิ่งทดลองได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541

จากตารางที่ 16 พบว่าเมื่อนำแยมที่พัฒนาได้ทั้ง 7 สูตรมาวัดค่าสี พบว่า แยมทั้ง 7 สูตรมีความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าโครมาหรือค่าความเข้มของสี (C*) และค่ามุมของสี (h) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกันในแต่ละสูตร โดยสูตรที่มีปริมาณน้ำตาลเท่ากันคือ สูตรที่ 2 กับ 5 และสูตร 3 กับ 7 ให้ค่าความสว่าง (L*) ค่า

สีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าโครมาหรือค่าความเข้มของสี (C*) และค่ามุมของสี (h) ใกล้เคียงกัน ในขณะที่สูตรสูตรอ้างอิงซึ่งเป็นสูตรที่มีน้ำตาลสูงที่สุด (สูตรที่ 4) มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) เมื่อทำการลดปริมาณน้ำตาลลงพบว่า ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าโครมาหรือค่าความเข้มของสี (C*) และค่ามุมของสี (h) มีแนวโน้มมีค่าลดลง ตามปริมาณน้ำตาล

ตารางที่ 16 ค่าสีของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ 7 สูตร

สิ่งทดลอง	L*	a*	b*	C*	h
1	5.45 ^b ±0.86	15.37 ^b ±2.63	3.55 ^b ±0.92	15.78 ^c ±2.77	12.81 ^b ±1.13
2	3.50 ^d ±0.27	7.35 ^d ±0.88	1.12 ^d ±0.23	7.43 ^b ±0.90	8.57 ^c ±0.78
3	3.11 ^d ±0.13	6.12 ^c ±0.38	0.68 ^d ±0.11	6.16 ^c ±0.38	6.33 ^d ±0.92
4	4.49 ^c ±0.57	12.78 ^c ±2.04	2.77 ^c ±0.57	13.07 ^a ±2.11	12.16 ^b ±0.70
5	3.04 ^d ±0.09	7.00 ^{de} ±0.50	1.12 ^d ±0.15	7.09 ^{bc} ±0.51	9.09 ^c ±0.78
6	6.22 ^a ±1.11	18.09 ^a ±2.40	4.59 ^a ±1.11	18.67 ^a ±2.50	14.03 ^a ±1.53
7	4.27 ^c ±1.01	7.32 ^d ±0.23	1.09 ^d ±0.53	7.42 ^b ±0.28	8.38 ^c ±3.87

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากตารางที่ 17 แยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่มีปริมาณน้ำตาลและสารทดแทนความหวานที่ต่างกัน มีผลทำให้คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสต่างๆ ได้แก่ ค่า Gel strength, Rupture strength Brittleness และ Adhesiveness ของแยมทั้ง 7 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยสูตรที่ไม่มีการลดปริมาณน้ำตาลมีค่า Gel strength, Rupture strength และ ค่า Brittleness สูงที่สุดและเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลลงและใส่สารทดแทนความหวาน ค่า Gel strength, Rupture strength และ ค่า Brittleness ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยสูตรที่มีการลดน้ำตาลลงมากที่สุด (50% ของสูตรปกติ) มีค่า Gel strength, Rupture strength และ ค่า Brittleness ต่ำที่สุด ส่วนของค่า Adhesiveness เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ตามปริมาณน้ำตาลที่ลดลง ซึ่งในระบบการเกิดเจลของเพคตินชนิดเมทอกซิลสูงในแยม มีปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลอยู่ 3 ปัจจัย คือ ปริมาณน้ำตาลซูโครส ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณเพคติน (นันทกร และ ลำไพพร, 2544) โดย

น้ำตาลจะช่วยทำให้เกิดเจลด้วยการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเพคติน ซึ่งน้ำตาลมีหมู่ไฮดรอกซิลจึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของเพคตินเป็นอิสระจึงเกิดพันธะไฮดรอกซิลกับโมเลกุลอื่นได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้เกิดพันธะระหว่างกลุ่มเมทิลเอสเทอร์ในโมเลกุลเพคตินด้วย (กิตติพงษ์, 2536) โดยความแข็งแรงของร่างแหมีผลมาจากความเข้มข้นของน้ำตาลและสภาพความเป็นกรด หากความเข้มข้นของน้ำตาลในเยลสูงจะช่วยคูดน้ำออกจากโมเลกุลของเพคติน ทำให้เพคตินละลายได้น้อยลง เพคตินจึงเกิดเป็นร่างแหทำให้เจลแข็งแรงขึ้น (ไพบูลย์, 2532; Lofgren *et al.*, 2006; Fraeye *et al.*, 2010) ดังนั้นเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลในเยลลงจึงทำให้โครงสร้างของเจลไม่แข็งแรง เกิดเจลที่นิ่ม จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลมีค่า Gel strength, Rupture strength และ ค่า Brittleness ที่ลดลง ดังกล่าว

ตารางที่ 17 ค่าคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของเยลกระเจียบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ 7 สูตร

สิ่งทดลอง	Gel strength (g)	Rupture strength (g)	Brittleness (mm)	Adhesiveness (gsec)
1	657.55 ^c ±24.18	662.78 ^c ±24.17	3.04 ^b ±0.03	-334.58 ^c ±10.78
2	162.66 ^e ±6.14	176.61 ^c ±5.81	4.37 ^a ±0.61	-108.81 ^b ±11.31
3	24.92 ^f ±3.89	30.77 ^f ±3.70	3.03 ^b ±0.02	-68.34 ^{ab} ±0.43
4	1012.99 ^a ±15.13	1133.87 ^a ±76.56	3.87 ^{ab} ±0.63	-393.05 ^c ±17.70
5	268.72 ^d ±20.65	331.68 ^d ±30.28	4.49 ^a ±0.54	-101.30 ^{ab} ±3.61
6	850.58 ^b ±8.18	852.14 ^b ±9.27	3.14 ^b ±0.06	-562.89 ^d ±77.23
7	27.29 ^f ±1.87	32.26 ^f ±0.62	3.14 ^b ±0.19	-35.36 ^a ±4.46

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-f} ที่แตกต่างกันในแนวดังหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่า Adhesiveness คือ พลังงานที่ต้องใช้เพื่อเอาชนะแรงดึงดูดระหว่างอาหารกับพื้นผิวใดที่มันสัมผัสอยู่ (Raikos *et al.*, 2007) นั่นคือ ยิ่งค่าติดลบมากต้องใช้แรงในการดึงมาก ผลิตภัณฑ์จะสามารถเกาะติดบนขนมปังได้ก็ต่อเมื่อต้องใช้แรงมากในการปาดหรือทา ดังนั้นการลดปริมาณน้ำตาลจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงลดลง และการทาผลิตภัณฑ์บนขนมปังจะทำได้ง่าย เนื่องจากโครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์ไม่แข็งแรง

ค่า Gel strength มีค่าสอดคล้องกับค่า Rupture strength คือค่าลดลงตามปริมาณน้ำตาลที่ลดลง การที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันเนื่องจากเป็นไปตามความสัมพันธ์ของความเค้นและ Young's elasticity modulus ส่วนค่า Brittleness มีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจน ในขณะที่ค่า Adhesiveness มีแนวโน้มตรงข้ามกับค่า Gel strength และ Rupture strength

ตารางที่ 18 ปริมาณแอนโทไซยานิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) ของแยมกระเจียบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ 7 สูตร

สิ่งทดลอง	Anthocyanin mg/100 g jam	pH ^{ns}	TSS
1	17.94 ^{ab} ±0.10	3.25±0.04	50.34 ^c ±1.52
2	17.23 ^b ±0.08	3.26±0.01	46.72 ^d ±1.32
3	19.27 ^a ±0.06	3.26±0.03	43.90 ^e ±1.12
4	13.30 ^c ±0.04	3.31±0.00	60.51 ^a ±0.08
5	17.74 ^{ab} ±0.05	3.26±0.01	47.27 ^d ±0.27
6	14.64 ^c ±0.06	3.22±0.28	55.81 ^b ±0.47
7	18.31 ^{ab} ±0.04	3.24±0.01	43.26 ^e ±0.44

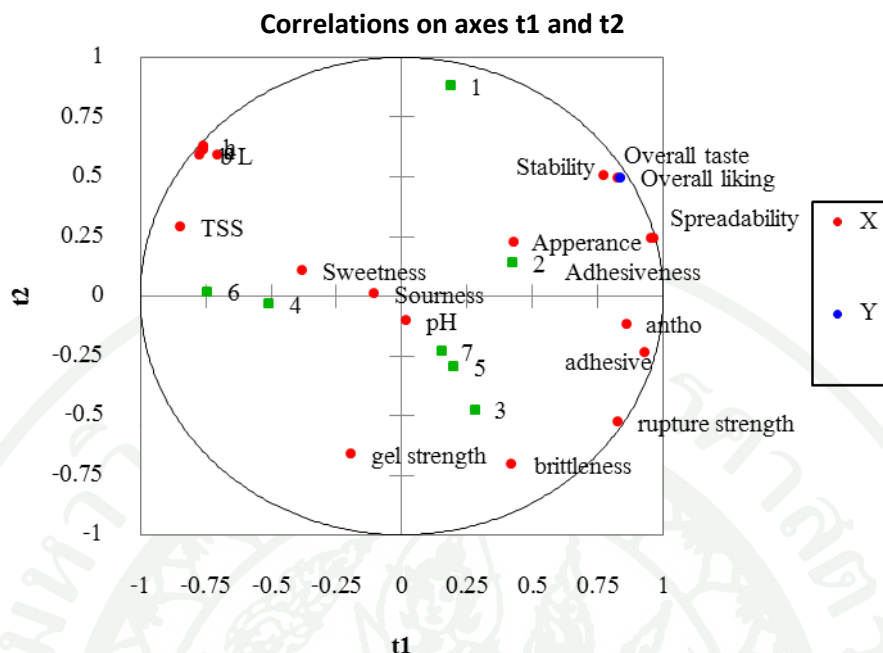
หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากนั้นนำแยมทั้ง 7 สูตรมาวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 13.30-19.27 mg/100 g ของแยม (ตารางที่ 18) โดยสูตรที่ 3 มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณแอนโทไซยานินที่วัดได้แปรผกผันกับปริมาณของน้ำตาล เนื่องจากน้ำตาลมีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินโดยจะขึ้นอยู่กับโครงสร้าง ความเข้มข้นและชนิดของน้ำตาล โดยอาจทำให้แอนโทไซยานินเปลี่ยนรูปไปเป็นอนุพันธ์ชนิดอื่นทำให้การวัดค่าที่ได้มีปริมาณลดลงดังกล่าว (Wrolstad *et al.*, 1990) การเติมน้ำตาลลงในกระบวนการทำอาหารจากผลไม้ เช่น การทำแยม พบว่าน้ำตาลส่งผลให้ความคงตัวของแอนโทไซยานินลดลง (Meschter, 1953; Thakur and Arya, 1989) ทั้งนี้เนื่องมาจากเกิด Caramelization intermediates โดย ปริมาณ furfural เพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับ ระหว่างระบบแอนโทไซยานินที่มีน้ำตาลกับ

ระบบที่มีแอนโทไซยานินเพียงอย่างเดียว furfural นี้จะเพิ่มขึ้นมากกว่าในระบบแอนโทไซยานินที่มีน้ำตาล โดย ปริมาณfurfural ที่เพิ่มขึ้น เกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลซูโครส (Manley-Harris and Richards, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tsai *et al.*, (2005) ที่ได้ทำการศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสต่อสารต้านอนุมูลอิสระและแอนโทไซยานินที่สกัดจากมัลเบอร์รี่โดยการให้ความร้อน พบว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นและมีการให้ความร้อน เกิด Caramelization intermediates คือ สาร furfural ส่งผลให้ให้แอนโทไซยานินสลายตัวไป จึงทำให้มีปริมาณแอนโทไซยานินลดลง

เมื่อนำแยมกระเจียบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ด้านรสหวานและรสเปรี้ยวในทุกสิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ ความคงตัวของแยม ความยาก-ง่ายในการทา การเกาะติดบนขนมปัง รสชาติโดยรวมและความชอบโดยรวมของทุกสิ่งทดลองมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) โดยคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง ส่วนในด้านการคงตัวของแยม ความง่ายในการทา การเกาะติดบนขนมปัง คะแนนอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง (ตารางที่ 19) ซึ่งจะต้องนำไปพัฒนาต่อในด้านเนื้อสัมผัส โดยสูตรที่ผู้ทดสอบชอบที่สุดคือสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งผู้ทดสอบชอบในด้านความคงตัว ความยาก-ง่ายในการทา และการเกาะติดบนขนมปัง

จากแผนภาพความชอบของแยมกระเจียบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ พบว่า เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพกับแยมทั้ง 7 สูตร สามารถอธิบายได้ว่า แยมสูตร 1 มีความสัมพันธ์กับค่าลักษณะปรากฏ ความคงตัว ความง่ายในการทา การเกาะติดบนขนมปัง เนื่องจากมีคะแนนความชอบในคุณลักษณะเหล่านี้สูง ในขณะที่สูตร 4 และ 6 มีความสัมพันธ์กับความหวานและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เนื่องจากเป็นสูตรที่มีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุดและรองลงมา สูตรที่ 3 มีความสัมพันธ์กับ Gel strength และ Brittleness โดย Driver of liking คือ ความคงตัว ความยาก-ง่ายในการทาบนขนมปังและรสชาติโดยรวม (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์แฮมกระเจียบลดน้ำตาล

จากการทดสอบความชอบพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูตรที่ 1 สูงสุดแต่แฮมสูตรที่ 1 ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่จะทำการพัฒนาแฮมเพื่อสุขภาพที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำและมีสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์แฮมกระเจียบเพื่อสุขภาพ จึงได้เลือกแฮมสูตรที่ 3 เนื่องจากมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดและมีปริมาณน้ำตาลต่ำ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคจากเทคนิคการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น หรือ Laddering ที่ผู้บริโภคต้องการแฮมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระและมีการลดปริมาณน้ำตาล แต่เนื่องจากแฮมสูตรที่เลือกมายังมีเนื้อสัมผัสที่ไม่ดีเท่าที่ควร จึงต้องมีการพัฒนาด้านเนื้อสัมผัสต่อ โดยนำมาพัฒนาให้มีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรที่ 1 เนื่องจากเป็นสูตรได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบในด้านลักษณะปรากฏ ความง่ายในการทำ การเกาะติดบนขนมปังมากที่สุด (ดังแสดงในภาพที่ 18) โดยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแฮมลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ จะใช้เทคนิคชนิดเมทอคซิลสูงและเมทอคซิลต่ำในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 19 คะแนนความชอบเฉลี่ยของแยมกระเจียบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพทั้ง 7 สูตร

สิ่งทดลอง	Apperance	Stability	Spreadability	Adhesiveness	Sweetness ^{ns}	Sourness ^{ns}	Overall taste	Overall liking
1	7.1 ^{ab} ±1.3	6.6 ^a ±1.4	7.0 ^a ±1.2	7.0 ^a ±1.1	6.3±1.7	6.4±1.4	6.8 ^a ±1.2	6.8 ^a ±1.0
2	7.1 ^{ab} ±1.2	5.3 ^a ±1.4	7.1 ^a ±1.0	7.2 ^a ±0.8	6.3±1.6	6.0±1.8	6.5 ^{ab} ±1.3	6.8 ^a ±1.1
3	7.3 ^a ±0.96	5.0 ^{bc} ±1.4	6.5 ^{ab} ±1.3	6.4 ^a ±1.3	6.1±1.4	6.1±1.3	6.3 ^{ab} ±1.4	6.0 ^{ab} ±1.5
4	6.8 ^{ab} ±1.6	5.0 ^{bc} ±2.2	4.7 ^c ±1.8	5.0 ^b ±2.1	6.6±1.4	6.4±1.6	6.1 ^{ab} ±1.7	5.8 ^{bc} ±1.9
5	6.4 ^b ±1.7	5.9 ^{ab} ±1.9	6.3 ^{ab} ±1.8	6.8 ^a ±1.6	6.3±1.6	6.3±1.8	6.3 ^{ab} ±1.5	6.3 ^{ab} ±1.5
6	6.6 ^{ab} ±1.6	4.4 ^c ±2.1	4.4 ^c ±1.7	4.8 ^b ±1.8	6.3±1.5	6.2±1.5	5.7 ^b ±1.7	5.4 ^{bc} ±1.5
7	6.6 ^{ab} ±1.5	5.9 ^{ab} ±1.9	6.0 ^b ±1.9	6.4 ^a ±1.9	6.4±1.6	6.7±1.4	6.3 ^{ab} ±1.5	6.2 ^{ab} ±1.6

หมายเหตุ ตัวอักษร^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวดังหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

3.2 การศึกษาชนิดและปริมาณของเพคตินที่เหมาะสมต่อน้ำส้มฝัสดของผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ

ตารางที่ 20 ค่าสีของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่ใช้เมทอกซิลเพคตินต่างชนิดและปริมาณ

สิ่งทดลอง	L*	a*	b*	C*	h
HM 0.8	2.86 ^f ±0.12	5.60 ^e ±0.22	0.63 ^c ±0.16	5.63 ^e ±0.23	6.42 ^b ±1.42
HM 1.0	3.75 ^e ±0.56	5.92 ^{de} ±0.32	0.48 ^c ±0.28	5.94 ^{de} ±0.34	4.52 ^b ±2.36
HM 1.2	4.68 ^d ±1.10	6.42 ^d ±0.31	0.52 ^c ±0.61	6.46 ^d ±0.33	84.46 ^a ±150
LM 0.8	5.85 ^c ±0.71	9.52 ^c ±0.79	0.76 ^c ±0.29	9.56 ^c ±0.80	4.53 ^b ±1.50
LM 1.0	6.88 ^c ±1.27 ^b	12.91 ^b ±2.01	2.14 ^c ±0.91 ^b	13.11 ^b ±2.09	28.98 ^b ±82.49
LM 1.2	8.91 ^a ±1.73	14.96 ^a ±1.30	2.91 ^a ±0.87	15.25 ^a ±1.41	10.84 ^b ±2.55

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

HM = เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง, LM = เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ, ตัวเลข = ร้อยละของเพคตินที่ใช้โดยน้ำหนัก เมื่อเทียบจากส่วนผสมที่เหลือทั้งหมด

จากตารางที่ 20 พบว่า ค่าความสว่าง(L*) (2.86-8.91) ค่าสีแดง (a*) (5.60-14.96) ค่าสีเหลือง (b*) (0.48-2.91) และค่าความเข้มของสี (C*) (5.63-15.25) ของแยมที่ใช้เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง (HM) และเมทอกซิลต่ำ (LM) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของเพคติน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Broomes และ Badrie (2010) ที่ศึกษาผลของเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของแยมกระเจี๊ยบลดพลังงาน พบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำค่าความสว่าง (L*),ค่าความเข้มของสี (C*) และค่ามุมของสี(h) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยแยมที่ใช้เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำมีค่าสูงกว่า จากงานวิจัยของ Holzwarth *et al.*, (2013) ศึกษาผลของเพคตินชนิดต่างๆต่อสีของผลิตภัณฑ์แยมสตอเบอร์รี่ พบว่า เมื่อใช้เพคตินต่างชนิดกันค่าสีที่ได้ก็จะแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งอาจมาจากสีพื้นฐานของเพคตินแต่ละชนิด ดังที่ Schieber *et al.*, (2003) กล่าวว่า สีน้ำตาลของเพคตินจากแอปเปิ้ลเกิดมาจากการออกซิไดซ์ของโพลีฟีนอล ทำให้อาจเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีสีอ่อน ดังนั้นเมื่อนำมาใช้ก็จะทำให้ค่าสีเหลืองลดลงและค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับในงานวิจัยนี้ ที่เพคตินทั้งสองชนิดมี

สีแตกต่างกันโดยเพคตินชนิดเมทอกซิลสูงมีสีเบจอ่อน และเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำมีสีส้มอมน้ำตาล ส่วนค่า h มีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจน

ในการทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่าค่า Gel strength, Rupture strength, Brittleness และ Adhesiveness ของแยมทั้ง 6 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ค่า Gel strength, Rupture strength และ Brittleness ของทั้งสองชนิดเพคติน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเพคตินเพิ่มขึ้น โดยเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำให้ค่าสูงกว่าเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง ส่วนค่า Adhesiveness ให้ค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณเพคตินโดยเกิดขึ้นในเพคตินทั้งสองชนิด (ตารางที่ 21) จะเห็นได้ว่าเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำจะให้ค่าสูงกว่าเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง เนื่องจาก ในการเกิดเจลของเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำมีปัจจัยคือ แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ซึ่งเมื่อลดปริมาณน้ำตาลจึงไม่มีผลต่อการเกิดเจล ไม่เหมือนกับการเกิดเจลของเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง ที่มีปัจจัยคือ ปริมาณน้ำตาล ความเป็นกรดและปริมาณเพคติน

ตารางที่ 21 ค่าคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของแยมกระเจียบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่ใช้เมทอกซิลเพคตินต่างชนิดและปริมาณ

สิ่งทดลอง	Gel strength ^{ns} (g)	Rupture strength (g)	Brittleness (mm)	Adhesiveness (gsec)
HM 0.8	195.82 ^c ±21.95	201.77 ^c ±23.66	3.41 ^c ±0.13	-132.18 ^a ±36.42
HM 1.0	639.88 ^d ±51.96	692.47 ^d ±33.27	3.81 ^{abc} ±0.53	-363.72 ^b ±48.23
HM 1.2	962.39 ^c ±161.91	784.96 ^{cd} ±117.15	5.64 ^a ±1.42	-529.55 ^b ±65.31
LM 0.8	934.87 ^c ±41.47	964.53 ^c ±12.92	3.72 ^{bc} ±0.44	-438.26 ^b ±33.2
LM 1.0	1221.47 ^b ±23.59	1447.74 ^b ±40.41	5.47 ^{ab} ±0.89	-548.97 ^b ±26.08
LM 1.2	1628.11 ^a ±132.3	1807.97 ^a ±154.19	5.23 ^{abc} ±0.68	-864.62 ^c ±171.05

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

HM = เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง, LM = เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ, ตัวเลข = ร้อยละของเพคตินที่ใช้โดยน้ำหนัก เมื่อเทียบจากส่วนผสมที่เหลือทั้งหมด

ผลทางด้านปริมาณแอนโทไซยานิน, ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่าทั้ง 6 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เนื่องจากทุกสูตรใช้ส่วนประกอบในการทำแยมเท่ากันต่างกันเพียงปริมาณpektin จึงไม่มีผลต่อค่าแอนโทไซยานิน, ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ตารางที่ 22 ปริมาณแอนโทไซยานิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) ของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่ใช้เมทอกซิลเพกตินต่างชนิดและปริมาณ

สิ่งทดลอง	Anthocyanin ^{ns} mg/100 g jam	pH ^{ns}	TSS
HM 0.8	18.16±0.51	3.14±0.01	43.10 ^c ±0.10
HM 1.0	18.03±0.40	3.14±0.00	43.17 ^{bc} ±0.11
HM 1.2	18.05±0.79	3.14±0.00	43.27 ^b ±0.06
LM 0.8	18.55±0.36	3.14±0.00	43.10 ^c ±0.10
LM 1.0	18.47±0.67	3.14±0.00	43.53 ^a ±0.06
LM 1.2	18.12±0.25	3.14±0.00	43.53 ^a ±0.06

หมายเหตุ ตัวอักษร^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

HM = เพกตินชนิดเมทอกซิลสูง, **LM** = เพกตินชนิดเมทอกซิลต่ำ, ตัวเลข = ร้อยละของเพกตินที่ใช้โดยน้ำหนัก เมื่อเทียบจากส่วนผสมที่เหลือทั้งหมด

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าทุกคุณลักษณะมีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยแยมที่ใช้เพกตินชนิดเมทอกซิลสูงมีคะแนนอยู่ในช่วงชอบปานกลางในทุกคุณลักษณะ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเพกติน ในขณะที่แยมที่ใช้เพกตินชนิดเมทอกซิลต่ำมีคะแนนอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ คะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณเพกตินเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อปริมาณเพกตินชนิดเมทอกซิลต่ำเพิ่มขึ้น ทำให้เจลของแยมแข็งเกาะตัวกันแน่น ทำให้การทา และการเกาะติดบนขนมปังทำได้ยาก โดยแยมที่ใช้เพกตินชนิดเมทอกซิลสูง ร้อยละ 1.2 มีคะแนนความชอบสูงที่สุด (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 คะแนนความชอบเฉลี่ยของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่ใช้เมทอกซิลเพคตินต่างชนิดและปริมาณ

สิ่งทดลอง	ลักษณะปรากฏ	ความคงตัว	ความง่ายในการทำ	การเกาะติดบนขนมปัง	ความรู้สึกละในปาก	ความชอบโดยรวม
HM 0.8	6.78 ^a ±1.19	5.77 ^{bc} ±1.70	6.62a±1.22	6.56 ^a ±1.18	6.04 ^b ±1.43	6.16 ^b ±1.39
HM 1.0	6.89 ^a ±1.13	6.36 ^a ±1.53	6.74a±1.30	6.57 ^a ±1.28	6.13 ^b ±1.40	6.29 ^{ab} ±1.34
HM 1.2	7.06 ^a ±1.20	6.44 ^a ±1.40	6.93 ^a ±1.07	6.96 ^a ±1.15	6.59 ^a ±1.17	6.63 ^a ±1.15
LM 0.8	6.86 ^a ±1.14	6.02 ^{ab} ±1.52	5.97 ^b ±1.65	6.08 ^b ±1.69	6.02 ^b ±1.44	5.96 ^b ±1.44
LM 1.0	6.32 ^b ±1.44	5.46 ^{cd} ±1.57	5.18 ^c ±1.43	5.59 ^c ±1.52	5.70 ^{bc} ±1.49	5.50 ^c ±1.37
LM 1.2	6.37 ^b ±1.49	5.27 ^d ±1.74	4.90 ^c ±1.74	5.07 ^d ±1.84	5.35 ^c ±1.89	5.16 ^c ±1.61

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-d} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

HM = เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง, **LM** = เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ, ตัวเลข = ร้อยละของเพคตินที่ใช้โดยน้ำหนัก เมื่อเทียบจากส่วนผสมที่เหลือทั้งหมด

จากการพัฒนาทางด้านเนื้อสัมผัสของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลและมีแอนโทไซยานินสูงจึงเลือกใช้เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง ความเข้มข้นร้อยละ 1.2 เนื่องจากให้ค่าคุณภาพทางเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแยมสูตรที่ 1 ในการทดลองก่อนหน้านี้ที่ได้เลือกเป็นต้นแบบในการปรับปรุงด้านเนื้อสัมผัส และจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัสพบว่ามีความชอบในด้านลักษณะปรากฏ ความคงตัว ความง่ายในการทำ การเกาะติดบนขนมปัง ความรู้สึกละในปาก และความชอบโดยรวมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3.3 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (150 คน) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ ด้วยวิธี Central Location Test (CLT) พบว่า ผู้บริโภคเป็นเพศชาย ร้อยละ 31.3 และเพศหญิง ร้อยละ 68.7 ช่วงอายุส่วนใหญ่ของผู้บริโภคอยู่ในช่วง 20-30 ปี ร้อยละ 68.7 รองลงมาเป็น ช่วง 31-40 ปี ร้อยละ 14 ช่วง 41-50 ปี ร้อยละ 7.3 ในด้านระดับการศึกษาของผู้บริโภคพบว่า มี

การศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 65.3 สูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 28 ด้านอาชีพ พบว่ามีนักศึกษา ร้อยละ 70 อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 14 ส่วนข้อมูลด้านรายได้ พบว่ามีรายได้ต่ำกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 52.7 รายได้ 10,001 - 15,000 บาท ร้อยละ 21.3 ดังแสดงในตารางที่ 24

ซึ่งเมื่อผู้บริโภคร่วมผลิตภัณฑ์แยมกระเจียบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพแล้ว พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของคุณลักษณะอยู่ในช่วงชอบปานกลาง (6.1-7.3) ดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 24 ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค

ข้อมูล	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	47	31.3
หญิง	103	68.7
2. อายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี	8	5.3
20-30 ปี	103	68.7
31-40 ปี	21	14
41-50 ปี	11	7.3
ตั้งแต่ 51 ปีขึ้นไป	7	4.7
3. การศึกษา		
มัธยมปลาย/ปวช.	7	4.7
อนุปริญญา	3	2
ปริญญาตรี	98	65.3
สูงกว่าปริญญาตรี	42	28
4. อาชีพ		
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	21	14
บริษัทเอกชน	10	6.7
ธุรกิจส่วนตัว	7	4.7
นิสิต/นักศึกษา	105	70
อื่นๆ	7	4.7

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ข้อมูล	ความถี่	ร้อยละ
5. รายได้		
ต่ำกว่า 10,000 บาท	79	52.7
10,001 - 15,000 บาท	32	21.3
15,001 - 20,000 บาท	11	7.3
20,001 - 25,000 บาท	7	4.7
สูงกว่า 25,000 บาท	21	14

ตารางที่ 25 คะแนนความชอบเฉลี่ยของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
ลักษณะปรากฏ	7.1±1.3
ความยาก-ง่ายในการทำ	7.1±1.5
กาเกาะติดบนขนมปัง	7.3±1.4
รสชาติ	6.1±2.0
ความชอบโดยรวม	6.6±1.7

เมื่อพิจารณาผลการยอมรับผลิตภัณฑ์หลังจากที่มีการให้ข้อมูลที่ดีของผลิตภัณฑ์ต่อผู้บริโภค โดยข้อมูลที่ให้นั้นเป็นข้อดีของแยมที่มีการลดปริมาณน้ำตาลและมีสารแอนโทไซยานินสูง พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับเพิ่มขึ้นโดยผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบแดงลดน้ำตาลก่อนได้รับข้อมูลผู้บริโภคให้การยอมรับ ร้อยละ 80 แต่เมื่อได้ทราบข้อมูลที่ดีแล้วผู้บริโภคให้การยอมรับเพิ่มเป็น ร้อยละ 94 ซึ่งค่าการยอมรับก่อนและหลังได้รับข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการให้ข้อมูลมีอิทธิพลต่อร้อยละของการยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อแฮมกระเจียบแดงลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพก่อนและหลังการได้รับข้อมูลเพื่อสุขภาพ

การยอมรับแฮมกระเจียบแดง ลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ	ร้อยละ		Chi-square test (Prob.)
	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ	
ก่อนได้รับข้อมูล	80	20	0.000*
หลังได้ข้อมูล	94	6	

หมายเหตุ * หมายถึง การให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์แฮมกระเจียบแดง หลังจากได้รับข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ปริมาณแอนโทไซยานินที่มนุษย์สามารถบริโภคได้เฉลี่ยสูงสุดคือ 200 มิลลิกรัมต่อวัน โดยชาวอเมริกันได้รับแอนโทไซยานินสูงสุด 180-215 มิลลิกรัมต่อวันและในชาวฮอลแลนด์ได้รับปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ที่ประมาณ 23 มิลลิกรัมต่อวัน (Einbond *et al.*, 2004; Mazza, 2007) ใน การบริโภคแฮมกระเจียบเพื่อให้ได้รับปริมาณแอนโทไซยานินเฉลี่ยต่อวันตามที่มียารายานนั้น อาจบริโภคได้ตั้งแต่ 2 กรัมต่อวัน ไปจนถึง 1,100 กรัมต่อวัน

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แฮมกระเจียบแดงเพื่อสุขภาพโดยการลดน้ำตาลและมีสารแอนโทไซยานิน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินของแฮมกระเจียบลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพภายหลังการเก็บรักษาแสดงในตารางที่ 27 โดยพบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และในช่วงระยะเวลาเดียวกัน พบว่า ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยเป็นที่ทราบกันดีว่าการสลายของการเชื่อมต่อไกลโคไซด์เป็นขั้นแรกของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนรูปไปสู่ chalcones ซึ่งเป็นรูปที่ไร้สี โดย chalcones จะถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (Clifford, 2000) โดยผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาผลของกระบวนการทำแฮมและการเก็บรักษาที่มีต่อปริมาณฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณแอนโทไซยานินในผลไม้ชนิดต่างๆ พบว่าเมื่อระยะเวลาการ

เก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง ในแฮมแอฟริคอตและลูกฟิก (Rababah, 2011)

ตารางที่ 27 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 กรัม กระเจี๊ยบแดงแห้ง) ของแฮมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
0	18.05 ^a ±0.79	18.05 ^a ±0.79
2	7.87 ^{bA} ±0.40	5.65 ^{bB} ±0.32
4	7.09 ^{cA} ±0.56	4.49 ^{cB} ±0.39
6	6.34 ^{dA} ±0.12	2.71 ^{dB} ±0.19
8	5.58 ^{eA} ±0.10	2.22 ^{dB} ±1.29
12	3.65 ^{fA} ±0.14	0.66 ^{eB} ±0.18
16	2.41 ^{gA} ±0.15	0.26 ^{eB} ±0.12

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 28 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของแฮมกระเจี๊ยบพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นค่า pH มีแนวโน้มที่ไม่แน่นอนทั้งอุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งคาดว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่า pH มีแนวโน้มลดลงโดยเมื่อทำการเปรียบเทียบที่ระยะเวลาเดียวกันต่างอุณหภูมิในการเก็บรักษา พบว่าค่า pH ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) pH ที่คาดว่าจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นนั้น อาจเนื่องมาจากเกิด hydroxymethylfurfural (HMF) ที่มาจากการไฮเดรชันของน้ำตาลที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทำแฮมและการเก็บรักษาจึงนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง HMF ไปอยู่ในรูปกรด levulinic และกรด formic (Leblang, 2009) สอดคล้องกับการศึกษาอายุการเก็บของแฮมในบรรจุภัณฑ์โฟฟิลีน ซึ่งทำการศึกษานในแฮมผลไม้หลายชนิด (กล้วย, ฝรั่ง, ผล umbu และเสาวรส พบว่าค่า pH มีค่าลดลงเล็กน้อยในบางผลิตภัณฑ์และบางชนิดค่า pH คงที่ (Borges, 2012)

และสอดคล้องกับงานของ Rababah *et al.* (2011) ที่ศึกษาผลของกระบวนการทำแยมและการเก็บรักษาที่มีต่อปัจจัยต่างๆ พบว่าในแยมเชอร์รี่มีค่า pH ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 28 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
0	2.98 ^a ±0.05	2.98 ^a ±0.05
2	2.85 ^{eA} ±0.05	2.68 ^{dB} ±0.08
4 ^{NS}	3.05 ^{bc} ±0.03	3.05 ^{ab} ±0.02
6 ^{NS}	2.97 ^{cd} ±0.05	2.99 ^{bc} ±0.00
8	2.92 ^{deB} ±0.07	3.10 ^{abA} ±0.02
12 ^{NS}	3.03 ^c ±0.56	3.04 ^{ab} ±0.00
16 ^{NS}	3.12 ^{ab} ±0.17	2.89 ^c ±0.14

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 29 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของแยมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบที่ระยะเวลาเดียวกันโดยอุณหภูมิการเก็บรักษาแตกต่างกันพบว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดนั้นอาจเนื่องมาจากการเกิด syneresis หรือการระเหยของน้ำในระหว่างการเก็บรักษา โดยการ syneresis เกิดเนื่องจากสภาวะที่มีการเกิดเจลที่ pH ต่ำจึงไม่สามารถรักษาความชื้นในผลิตภัณฑ์ได้ (Fizman and Duran, 1992) ซึ่งน้ำอาจเกิดการระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อยู่ในสภาวะการเก็บที่มีอุณหภูมิสูง

ตารางที่ 29 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดของแยมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
0	42.20 ^{ab} ±1.21	42.20 ^{ab} ±1.21
2 ^{NS}	43.03 ^{ab} ±0.25	41.40 ^c ±1.51
4 ^{NS}	42.40 ^b ±1.13	43.67 ^{ab} ±0.81
6 ^{NS}	41.93 ^b ±0.50	42.46 ^{bc} ±1.00
8 ^{NS}	42.46 ^b ±0.55	42.13 ^{bc} ±0.32
12 ^{NS}	43.07 ^{ab} ±0.75	44.57 ^a ±0.51
16 ^{NS}	43.87 ^a ±0.31	43.07 ^{ab} ±0.67

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 30 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของแยมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอนเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาเดียวกัน โดยอุณหภูมิในการเก็บแตกต่างกัน พบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสให้ค่าความสว่าง (L^*) ที่สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะชักนำให้แสงสว่างลดลง สีเหลืองอาจกลายเป็นสีแดงทั้งนี้อาจเกิดจากเม็ดสีสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Touati *et al.*, 2013)

ตารางที่ 30 การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L*) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
0	3.65 ^c ±0.47	3.65 ^d ±0.47
2 ^{NS}	5.68 ^d ±0.53	5.65 ^c ±0.32
4	7.07 ^{cdA} ±3.51	4.49 ^{bB} ±0.39
6	5.58 ^{dA} ±1.72	2.71 ^{cdB} ±0.19
8	9.69 ^{bA} ±2.48	2.22 ^{cdB} ±1.29
12 ^{NS}	7.99 ^c ±2.37	9.74 ^a ±3.73
16 ^{NS}	11.42 ^a ±2.63	10.37 ^a ±3.50

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 31 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) ของแยมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอนเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาเดียวกันแต่อุณหภูมิในการเก็บแตกต่างกัน พบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสให้ค่าสีแดง (a*) ที่สูงกว่าเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นสารในกระเจี๊ยบแดงที่ให้สีแดงม่วง ซึ่งที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียสมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่า ทำให้ค่าสีแดงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีค่ามากกว่าอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เนื่องด้วยอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสลายของแอนโทไซยานินที่เป็นสารสีม่วงแดง โดยที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถทำให้แอนโทไซยานินคงตัวได้ดีกว่า

ตารางที่ 31 การเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) ของแฮมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
0	9.07 ^d ±1.83	9.07 ^c ±1.83
2	14.38 ^{bA} ±2.07	12.21 ^{bB} ±3.26
4 ^{NS}	14.21 ^{bc} ±3.96	14.76 ^a ±3.93
6	12.56 ^{bcA} ±3.90	7.79 ^{cdB} ±1.17
8	17.31 ^{aA} ±2.10	6.36 ^{dB} ±1.04
12	12.18 ^{cA} ±3.47	9.17 ^{cB} ±2.63
16	13.84 ^{bcA} ±1.75	8.67 ^{cB} ±2.22

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-d} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 32 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ของแฮมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอนเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาเดียวกันแต่อุณหภูมิในการเก็บแตกต่างกัน พบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีค่าสีเหลือง (b*) สูงกว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) ที่ลดลงส่งผลทำให้เห็นค่าสีเหลือง (b*) ได้ชัดขึ้น

ตารางที่ 32 การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b*) ของแฮมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
0	1.73 ^c ±0.60	1.73 ^c ±0.60
2 ^{NS}	3.44 ^b ±0.76	2.99 ^c ±1.31
4 ^{NS}	3.96 ^b ±2.11	5.01 ^b ±2.61

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
6	3.43 ^{ba} ±1.73	2.29 ^{cb} ±0.46
8	5.88 ^{aA} ±1.51	1.96 ^{cb} ±0.46
12	4.24 ^{bb} ±1.84	5.79 ^{ba} ±2.23
16 ^{NS}	6.77 ^a ±1.36	7.14 ^a ±2.96

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 33 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของสี (C^*) ของแยมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอนเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาเดียวกันแต่อุณหภูมิในการเก็บแตกต่างกันพบว่าการที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มให้ค่าความเข้มของสี (C^*) ที่สูงกว่าเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ซึ่งค่าความเข้มของสี (C^*) คำนวณจาก $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ซึ่งพบว่าค่าความเข้มของสี (C^*) ให้ผลสอดคล้องกับค่าสีแดง (a^*) ซึ่งที่อุณหภูมิเก็บรักษา 25 องศาเซลเซียสให้ค่าสีแดงสูงกว่าที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 33 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มของสี (C^*) ในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
0	9.23 ^d ±1.91	9.23 ^{cd} ±1.91
2	14.79 ^{bcA} ±2.19	12.58 ^{bb} ±3.48
4 ^{NS}	14.78 ^{bc} ±4.40	15.62 ^a ±4.57

ตารางที่ 33 (ต่อ)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
6	13.03 ^{ca} ±4.22	8.13 ^{deB} ±1.25
8	18.30 ^{aA} ±2.47	6.66 ^{eb} ±1.12
12 ^{NS}	12.92 ^c ±3.86	10.86 ^{bc} ±3.40
16	15.41 ^{bA} ±2.15	11.27 ^{bcB} ±3.57

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-d} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 34 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าองศาสี (h ค่า Hue angle) ของแยมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าองศาสี (h) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาเดียวกันแต่อุณหภูมิในการเก็บแตกต่างกัน พบว่าการที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มให้ค่าองศาสี (h) ที่ต่ำกว่าเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ค่ามุมของสี (h) คือ ค่าสีที่แท้จริงที่ปรากฏให้เห็น คำนวณได้จาก $(\tan^{-1} a^*/b^*)$ โดยองศาสีที่พบอยู่ในช่วง 0-45 แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้ม โดยที่อุณหภูมิการเก็บ 25 องศาเซลเซียสและ 37 องศาเซลเซียส มีค่ามุมของสี (h) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่ม แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงจากสีม่วงแดงไปสู่สีส้ม ซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัวของแอนโทไซยานิน จึงทำให้ค่ามุมของสี (h) เพิ่มขึ้น และที่ระยะเวลาเดียวกันพบว่าที่อุณหภูมิการเก็บ 25 องศาเซลเซียส ค่ามุมของสี (h) ให้ค่าที่ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้ช่วงที่ม่วงแดง อาจเนื่องมาจากที่อุณหภูมิต่ำแอนโทไซยานินสามารถคงตัวได้ดีกว่าอุณหภูมิสูง จึงทำให้ค่ามุมของสี (h) อยู่ใกล้ช่วงสีม่วงแดงมากกว่า

ตารางที่ 34 การเปลี่ยนแปลงของค่ามุมของสี่ (h) ของแฮมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
0	10.50 ^d ±1.61	10.50 ^c ±1.61
2 ^{NS}	13.32 ^c ±1.08	13.25 ^d ±1.99
4	14.69 ^{cb} ±3.26	17.65 ^{ca} ±4.08
6	14.50 ^{cb} ±2.54	16.28 ^{ca} ±0.99
8	18.46 ^{ba} ±2.44	17.00 ^{cb} ±1.25
12	18.16 ^{bb} ±3.80	31.34 ^{ba} ±3.37
16	25.85 ^{ab} ±2.02	37.96 ^{aA} ±5.35

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 35 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า Gel Strength ของแฮมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า มีแนวโน้มค่า Gel Strength เพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาเดียวกันแต่อุณหภูมิในการเก็บแตกต่างกันพบว่าค่า Gel Strength ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยค่า Gel Strength ที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเนื่องมาจากการ syneresis (Borges, 2012) เมื่อน้ำระเหยออกจากเจล จึงทำให้เจลเกิดความแข็งเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 35 การเปลี่ยนแปลงของค่า Gel Strength (g) ของแฮมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา(องศาเซลเซียส)	
	25 ^{ns}	37
0	639.88±63.63	639.88 ^a ±63.63
2 ^{NS}	845.99±398.11	440.88 ^{bc} ±331.15
4 ^{NS}	998.02±906.35	908.34 ^{ab} ±430.99
6 ^{NS}	674.80±283.04	351.24 ^c ±193.62
8	137.75 ^B ±369.39	266.83 ^{cA} ±95.68
12 ^{NS}	973.41±193.39	578.33 ^{abc} ±175.02
16 ^{NS}	1066.60±393.91	623.57 ^{abc} ±282.19

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 36 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า Rupture Strength ของแฮมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า มีแนวโน้มค่า Rupture Strength เพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาเดียวกันแต่อุณหภูมิในการเก็บแตกต่างกันพบว่าค่า Rupture Strength ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งค่า Rupture Strength ควรสอดคล้องกับ Gel Strength เนื่องด้วยเป็นไปตามความสัมพันธ์ของความเค้นและ Young's elasticity modulus

ตารางที่ 36 การเปลี่ยนแปลงของค่า Rupture Strength (g) ของแฮมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25 ^{ns}	37
0	692.47±40.74	692.47 ^{ab} ±40.74
2 ^{NS}	1500.50±505.69	738.72 ^{ab} ±543.93
4 ^{NS}	1147.90±1122.45	1071.90 ^a ±333.40
6 ^{NS}	721.56±280.51	423.50 ^{ab} ±246.67
8	1660.00 ^A ±513.15	296.19 ^{bB} ±95.74
12 ^{NS}	1285.70±262.20	785.11 ^{ab} ±337.36
16 ^{NS}	1489.40±805.78	952.08 ^{ab} ±527.09

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-b} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 37 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า Brittleness ของแฮมกระเจี๊ยบในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า มีแนวโน้มค่า Brittleness เพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาเดียวกันแต่อุณหภูมิในการเก็บแตกต่างกันพบว่าค่า Brittleness ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ค่า Brittleness คือระยะทางที่ตกลงไปก่อนที่จะแตก โดย ถ้าระยะทางน้อยแสดงว่าเจลเปราะมาก พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า Brittleness มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเจลเมื่อเกิด syneresis โดยให้ผลสอดคล้องกับค่า Gel strength และ ค่า Rupture strength ตามความสัมพันธ์เมื่อทำการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ในการทดสอบจะได้เป็น rupture strength คือ ความเค้น Brittleness คือ ความเครียด และ Gel strength คือ Young's elasticity modulus.

ตารางที่ 37 การเปลี่ยนแปลงของค่า Brittleness (mm) ของแฮมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37 ^{ns}
0	3.81 ^{ab} ±0.65	3.81±0.65
2 ^{NS}	4.86 ^{ab} ±0.58	4.35±1.38
4 ^{NS}	3.95 ^{ab} ±1.40	3.96±0.51
6 ^{NS}	3.46 ^b ±0.14	3.80±0.58
8	6.03 ^{abA} ±0.67	3.60 ^B ±0.25
12 ^{NS}	5.59 ^{ab} ±1.38	4.32±1.02
16 ^{NS}	6.73 ^a ±3.39	5.41±1.41

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-b} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 38 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า Adhesiveness ของแฮมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า มีแนวโน้มค่า Adhesiveness ลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาเดียวกันแต่อุณหภูมิในการเก็บแตกต่างกันพบว่าค่า Adhesiveness ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อาจเนื่องมาจากการเกิด syneresis ของแฮม เมื่อน้ำระเหยออกมาทำให้เจลมีการแข็งตัวและเกาะติดเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 38 การเปลี่ยนแปลงของค่า Adhesiveness (gsec) ของแยมกระเจียบในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อุณหภูมิเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	
	25	37
0	-363.72 ^a ±59.07	-363.72 ^{bc} ±59.07
2 ^{NS}	-474.99 ^a ±40.66	-332.18 ^{abc} ±194.67
4 ^{NS}	-451.86 ^a ±91.09	-536.28 ^c ±78.52
6 ^{NS}	-467.52 ^a ±114.05	-289.11 ^{ab} ±133.98
8	-587.83 ^{abB} ±40.45	-197.47 ^{aA} ±72.35
12 ^{NS}	-660.52 ^{ab} ±223.68	-442.26 ^{bc} ±142.80
16 ^{NS}	-974.58 ^b ±491.04	-434.42 ^{abc} ±134.44

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) สามารถช่วยรักษาปริมาณแอนโทไซยานิน ค่าสี ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ดังนั้นหากต้องการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้สามารถคงปริมาณสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพอยู่ได้ควรเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งยังมีอีกหลายวิธีที่สามารถช่วยคงปริมาณแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์ได้ เช่น ในกระบวนการผลิตควรเป็นการบรรจุขณะร้อนเพื่อไล่ออกซิเจนที่จะทำให้เกิดการออกซิเดชัน การบรรจุแยมในบรรจุภัณฑ์ที่มีขอบยางที่ฝาปิดเพื่อป้องกันออกซิเจนเข้าไปสู่ผลิตภัณฑ์ การใช้ฉลากทึบเพื่อกันแสงเข้าไปทำลายแอนโทไซยานิน ซึ่งหากสามารถป้องกันปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสลายของแอนโทไซยานินได้ ก็จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้นด้วย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบแดงลดน้ำตาลเพื่อสุขภาพ มีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยคือเปรียบเทียบวิธีการอบแห้ง ตำรวจผู้บริโภคโดยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น การพัฒนาสูตรแยมลดน้ำตาล การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา จากการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. วิธีการอบแห้งมีผลต่อปริมาณสารสำคัญของกระเจี๊ยบแดง ซึ่งการอบแห้งโดยระบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศสามารถคงปริมาณสารสำคัญได้สูงกว่าการอบแห้งโดยลมร้อน โดยในสถานะการอบที่กำลังไมโครเวฟ 1920 วัตต์ 14 นาที ให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุดคือ 5280.11 mg/100g กระเจี๊ยบแห้ง เป็นวิธีการที่ทำให้ได้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด
2. จากการสำรวจผู้บริโภคด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบลำดับขั้น (Laddering technique) ทำให้ได้แนวคิดผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปพัฒนาคือแยมที่ลดน้ำตาลและมีสารต้านอนุมูลอิสระสามารถจัดกลุ่มผู้บริโภคจากแบบสอบถามทัศนคติเกี่ยวกับโภชนาการและสุขภาพได้ 3 กลุ่ม โดยได้กลุ่มเป้าหมายคือกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ให้ความสนใจทางด้านสุขภาพและโภชนาการ
3. ในการพัฒนาแยมกระเจี๊ยบสูตรลดน้ำตาล พบว่าปริมาณน้ำตาล ชนิดและปริมาณของเพคตินมีผลต่อการเป็นเจลของแยม โดยสูตรของแยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาลที่มีสารแอนโทไซยานินสูงที่เลือกมาประกอบด้วย น้ำตาล 131.58 g. สตีวีโอไซด์ 0.40 g แล้วทำการพัฒนาทางด้านเนื้อสัมผัสโดยใช้เพคตินชนิดเมทอกซิลสูงและเมทอกซิลต่ำพบว่า เพคตินชนิดเมทอกซิลสูงร้อยละ 1.2 ให้ค่าคะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง (6.2)
4. จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในผู้บริโภคทั่วไป พบว่าได้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลางและผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 80 นอกจากนี้การให้ข้อมูลที่ดีของแยมกระเจี๊ยบที่มีการลดปริมาณน้ำตาลและมีสารแอนโทไซยานินเมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี McNemar's Test พบว่าค่าการยอมรับก่อนและหลังให้ข้อมูลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

5. จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการรักษาโดยใช้ปริมาณแอนโทไซยานินเป็นดัชนีวัดอายุในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พบว่าระยะเวลา และอุณหภูมิมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน โดยปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นและการเก็บรักษาอุณหภูมิสูง

ข้อเสนอแนะ

1. ในกระบวนการทำแห้งกระเจี๊ยบแดง อาจใช้การทำแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการทำแห้งแบบไมโครเวฟร่วมสุญญากาศ โดยทำแห้งแบบลมร้อนในช่วงแรกเพื่อช่วยลดความชื้นของกระเจี๊ยบลง หลังจากนั้นจึงใช้การทำแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมสุญญากาศเพื่อรักษาปริมาณแอนโทไซยานิน และการคืนตัวของกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง
2. สารทดแทนความหวานมีหลายชนิด อาจเปลี่ยนแปลงชนิดสารทดแทนความหวานเพื่อลดต้นทุนหรือเพื่อให้รสชาติกลมกล่อมและใกล้เคียงกับความหวานของน้ำตาลมากขึ้น
3. ผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบแดงลดน้ำตาลยังไม่เป็นไปตามมาตรฐาน มพข. 342/2547 อย่างไรก็ตามงานวิจัยได้ทำการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเพื่อสุขภาพ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. 2541. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ.2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ. 20 มีนาคม 2541.
- กิตติพงษ์ ห่วงรัญ. 2536. เอกสารประกอบการเรียนผักและผลไม้. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2532. สารให้ความหวาน. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เคเอสเอ็มอีแคร์. 2550. ตลาดอาหารเพื่อสุขภาพของโลก Green news. แหล่งที่มา: <http://www.greenshopcafe.com/newsdetail.php?id=144>, 3 สิงหาคม 2553.
- จิ่งแท่ ศรีพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- แจลัม มาสุวรรณ, สุรพงษ์ เจริญรัก, ชัยรัตน์ ดุลยพัชร และปัญญา เอกชัย. 2545. กระเจี๊ยบแดงพืชสมุนไพร. กลีกร. 75: 16-19.
- ฉวีวรรณ จิตยพันธุ์กุล. 2540. เอกสารวิชาการเรื่อง "ซูคราโลส วัตถุให้ความหวานจัดชนิดใหม่" กรุงเทพฯ.
- ถาวร โกวิทยา และ สนั่น การค้า. 2525. หญ้าหวาน. แก่นเกษตร. 10(5): 122-130.
- นันทกร บุญเกิด และ ลำไพร ดิษฐวิบูลย์. 2544. คู่มือการแปรรูปองุ่นและผลไม้อื่นๆเป็นแยมเจลลี่และน้ำผลไม้พร้อมดื่ม. เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- นันทนา แก้วอุบล. 2527. หญ้าหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์ 38(6): 302

นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นรินาม. ม.ม.ป. กระเจี๊ยบแดง. แหล่งที่มา: <http://as.doa.go.th/hort/database/herb/krajeb.htm>, 9 กันยายน 2553.

บ้านอะลง. 2555. หย้าหวาน พืชสมุนไพร. แหล่งที่มา: <http://alangcity.blogspot.com>, 17 พฤษภาคม 2557.

บุศรารัตน์ สายเชื้อ. 2545. แอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดง *Hibiscus sabdariffa* L. เพื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปารมี ชุมศรี. 2550. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประศาสตร์ พุตระกูล. 2544. การปรับปรุงโยเกิร์ตเคลือบดำโดยใช้สารสกัดจากหย้าหวานเป็นสารให้ความหวาน. โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก.มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แยม.

ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ภควรรณ เสมอใจ และกนกอร โพธิ์นันท์. 2553. จลนพลศาสตร์และการลดเวลาในการอบแห้งกึ่งสุกกล้วยด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดโดยใช้ดราฟท์ทิวบ์และอนุภาคน้ำแข็ง, น. 354-363. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน สมุนไพรแห้ง. มพช.480/2547.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แยม. มพช. 342/2547.

รัชนี คันทะพานิชกุล. 2526. เคมีอาหาร. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

ราณี บุรีรักษ์. 2529. ผลของสารสกัดจากหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* Bertoni) ต่อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคฟันผุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิไล รังสาดทอง. 2547. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

วิชัย หฤทัยธนาสันต์. 2521. หลักการถนอมและแปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีระชัย อินทรพานิช. 2529. การสกัดสตีวิโอไซด์จากสตีเวีย. รายงานค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยาศาสตร์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. เศรษฐกิจสมุนไพรไทย ปี 2549/50 กรณีศึกษา : กระเจี๊ยบแดง ดอกคำฝอย และกวาวเครือขาว. ม.ป.ท., กรุงเทพฯ

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2546. กระบวนการทำแห้งอาหาร. ใน คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุชาติพิท ภมรประวดี. 2551. กระเจี๊ยบแดง. หมอชาวบ้าน แหล่งที่มา:
<http://www.doctor.or.th/node/1187>, 27 กันยายน 2553.

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ และ พิชญอร ไหมสุทธีสกุล. 2554. จลนพลศาสตร์การอบแห้งขมิ้นชันแบบไมโครเวฟสุญญากาศ. ว.วิทย. กษ. 42(2): 269-272.

- Aina, J.O. and A.A. Shodipe. 2006. Colour stability and vitamin C retention of rosella juice (*Hibiscus sabdariffa* L.) in different packaging materials. **J. Nutr. Food Sci.** 36: 90-95.
- Adaramoye, O., B. Ogungbenro, O. Anyaegbu and M. Fafunso. 2008. Protective Effects of Extracts of *Vernonia amygdalina*, *Hibiscus sabdariffa* and Vitamin C against Radiation-induced Liver Damage in Rats. **J. Radiat. Res.** 49: 123–131.
- Alibas, I. 2007. Energy Consumption and Colour Characteristics of Nettle Leaves during Microwave, Vacuum and Convective Drying. **Biosyst. Eng.** 96(4): 495–502.
- Anon. 2002. Food texture and measurement: perception and measurement. **Food Qual. Preference.** 13: 237–255.
- Anonymous. 2000. Measurement of gel strength, rupture force, brittleness/elasticity and adhesiveness of a marmalade formulation. **TA-XTPlus Application Guide**, Ref: GEL4/P1R.
- AOAC. 2000. **Official Method for analysis of A.O.A.C. International.** 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Maryland, USA.
- Ares, G., A. Glimenez and A. Gambaro. 2008. Understanding consumers' perception of conventional and functional yogurts using word association and hard laddering. **Food Qual. Pref.** 19: 636–643.
- Ashaye, O.A. and T.O. Adeleke. 2009. Quality attributes of stored Roselle jam. **International Food Research Journal** 16: 363-371.

- Babalis, S.J., E. Papanicolaou, N. Kyriakis and V.G. Belessiotis. 2006. Evaluation of Thin-layer drying model for describing drying kinetics of fig (*Ficus carica*). **J. Food Eng.** 75: 205-214.
- Benzie, I.F.F. and J.J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma as a measure of "antioxidant power": the *FRAP* assay. **Anal. Biochem.** 239: 70–76.
- Bondaruk, J., M. Markowski and W. Blaszcak. 2007. Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes. **J. Food Eng.** 81: 306-312.
- Bordignon-Luiz, M.T., C. Gauche, E.F. Gris and L.D. Falcao. 2007. Colour stability of anthocyanins from Isabel grapes (*Vitis labrusca* L.) in model systems. **LWT** 40: 594–599.
- Borges, S.V. 2012. Shelf Life of Jams in Polypropylene Packaging. **Polypropylene** 23-28
- Broomes, J. and N. Badrie. 2010. Effects of Low-Methoxyl Pectin on Physicochemical and Sensory Properties of Reduced- Calorie Sorrel/ Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Jams. **The Open Food Science Journal** 4: 48-55.
- Bondaruk, J., M. Markowski and W. Blaszcak. 2007. Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes. **J. Food Eng.** 81: 306-312.
- Botschen, G. and E., Thelen. 1998. Hard versus soft laddering: Implications for appropriate use, pp. 321–339 *In* I. Balderjahn, C. Mennicken, and E. Vernet, eds. **New Developments and Approaches in Consumer Behaviour Research**. Schffer-Poeschel, Stuttgart.

- Bovy, A., R. de Vos, M. Kemper, E. Schijlen, M. Almenar Pertejo, S. Muir, G. Collins, S. Robinson, M. Verhoeyen, S. Hughes, C. Santos-Buelga and A. van Tunen. 2002. High-flavonol tomatoes resulting from the heterologous expression of the maize transcription factor genes LC and C1. **Plant cell** 14(10): 2509-2526.
- Brune, M., L. Hallberg and A-B. Skanberg. 1991. Determination of iron-binding phenolic groups in foods. **J. Food Sci.** 56: 128–131.
- Calín-Sánchez, Á. A. Figiel, F. Hernández, P. Melgarejo, K. Lech and Á. A. Carbonell-Barrachina. 2012. Chemical Composition, Antioxidant Capacity, and Sensory Quality of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Arils and Rind as Affected by Drying Method. **Food Bioprocess Tech.** 6(7): 1644-1654.
- Cheigh, H. S., S. H. Um and C. Y. Lee. 1995. Antioxidant Characteristics of Melanin-Related Products from Enzymatic Browning Reaction of Catechin in a Model System, pp 200-208 *In* C. Y. Lee and J. R. Whitaker., eds. **Enzymatic Browning and Its Prevention**. ACS, Washington DC.
- Cheng, W.M., G.S.V. Raghavan, M. Ngadi and N. Wang. 2006. Microwave power control strategies on the drying process I: Development and evaluation of new microwave drying system. **J. Food Eng.** 76: 188-194.
- Clifford, M.N. 2000. Anthocyanins-nature, occurrence and dietary burden. **J. Sci. Food Agric.** 80:1063–1072
- Cui, Z.W., S.Y. Xu and D.W. Sun. 2004. Microwave-vacuum drying kinetics of carrot slices. **J. Food Eng.** 65: 157-164.
- Damodaran, S., K.L. Parkin and O.R. Fennema. 2008. **Fennema's Food Chemistry**. 4th ed. CRC press, New York.

Deman, J.M. 1990. **Principle of Food Chemistry**. 2nd ed. Van nostrand Reinhold, New York.

Doymaz, I. 2005. Drying characteristics and kinetics of okra. **J. Food Eng.** 69: 275–279.

Du, C. T. and F. J. Francis. 1973. Anthocyanins of roselle (Hibiscus sabdariffa). **J. Food Sci.** 38: 810–812.

Einbond, L.S., K.A. Reynertson, X. DongLuo, M. J. Basile and E. J. Kennelly. 2004. Anthocyanin antioxidants from edible fruits. **Food Chem.** 84: 23-28

Escudero-López, B., I. Cerrillo, G. Herrero-Martín, D. Hornero-Méndez, A. Gil-Izquierdo, S. Medina, F. Ferreres, G. Berna, F. Martín and M.S. Fernandez-Pachón. 2013. Fermented Orange Juice: Source of Higher Carotenoid and Flavanone Contents **J. Agric. Food. Chem.** 61: 8773-8782.

Durance, T.D. and F. Liu. 1996. **Production of potato chips**. U.S.A. U.S. patent 5676989.

Fellows, P. 2000. **Food processing technology: principle and practice**. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge.

Figiel, A. 2010. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. **J. Food. Eng.** 98:461-470.

Fizman, S.M. and L. Duran. 1992. Effect of fruit pulps and sucrose on the compression response of different polysaccharides gel systems. **Carbohydrate Polymers** 17, (1): 11-17

Fraeye, I., T. Duvetter, E. Doungla, A.V. Loeyand and M. Hendrickx. 2010. Fine-tuning the properties of pectin–calcium gels by control of pectin fine structure, gel composition and environmental. **Trends Food Sci. Tech.** 21: 219-228.

- Geuns, J.M. 2003. Stevioside. **Phytochemistry** 64(5): 913-921.
- Giri, S.K. and S. Prasad. 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. **J. Food Eng.** 78: 512-521.
- Gonzalez-Palomares, S., M.Estarron-Espinosa, JF. Gomez-Leyva and Andrade-Gonzales. 2009. Effect of the temperature on the spray drying of Roselle extracts (*Hibiscus sabdariffa* L.). **Plant. Food Hum. Nutr.** 64(1): 62-67
- Grunnert, K. G. and S. C. Grunert. 1995. Measuring subjective meaning structures by the laddering method: Theoretical considerations and methodological problems. **IJRM** 12: 209-225.
- _____, S. C. Beckmann and E.Srensen. 2001. Means-end chains and laddering: an inventory of problems and an agenda for research, pp. 63-90 In J. C. Olson and T. J. Reynolds., eds. **Understanding consumer decision making: The means-end approach to marketing and advertising strategy**. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.
- Gulati, A., R. Rawat, B. Singh and S. D. Ravindranath. 2003. Application of microwave energy in the manufacture of enhanced-quality green tea. **J. Agr. Food Chem.** 51: 4764-4768.
- Gutierrez-Ortiz, A., A. Figiel, A. Wojdylo, P. Juszczak, L. Vazquez-Araujo, A.A. Carbonell-Barrachina. 2008. Secado de romero mediante una combinacion de metodos convectivos y microondas a vacio. In: **Proceedings of II Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria**. Barcelona, Spain.
- Haard, N.F. and G.W. Chism. 1996. Characteristics of edible plant tissues. In: Fennema OW (ed), **Food Chemistry**, 3rd edition, pp. 944-1011. Marcel Dekker Inc, New York.

- Hayat, K., X. Zhang, U. Farooq, S. Abbas, S. Xia, Ch. Jia, F. Zhong and J. Zhang. 2010. Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace. **Food Chem.** 123: 423–429.
- Holzwarth, M., S. Korhummel, T. Siekmann, R. Carle and D. R. Kammerer. 2013. Influence of different pectins, process and storage conditions on anthocyanin and colour retention in strawberry jams and spreads. **Food Sci. Technol.** 52: 131-138.
- Hu, Q., M. Zhang, A.S. Mujumdar, G. Xiao and J. Sun. 2006. Drying of edamames by hot air and vacuum microwave combination. **J Food Eng** 77: 977-982.
- Huang, D., B. Ou, M. Hampsch-Woodill, JA. Flanagan And RL. Prior. 2002. High throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format. **J. Agric. Food Chem.** 50: 4437-44.
- Hubbermann, E.V., A. Heins, H. Stockman and K. Schwarz. 2006. Influence of acid, salt, sugar, and hydrocolloids on the color stability of anthocyanin rich black current and elderberry concentrates. **Eur Food Res Technol.** 223: 83-90.
- Jaloszynski, K., A. Figiel and A. Wojdylo. 2008. Drying kinetics and antioxidant activity of oregano. **Acta Agrophysica** 11(1): 81-90.
- Jeong, S. M., S. Y. Kim and D. R. Kim. 2004. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. **J. Agr Food Chem.** 52: 3389–3393.
- Leblang B, G.Eggleston, D. Sammataro, C. Cornett, R. Dufault, T. Deeby and E.S.Cry. 2009. Formation of hydroxymethylfurfural in domestic high-fructose corn syrup and its toxicity to the honey bee (*Apis mellifera*). **J. Agric. Food Chem.** 57: 7369–7376.

Kim, H.O. T.D. Durance, C.H. Scanman and D.D. Kitts. 2000. Retention of Alkamides in Dried *Echinacea purpurea*. **J. Agric. Food Chem.** 48 (9): 4187–4192.

_____, _____, _____ and _____. 2000. Retention of Caffeic Acid Derivatives in Dried *Echinacea purpurea*. **J. Agric. Food Chem.** 48 (9): 4182–4186.

Lee, S. C., S. M Jeong, S. Y. Kim, H. R. Park, K. C. Nam, and D. U. Ahn. 2006. Effect of far-infrared radiation and heat treatment on the antioxidant activity of water extracts from peanut hulls. **Food Chem.** 94: 489–493.

_____, J. H. Kim, S. M. Jeong, D. R. Kim, J. U. Ha and K. C. Nam. 2003. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hulls. **J. Agr. Food Chem.** 51: 4400–4403.

Lin, T.M., T.D. Durance, and C.H. Scaman. 1998. Characterization of vacuum microwave, air-dried and freeze-dried carrot slices. **Food Res. Int.** 31:111–117.

Lofgren, C., S. Guillotin and A. M. Hermansson. 2006. Microstructure and kinetic rheological behavior of amidated and nonamidated LM pectin gels. **Biomacromolecules** 7(1): 114-121.

MacFie, H. 2007. **Consumer-led food product development**. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England.

Manley-Harris, M. and G.N. Richards. 1995. Stereoselective thermal transfer of fructose from sucrose to cyclodextrins. **Carbohydr. Res.** 286(2): 209-217.

Manzocco, L., S. Calligaris, D. Mastrocola, M. C. Nicoli and C. R. Lerici. 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. **Trends Food Sci. Technol.** 11: 340–346.

May, C. D. 1997. Pectins, pp. 231–261. *In* A. Imeson, eds., **Thickening and Gelling Agents for Food**. Springer, US.

Mazza, GJ. 2007. Anthocyanins and heart health. **Ann Ist Super Sanita** 43(4): 369-374.

Mejia-Meza, El., JA. Yanez, CM. Remsberg, JK. Takemoto, NM. Davies, B. Rasco and C. Clary. 2010. Effect of dehydration on raspberries: polyphenol and anthocyanin retention, antioxidant capacity, and antiadipogenic activity. **J. food sci.** 75(1): 5-12.

Meschter, E.E. 1953. Fruit color loss: effects of carbohydrates and other factors on strawberry products. **J. Agr. Food Chem.** 1(8): 574–579.

Morales, F. J. and S. Jimenez-Perez. 2001. Free radical scavenging capacity of maillard reaction products as related to colour and fluorescence. **Food Chem.** 72: 119–125.

Mori, K., N. Goto-Yamamoto, M. Kitayama, and K. Hashizume. 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. **J. Exp. Bot.** Vol. 58(8): 1935–1945.

Ozkan, I., B. Akbudak and N. Akbudak. 2007. Microwave drying characteristics of spinach. **J Food Eng.** 78: 577–583.

Petrucchi, V.E. and C.D. Clary. 1989. **Vacuum microwave drying of food products**. EPRI report CH-6247. Palo Alto, Calif: Electric Power Research Institute Inc.

Pinsuwan, S., Th. Amnuaikit, S. Ungphaiboon and A. Itharat. 2010. Liposome-Containing Hibiscus sabdariffa Calyx Extract Formulations with Increased Antioxidant Activity Improved Dermal Penetration and Reduced Dermal Toxicity. **J. Med. Assoc. Thai** 93:216-226.

- Prior RL., G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. McEwan, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer and CM. Mainland. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **J. Agr. Food Chem.** 46: 2686-2693.
- Raikos, V., L. Campbell and S.R. Euston. 2007. Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. **Food Res. Int.** 40(3): 347-355.
- Rababah, T.M., M. A. Al-Mahasneh, I. Kilani, W. Yang, M. N. Alhamad, K. Ereifej and M. Al-u'datt. 2011. Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity and anthocyanins of different fruits. **J. Sci. Food Agric.** 91:1096-1102.
- Reynolds, T. J., C. Dethlof and S. J. Westberg. 2001. Advancements in laddering, pp. 91-118 *In* J. C. Olson and T. J. Reynolds., eds. **Understanding consumer decision making: The means-end approach to marketing and advertising strategy.** Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.
- _____ and J. Guttman. 1988. Laddering theory, method, analysis, and interpretation. **J. Advert. Res.** 28: 11-31.
- Roininen, K., A. Arvola and L. Lahteenmaki. 2006. Exploring consumers perceptions of local food with two different qualitative techniques: Laddering and word association. **Food Qual. Pref.** 7: 20-30.
- Ross, I. A. 2003. *Hibiscus sabdariffa*. pp. 267-275. *In* **Medicinal Plants of the World.** Human Press, New Jersey.

- Russell, C. G., A. Busson, I. Flight, J. Bryan, J. A. van Pabst and D. N. Cox. 2004. A comparison of three laddering techniques applied to an example of a complex food choice. **Food Qual. Prefer.** 15: 569–583.
- Sacilik, K. and A.K. Elicin. 2006. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. **J. Food Eng.** 73: 281-289.
- Santosa, M. and J.X. Guinard. 2011. Means-end chains analysis of extra virgin olive oil purchase and consumption behavior. **Food Qual. Pref.** 22(3): 304-316.
- Schieber, A., P. Hilt, P. Streker, H-U. Endreß, C. Rentschler and R. Carle. 2003. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. **Innov. Food Sci. Emerg.** 4: 99-107.
- Schadle, E.R., E.E. Burns and L.J. Talley. 1983. Forced air drying of partially freeze-dried compressed carrot bars. **J. Food Sci.** 48: 193–196.
- Simal, S., A. Femenia, M.C. Garau and C. Rossell. 2005. Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. **J. Food Eng.** 66: 323–328.
- Shi, J. 2007. **Functional Food Ingredients and Nutraceuticals: Processing Technologies.** CRC Press, New York.
- Skrede, G. and R.E. Wrolstad. 2002. Flavonoids from Berries and Grapes. In **Functional Food: Biochemical and Processing Aspects.** Vol.II. (Shi, J., Mazza, G. and M. L., Ed.). CRC Press, New York.
- Soysal, Y., S. Öztekin and Ö. Eren. 2006. Microwave Drying of Parsley: Modelling, Kinetics, and Energy Aspects. **Biosyst. Eng.** 93(4): 403–413.

- Thakur, B. R. and S.S. Arya. 1989. Studies on stability of blue grape anthocyanins. **Int. J. Food Sci. Technol.** 24(3): 321-326.
- Touati, N., M. P. Tarazona-Díaz, E. Aguayo and H. Louaileche. 2014. Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. **Food Chem.** 145: 23-27.
- Tsai P.J., L. Delva, T.Y. Yu, Y.T. Huang and L. Dufosse. 2005. Effect of sucrose on the anthocyanin and antioxidant capacity of mulberry extract during high temperature heating. **Food Res. Int.** 38: 1059–1065.
- _____, J. McIntosh, P. Pearce, B. Camden and B.R. Jordan. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) extract. **Food Res. Int.** 35: 351–356.
- Von Elbe, J.H. and S.J. Schwartz. 1996. **Colorrant. In Food Chemistry**, 3rd ed. (Fennema, O.R. ed). Marcel Dekker Inc, New York.
- Wang, C. J., J. M. Wang, W. L. Lin and T. H. Tseng. 2000. Protective effect of *Hibiscus* anthocyanins against tert-butyl hydroperoxide-induced hepatic toxicity in rats. **Food Chem. Toxicol.** 38: 411– 416.
- Wicklund, T., H.J. Rosenfeld, B.K. Martinsen, M.W. Sundfor, P. Lea, T Bruum,, R. Blomhoff and K. Haffner. 2005. Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. **J. Lebensm.Wiss.Technol.** 38: 387-391.
- Wojdylo, A., A. Figiel and J. Oszmianski. 2009. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. **J. Agric. Food Chem.** 57:1337–1343.

- Wong, P.-K., S. Yuso, H.M. Ghazali and Y.B. Che Man. 2002. Physio-Chemical Characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). **Nutrition & Food Science**. 32: 68-73.
- Wrolstad, R.E., G. Skrede, P. Lea and G. Enersen. 1990. Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. **J. Food Sci.** 55: 1064–1065.
- Yang, C.S., and W.A. Atallah. 1985. Effect of four drying methods on the quality of intermediate moisture lowbush blueberries. **J. Food Sci.** 50: 1233-1237.
- Yilmaz, Y and R .Toledo. 2005. Antioxidant activity of water-soluble maillard reaction product. **Food Chem.** 93: 273–278.
- Yongsawatidigul, J. and S. Gunasekaran. 1996. Microwave vacuum drying of cranberries: Part I: Energy use and efficiency. **J. Food Proc. Preserv.** 20: 121–143
- Xu, G., X.Ye, J. Chen and D.Liu. 2007. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. **J. Agri. Food Chem.** 55: 330–335.
- Zanoli, R. and S. Naspetti. 2002. Consumer motivations in the purchase of organic food: A means-end approach. **Brit. Food J.** 104(8): 643–653.



ภาคผนวก

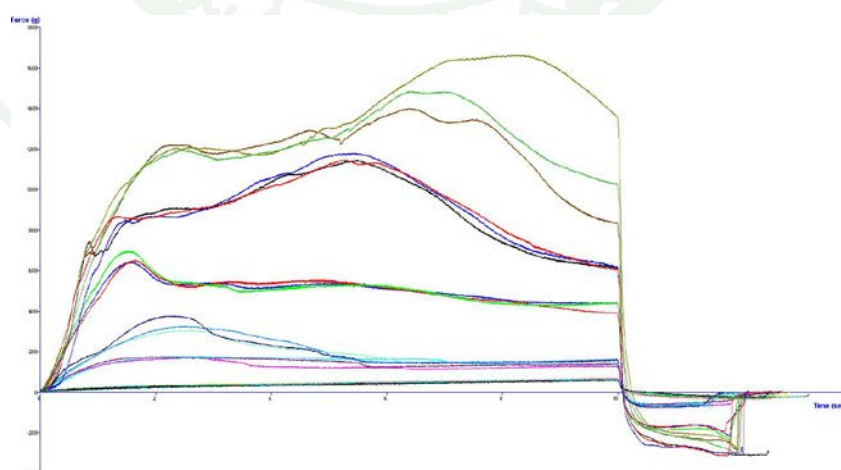


1. การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE L*a*b*

ทำการเปรียบเทียบมาตรฐานของเครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer (Minolta CM-3500d, บริษัท Konica Minolta Optics, Inc., ประเทศญี่ปุ่น) โดยวัดค่าแสงสะท้อน (reflectance) โดยนำตัวอย่างบรรจุลงใน petri dish สำหรับวัดค่าสี โดยตัวอย่างต้องเติมกันภาชนะ ค่าสีตามระบบ CIE L*a*b* CIE (1986) ใช้แหล่งกำเนิดแสง D 65 ค่าที่วัด ได้แก่ ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0 – 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ, 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว), a* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีออกแดง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีออกสีเขียว) และ b* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีออกสีน้ำเงิน) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำวัด 3 ครั้ง

2. การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส ได้แก่ Gel strength (g) Rupture strength (g) Brittleness (mm) และ Adhesiveness (gs) โดยทำการเตรียมตัวอย่างแฮมใส่ลงในขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร สูง 4 เซนติเมตร โดยให้ผิวหน้าของตัวอย่างเรียบสม่ำเสมอ จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA.XT. plus โดยใช้หัววัดขนาด 3.6 cylindrical probe กดลงบนตัวอย่าง (test speed 2.0 mm/s, dept 20 mm, trigger force 10 g) (Anonymous, 2000)



ภาพผนวกที่ ก1 กราฟของแรงและเวลาจากการทดสอบด้านเนื้อสัมผัสโดยการกดลงบนตัวอย่างแฮม

จากภาพภาคผนวกที่ 1 แสดงกราฟของแรงและเวลาจากการทดสอบด้านเนื้อสัมผัสโดยการกดลงบนตัวอย่างแยม ซึ่งแรงจะลดลงเมื่อถึงจุดที่เจลแตก (Anon, 2002) ผลที่ได้จากแรงที่ทำให้การกดลงไปให้ได้ความลึกตามที่ต้องการ ค่า Rupture strength คือ แรงมากที่สุดที่กดแล้วทำให้เจลแตก ค่า Brittleness คือ ระยะที่ Probe กดลงไปก่อนที่จะแตก โดยถ้าระยะทางน้อยแสดงว่าเจลมีความเปราะมาก ค่า Adhesiveness คือแรงทั้งหมดที่เกิดขึ้นเมื่อดึง Probe ออกจากตัวอย่าง และค่า Gel strength คือ แรงกดที่ความลึกที่กำหนดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเล็กน้อย เช่น เป็นขยุบลงไป 3 มม (Anon, 2002) โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ในการทดสอบจะได้เป็น rupture strength คือ ความเค้น Brittleness คือ ความเครียด และ Gel strength คือ Young's elasticity modulus.

3. อัตราการคั้นตัว

โดยนำกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง 5 กรัมมาคั้นตัวในน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที โดย อัตราการคั้นตัวคำนวณ

$$\text{อัตราการคั้นตัว} = \frac{\text{น้ำหนักฟักทองอบแห้งคั้นตัว}}{\text{น้ำหนักแห้งของฟักทองอบแห้ง}}$$



1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมที่ผ่านการอบ (105 องศาเซลเซียส 60 นาที) ทำให้เย็นในเดสิเคเตอร์ (desiccator) และชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 ชั่วโมง รอให้ถ้วยอลูมิเนียมเย็นในเดสิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักที่ได้ จากนั้นทำการอบซ้ำอีกครั้งละ 30 นาที และชั่งน้ำหนักซ้ำเช่นเดิม จนน้ำหนักคงที่

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(W_i - W_f) \times 100}{W_i}$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_f คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2. การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง

เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 และค่าความเป็นกรด-ด่าง 7 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ผสมเข้ากัน นำตัวอย่างที่เตรียมได้มาวัดด้วยเครื่อง pH meter และอ่านค่าจากเครื่อง

3. การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธี pH different

3.1 สกัดสารแอนโทไซยานิน (ดัดแปลงจาก บุศรารัตน์, 2545)

3.1.1 เตรียมสารละลาย โดยนำเอทานอลผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:1 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 2.5

3.1.2 ชั่งตัวอย่างกระเจี๊ยบแห้งผง 0.2 กรัม ผสมกับสารละลาย 40 มิลลิลิตร กระเจี๊ยบแดงสด 5-10 กรัม ในสารละลาย 40 มิลลิลิตร หรือ ตัวอย่างแยม 5 กรัม ผสมกับสารละลาย 50 มิลลิลิตร นำมาเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 ชั่วโมง

3.1.3 นำสารสกัดที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 โดยอาศัยการ Suction เพื่อความรวดเร็วในการกรอง

3.1.4 นำสารสกัดที่ผ่านการกรองแล้ว มาหาความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด เพื่อนำค่าความยาวคลื่นนั้นไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดโดยวิธี pH different

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธี pH different

3.2.1 เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

1) โฟแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ที่มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 1 ซึ่ง โฟแทสเซียมคลอไรด์ 1.86 กรัม, เติมน้ำ 980 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วย กรดไฮโดรคลอริก ประมาณ 6.8 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายให้เท่ากับ 1000 มิลลิลิตร

2) โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 ซึ่งโซเดียมอะซิเตต 54.43 กรัม, เติมน้ำกลั่น 960 มิลลิลิตร ปรับด้วย กรดไฮโดรคลอริก ประมาณ 20 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายให้เท่ากับ 1000 มิลลิลิตร

3.2.2 นำสารสกัดมาเจือจางด้วยบัฟเฟอร์ทั้งสองชนิดแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแรงที่ความยาวคลื่นแสง 520 และ 700 นาโนเมตร ให้ได้ค่าอยู่ในช่วง 0.3-0.8

3.2.3 คำนวณปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดจากสูตร

$$\text{Monomeric anthocyanin (mg/liter)} = (A \times MW \times DF \times 10^3) / (\epsilon \times l)$$

โดยที่ $A = (A_{\lambda_{\text{vis max}}} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{\lambda_{\text{vis max}}} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}$

= (ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นสูงสุดของตัวอย่างที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์ pH 1.0 – ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นที่ 700 นาโนเมตรของตัวอย่างที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์ pH 1.0) – (ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นสูงสุดของตัวอย่างที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.5 – ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นที่ 700 นาโนเมตร ของตัวอย่างที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.5)

MW = มวลโมเลกุล

DF = Dilution factor (ถ้าใช้ตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ จนมีปริมาตร เป็น 3 มิลลิลิตร ใช้ค่า DF เท่ากับ 15)

4. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด Folin-Ciocalteu method (Brune *et al.*, 1991)

4.1 การสกัดสารประกอบฟีนอลิก

4.1.1 สารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 4.4

1) Solution A : 11.6 มิลลิลิตร ของกรดอะซิติกเข้มข้นเจือจางกับน้ำกลั่นปรับให้ได้ 1000 มิลลิลิตร

2) Solution B : 16.4 กรัม โซเดียมอะซิเตต แอนไฮไดรต เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1000 มิลลิลิตร

สารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ เตรียมได้โดยนำ Solution A 305 มิลลิลิตรผสมกับ Solution B 195 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนมีปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ ----- แล้วปรับ pH เป็น 4.4 ด้วย 0.5 M NaOH

4.1.2 การสกัดสารประกอบฟีนอลิก นำสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ผสมกับ dimethylformamide (DMF) อัตราส่วน 500 มิลลิลิตร : 500 มิลลิลิตร

4.1.3 สารละลายมาตรฐาน Gallic acid เตรียมสารละลาย Gallic acid ที่ความเข้มข้น 20, 40 60, 80 และ 100 μg

5. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC) assay ของ Huang (2002)

Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) assay ของ Benzie and Strain (1996)

5.1 สารเคมี

5.1.1 สารสกัดและเจือจาง

- Acetone
- Glacial acetic acid
- Hexane

5.1.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC) assay

- KH_2HPO_4
- K_2HHPO_4
- Fluorescein
- 2, 2'-azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride (AAPH, Wako, 017-11062)

- 6-Hydroxy-2, 5, 7, 8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox, Aldrich, 238813)

5.1.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) assay

- $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- Glacial acetic acid
- HCl
- $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazine (TPTZ, Fluka, 93285)
- 6-Hydroxy-2, 5, 7, 8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox, Aldrich, 238813)

5.2 วิธีการเตรียมสารเคมี

5.2.1 สารสำหรับสกัดและเจือจาง

5.2.1.1 70% acetone

- นำ acetone 700 มิลลิลิตร
- น้ำ DI 295 มิลลิลิตร
- glacial acetic acid 5 มิลลิลิตร
- ผสมให้เข้ากัน

5.2.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ Oxygen Radical Absorption Capacity (ORAC) assay

5.2.2.1 ORAC buffer stock solution

- ชั่ง KH_2HPO_4 102.07 กรัม ละลายในน้ำ DI 1000 มิลลิลิตร สำหรับ stock ของ 0.75 M KH_2HPO_4 เก็บที่อุณหภูมิ 4°C
- ชั่ง K_2HHPO_4 130.64 กรัม ละลายในน้ำ DI 1000 มิลลิลิตร สำหรับ stock ของ 0.75 M K_2HHPO_4 เก็บที่อุณหภูมิ 4°C
- ผสม 0.75M KH_2HPO_4 ปริมาตร 603 มิลลิลิตรกับ 0.75 M K_2HHPO_4 ปริมาตร 351 มิลลิลิตร สำหรับใช้เป็น ORAC buffer stock solution
- เก็บไว้ที่ 4°C

5.2.2.2 ORAC buffer working solution

- นำ 100 มิลลิลิตรของ ORAC buffer stock solution
- เจือจางกับน้ำ DI ประมาณ 900 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้ได้ 7.2 ด้วย NaOH
- ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำ DI
- เก็บที่อุณหภูมิ 4°C

5.2.2.3 AAPH เข้มข้น 153 mM (เตรียมใหม่ทุกครั้งและใช้ภายใน 8 ชั่วโมง)

- ชั่ง AAPH 0.414 กรัม ละลายใน 10 มิลลิลิตรของ ORAC working buffer
- ต้องเก็บไว้ในน้ำแข็งตลอดการทดลอง

5.2.2.4 สารละลายเข้มข้น Fluorescein (8.37×10^{-4} mM)

- ชั่ง fluorescein 0.045 กรัม
- ละลายใน 100 มิลลิลิตรของ ORAC working buffer
- เก็บในที่มืดอุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส, สารมีความเสถียร 1 ปี

5.2.2.5 Fluorescein stock solution (4.19 μ M)

- ปิเปต 100 μ l ของสารละลายเข้มข้น Fluorescein
- ปรับปริมาตรให้เป็น 20 มิลลิลิตรด้วย ORAC working buffer
- หุ้มด้วยฟอยล์ เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส, สามารถเก็บได้ถึง 1 เดือน

5.2.2.6 Fluorescein working solution (8.16×10^{-2} μ M, เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

- ปิเปต 1.95 มิลลิลิตรของ Fluorescein stock solution
- เจือจางด้วย ORAC working buffer
- เก็บในขวดแก้วและหุ้มด้วยฟอยล์

5.2.2.7 1000 μ M ของ Trolox stock solution

- ชั่ง Trolox 0.025 กรัม
- ละลายใน 100 มิลลิลิตร ของ ORAC working buffer
- เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส, สามารถใช้ได้นาน 1 เดือน

5.2.2.8 100 μ M ของ Trolox working solution (for serial dilution)

- ปิเปต 1 มิลลิลิตรของ 1000 μ M Trolox stock solution
- เติม 9 มิลลิลิตร ORAC working buffer เพื่อใช้เป็น Trolox working solution

- ทำ serial dilution ที่ความเข้มข้น 50, 25, 12.5, 6.25 μM Trolox เพื่อเป็นสารมาตรฐาน

5.2.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) assay

5.2.3.1 300 mM ของ acetate buffer, pH 3.6, 1 L

- ชั่ง $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 3.1 กรัม
- เติม glacial acetic acid 16 มิลลิลิตร
- ละลายสารเคมีในน้ำ DI 900 มิลลิลิตร
- ปรับ pH ให้เป็น 3.6 ด้วย acetic acid หรือ NaOH
- ปรับปริมาณเป็น 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำ DI
- เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

5.2.3.2 40 mM ของ HCl, 100 ml

- ปิเปต concentrated HCl 0.33 มิลลิลิตร
- ปรับปริมาณเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำ DI
- เก็บที่อุณหภูมิห้อง

5.2.3.4 10 mM ของ TPTZ (2,4,6-Tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazine), 100 มิลลิลิตร

- ละลาย TPTZ 0.31 กรัม ใน 40 mM of HCl 100 มิลลิลิตร ใน water bath อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
- เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส, สามารถเก็บได้ 1 สัปดาห์

5.2.3.5 20mM ferric chloride, 100 มิลลิลิตร

- ชั่ง $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.5406 กรัม
- ละลายในน้ำ DI ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส, สามารถเก็บได้ 1 สัปดาห์

5.2.3.6 FRAP reagent (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

- ผสม 300 mM ของ acetate buffer, 10 mM ของ TPTZ และ 20 mM ของ ferric chloride ในอัตราส่วน 10:1:1 (v/v/v)
- เก็บในขวดสีชา

5.2.3.7 10 μM ของ Trolox working solution (for serial dilution)

- ปิเปต 1 ml ของ 1000 μM Trolox stock solution
- เจือจางด้วยน้ำ DI 9 มิลลิลิตรเพื่อใช้เป็น Trolox working solution

- ทำ serial dilution ที่ความเข้มข้น 50, 25, 12.5, 6.25 μM Trolox ใช้เป็นสารมาตรฐาน

5. การวิเคราะห์ค่าออกเตอร์แอคทีวิตี (aw)

นำตัวอย่างบรรจุในตลับพลาสติก (สีขาว) สำหรับวิเคราะห์ค่าออกเตอร์แอคทีวิตี (Novasina TH 200, บริษัท Novasina Co., Ltd., ประเทศสวีเดน) โดยบรรจุตัวอย่างปริมาณ 1 ใน 3 ของตลับ จากนั้นนำตลับใส่ใน chamber ของเครื่อง และอ่านค่าคงที่ที่ปรากฏบนหน้าจอเครื่องที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ



การแบ่งกลุ่มผู้ทดสอบและทดสอบ Laddering

แบ่งกลุ่มผู้ทดสอบ (cluster) ด้วยข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติในเรื่องสุขภาพและโภชนาการตามแบบสอบถาม

ชุดที่.....

แบบสอบถาม

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การสำรวจทัศนคติในเรื่องสุขภาพและโภชนาการ

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลในเรื่องทัศนคติในการดูแลสุขภาพของผู้ทดสอบเพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของ นางสาวนงลักษณ์ งามพิระพงศ์ นิติปริญญาโท สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านกรุณาตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีมา ณ โอกาสนี้ด้วย

แบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติในเรื่องสุขภาพและโภชนาการ

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือ

ผู้วิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

โปรดทำเครื่องหมาย / ลงใน () ที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ..... ปี

3. การศึกษา

() มัธยมศึกษา / ปวช.

() อนุปริญญา

()ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

() ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ

() บริษัทเอกชน

() ธุรกิจส่วนตัว

() นิสิต / นักศึกษา

() อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

() ต่ำกว่า 5,000 บาท

() 5,001 – 10,000 บาท

() 10,001 – 15,000 บาท

() 15,001 – 20,000 บาท

() 20,001 – 25,000 บาท

() สูงกว่า 25,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติในเรื่องสุขภาพและโภชนาการ

ให้ผู้ทดสอบอ่านคำถามแล้วให้คะแนนระดับความสำคัญที่ตรงกับความเป็นจริงในตัวตน โดย 1 คือ ให้ความสำคัญน้อยที่สุด และ 7 คือ ให้ความสำคัญมากที่สุด

พฤติกรรม							
	1	2	3	4	5	6	7
1. อาหารเป็นสิ่งสำคัญสำหรับสุขภาพของฉัน							
2. การบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารบางอย่างอาจช่วยให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของฉัน							
3. การบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารบางอย่างอาจช่วยป้องกันไม่ให้เกิดโรคบางชนิด							
4. ฉันสามารถทำทุกอย่างที่จะทำให้ตัวเองมีสุขภาพดี							
5. ฉันสนใจในการใช้มาตรการเพื่อป้องกันการเกิดโรคบางอย่าง							
6. ฉันสนใจในการลดน้ำหนัก							
7. ฉันออกกำลังกายเป็นประจำเพื่อสุขภาพที่ดี							
8. ฉันให้ความสนใจในการตรวจสุขภาพเป็นประจำ							
9. ปริมาณน้ำตาลสูงอาจเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคบางอย่าง							
10. สารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดความเสี่ยงของการเกิดโรคบางชนิดได้							
11. สุขภาพที่แข็งแรงและคุณค่าทางโภชนาการสูงส่งผลกระทบต่อทางเลือกอาหารของฉัน							
12. ฉันสนใจในการบริโภคผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพของฉันแม้ว่าฉันจะไม่ชอบผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมากเท่ากับผลิตภัณฑ์ทั่วไป							
13. ฉันสนใจผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานต่ำ							
14. ฉันสนใจในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลน้อย							

การสัมภาษณ์โดยใช้วิธี Laddering

การเตรียมสิ่งกระตุ้น

สิ่งกระตุ้นคือแยม 3 ชนิด โดยมีแยมสูตรปกติ แยมลดน้ำตาลโดยใช้สารทดแทนความหวานบางส่วน และ แยมที่เพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งข้อมูลจะแสดงโดยใช้รูปภาพแยมกระเจียน



ภาพผนวกที่ ๑ ตัวอย่างรูปผลิตภัณฑ์แยมที่ใช้ในการสัมภาษณ์

การเตรียมผู้ทดสอบ

ทำการสุ่มผู้ทดสอบซึ่งเป็นผู้บริโภคแยมทั้งหมดจำนวน 100 คนโดยจะสอบถามผู้บริโภคก่อนว่าเป็นคนที่รับประทานแยมและสามารถให้ข้อมูลได้ แล้วจึงนัดวันเวลาสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์โดยใช้วิธี Laddering

เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อให้เกิดความเข้าใจในคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อความคิดของผู้บริโภค โดยมีการจดบันทึกและบันทึกเสียงระหว่างสัมภาษณ์ การสัมภาษณ์เริ่มจากการเกริ่นนำ

เกี่ยวกับหัวข้อและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยก่อน แล้วจึงเริ่มถามคำถาม “ถ้าคุณจะเลือกซื้อหนึ่งในผลิตภัณฑ์แยมเหล่านี้ คุณจะซื้อผลิตภัณฑ์ตัวใด” จากนั้นถามผู้บริโภครถึงเหตุผลที่เลือกผลิตภัณฑ์ตัวนั้น โดยใช้ชุดคำถามว่า “ทำไม อย่างไร” แล้วนำคำตอบที่ได้มาเป็นคำถามต่อไป จากนั้นผู้สัมภาษณ์จะถามจากคำตอบของผู้ทดสอบเองเป็นลำดับขั้นต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนกว่าผู้ทดสอบจะไม่สามารถตอบคำถามได้อีกจึงถือเป็นคำตอบสิ้นสุด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและสร้างแผนภาพลำดับขั้นต่อไป

ถ้าคุณจะเลือกซื้อหนึ่งในผลิตภัณฑ์แยมเหล่านี้ คุณจะซื้อผลิตภัณฑ์ตัวใด

↓
ทำไมจึงเลือกผลิตภัณฑ์ตัวนี้

↓
ทำไมจึงมีความสำคัญต่อคุณ

↓
และมีความสำคัญต่อคุณอย่างไรอีก

ภาพผนวกที่ ค2 ตัวอย่างคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์โดยใช้เทคนิค Laddering

จากนั้นนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์มาจัดเป็นข้อมูลที่เป็นคุณลักษณะ (Attribute) ผลที่ได้ (Consequence) และคุณค่า (value)

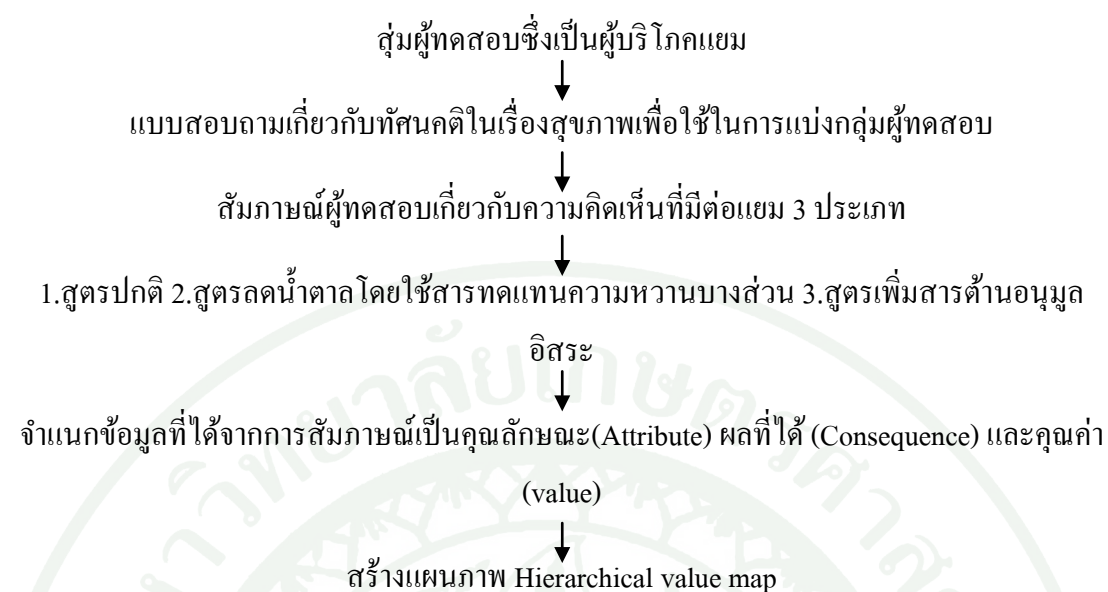
คุณลักษณะที่เป็นรูปธรรม (Attribute)

คุณลักษณะที่เป็นนามธรรม (Attribute)

ผลที่ได้ (Consequence)

คุณค่า (value)

เมื่อทำการสัมภาษณ์ได้ครบตามจำนวน แล้วนำข้อมูลที่ได้มารวบรวมและวิเคราะห์โดยเก็บเป็นความถี่ ข้อมูลมีผู้กล่าวถึงกี่คนจากทั้งหมดที่ได้ทำการสัมภาษณ์ แล้วทำการตัดข้อมูลด้วยค่า cut off ซึ่งคือค่าที่กำหนดไว้หากมีข้อมูลที่ผู้บริโภครกล่าวถึงน้อยกว่าค่านี้ข้อมูลดังกล่าวจะถูกตัดออกเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นกลาง และเป็นตัวแทนข้อมูลที่ดี (MacFie, 2007)



ภาพผนวกที่ ค3 ขั้นตอนการทดสอบโดยใช้เทคนิค Laddering

ตัวอย่างการสัมภาษณ์

ผู้สัมภาษณ์ : ถ้าคุณจะเลือกซื้อหนึ่งในผลิตภัณฑ์แฮมเหล่านี้ คุณจะซื้อผลิตภัณฑ์ตัวใด

นำสิ่งกระตุ้นให้ผู้ทดสอบเลือก สิ่งกระตุ้นคือ รูปที่ใช้แทนแฮมสามชนิด 1.สูตรปกติ

2.สูตรลดน้ำตาลโดยใช้สารทดแทนความหวานบางส่วน 3.สูตรเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ

ผู้ทดสอบ : สูตรลดน้ำตาล

ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมจึงเลือกสูตรลดน้ำตาล

ผู้ทดสอบ : เพราะจะได้ไม่อ้วน

ผู้สัมภาษณ์ : ไม่อ้วนสำคัญต่อคุณอย่างไร

ผู้ทดสอบ : ไม่อ้วน จะได้ไม่เป็นโรคต่างๆ ร่างกายแข็งแรง

ตัวอย่างการจัดข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์

คุณลักษณะที่เป็นรูปธรรม (Attribute)	ลดน้ำตาล
คุณลักษณะที่เป็นนามธรรม (Attribute)	
ผลที่ได้ (Consequence)	ไม่อ้วน
คุณค่า (value)	ไม่เป็นโรคต่างๆ ร่างกายแข็งแรง



แบบสอบถาม

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แยมกระเจียบ

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์แยมกระเจียบแดง และใช้เป็นข้อมูลประกอบการทำ วิชานิพนธ์ของ นางสาวนงลักษณ์ งามพิระพงศ์ นิสิตปริญญาโท สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านกรุณาตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือ

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงสำหรับตัวท่านมากที่สุด
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ

() ต่ำกว่า 20 ปี

() 20 – 30 ปี

() 31 – 40 ปี

() 41 – 50 ปี

() ตั้งแต่ 51 ปีขึ้นไป

3. การศึกษา

() มัธยมปลาย / ปวช.

() อนุปริญญา

()ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

() ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ

() บริษัทเอกชน

() ธุรกิจส่วนตัว

() นิสิต / นักศึกษา

() อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

- () ต่ำกว่า 10,000 บาท () 10,001 – 15,000 บาท
- () 15,001 – 20,000 บาท () 20,001 – 25,000 บาท
- () สูงกว่า 25,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อแฮมกระเจียบแดง

6. คำชี้แจง กรุณาทดสอบตัวอย่างพร้อมขนมปังแล้วให้คะแนนความชอบใส่เครื่องหมาย ✓ หน้า

คำตอบตามความรู้สึกรู้สึกของท่าน

คุณลักษณะ	ไม่ ชอบ มากที่สุด	ไม่ ชอบ มาก	ไม่ ชอบ ปาน กลาง	ไม่ ชอบ เล็กน้อย	บอก ไม่ได้ ว่าชอบ หรือไม่ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปาน กลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
ลักษณะปรากฏ									
ความยาก-ง่ายใน การทา									
การเกาะติดบน ขนมปัง									
รสชาติ									
ความชอบรวม									

7. ท่านยอมรับแฮมกระเจียบ นี้หรือไม่

- () ยอมรับ () ไม่ยอมรับ

8. แยม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อผลไม้ผสมกับน้ำตาลทำให้มีรสหวาน และมีความข้นเหนียว เหมาะด้วยเพคติน และกรด เนื่องจากผลิตภัณฑ์แยมมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลักดังนั้นจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานสูง หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นแยมกระเจียบลดน้ำตาล โดยใช้สารทดแทนความหวานเพื่อให้มีรสชาติใกล้เคียงกับแยมสูตรปกติ แต่ให้พลังงานต่ำ นอกจากนี้ยังได้แอนโทไซยานินสูงจากกระเจียบ ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ที่มีการศึกษาแล้วว่าช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง และมะเร็ง

ท่านยอมรับแยมกระเจียบลดน้ำตาล ที่มีสารแอนโทไซยานินสูง นี้หรือไม่

() ยอมรับ

() ไม่ยอมรับ



มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน สมุนไพรแห้ง

๑. ขอบข่าย

- ๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะสมุนไพรที่อยู่ในลักษณะเป็นชิ้นแห้ง บรรจุในภาชนะบรรจุ ไม่ครอบคลุมถึงสมุนไพรแห้งประเภทอื่นที่ได้ประกาศเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแล้ว

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

- ๒.๑ สมุนไพรแห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำพืชสมุนไพรที่สามารถรับประทานได้ชนิดเดียวหรือหลายชนิดมาล้างให้สะอาด อาจหั่นหรือสับให้เป็นชิ้น ผึ่งแดดหรืออบให้แห้ง บรรจุในภาชนะบรรจุ

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

- ๓.๑ ลักษณะทั่วไป
ต้องแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน ไม่มีราปรากฏให้เห็น
- ๓.๒ สี
ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของสมุนไพรแห้ง
- ๓.๓ กลิ่น
ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของสมุนไพรแห้ง ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๔.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคน ไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง
- ๓.๔ สิ่งแปลกปลอม
ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์
- ๓.๕ ความชื้น
ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๒ โดยน้ำหนัก

มผช.๔๘๐/๒๕๕๗

๓.๗ จุลินทรีย์

- ๓.๗.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 5×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
- ๓.๗.๒ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๔. สุขลักษณะ

- ๔.๑ สุขลักษณะในการทำสมุนไพรแห้ง ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

๕. การบรรจุ

- ๕.๑ ให้บรรจุสมุนไพรแห้งในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้ง ผนึกได้เรียบร้อย และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้
- ๕.๒ น้ำหนักสุทธิของสมุนไพรแห้งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๖. เครื่องหมายและฉลาก

- ๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุสมุนไพรแห้งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
 - (๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ตะไคร้แห้ง
 - (๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ
 - (๓) น้ำหนักสุทธิ
 - (๔) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”
 - (๕) ข้อแนะนำในการเก็บรักษาและการบริโภค
 - (๖) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- ๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง สมุนไพรแห้งที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน
- ๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้
- ๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๔ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าสมุนไพรแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่น ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๓ จึงจะถือว่าสมุนไพรแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความชื้น ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๒ หน่วยภาชนะบรรจุ โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๕ จึงจะถือว่าสมุนไพรแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๗.๒.๔ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๒ หน่วยภาชนะบรรจุ โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๗ จึงจะถือว่าสมุนไพรแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน
- ตัวอย่างสมุนไพรแห้งต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ ข้อ ๗.๒.๓ และข้อ ๗.๒.๔ ทุกข้อ จึงจะถือว่าสมุนไพรแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

- ๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่น
- ๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบสมุนไพรแห้งอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ
- ๘.๑.๒ เทตัวอย่างสมุนไพรแห้งลงในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจ
- ๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

มผช.๔๘๐/๒๕๔๗

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน
(ข้อ ๘.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน ไม่มีราปรากฏให้เห็น	๔	๓	๒	๑
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของสมุนไพรแห้ง	๔	๓	๒	๑
กลิ่น	ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของสมุนไพรแห้ง ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นหืน กลิ่นอับ	๔	๓	๒	๑

๘.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
ให้ตรวจพินิจ

๘.๓ การทดสอบความชื้น
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๔ การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๕ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาคผนวก ก.

สัญลักษณ์

(ข้อ ๔.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้เกิดมลพิษที่ทำการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังและและสกปรก

ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.๑.๒ อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำงานในบริเวณที่ทำ

ก.๑.๒.๓ พื้นปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุที่มีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าไปในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสัญลักษณ์ของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไ้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวนงลักษณ์ งามพิระพงศ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	10 มกราคม 2529
สถานที่เกิด	อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผลงานทางวิชาการ	นงลักษณ์ งามพิระพงศ์ พิสิฐฐ์ ธรรมวิถิ และ วิษฐิตา จันทราพรชัย 2555. การศึกษาทัศนคติ ของผู้บริโภคโดยใช่เทคนิคการสัมภาษณ์ ด้วยคำถามแบบลำดับขั้น. รายงานการประชุม ทางวิชาการ ครั้งที่ 50 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรม เกษตร