# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

## การผลิตและวิเคราะห์คุณภาพชาสาหร่ายพวงองุ่น
## Production and analysis of Green Caviar tea


ผศ.ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล หัวหน้าโครงการวิจัย
ผศ.ดร.พิชญอร ไหมสุทธิสกุล ผู้ร่วมวิจัย



โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
(เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562
มหาวิทยาลัยบูรพา

**รหัสโครงการ 58883**
**สัญญาเลขที่ 11.2/2562**

# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

## การผลิตและวิเคราะห์คุณภาพชาสาหร่ายพวงองุ่น
## Production and analysis of Green Caviar tea

**ผศ.ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1]** **หัวหน้าโครงการวิจัย**
**ผศ.ดร.พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[2]** **ผู้ร่วมวิจัย**

**[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา**

**[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย**

**กันยายน 2562**

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 11.2/2562 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

## Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 11.2/2562)

# บทคัดย่อ


งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่น 2) เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องดื่มชาสมุนไพรสำเร็จรูปผสมสาหร่ายพวงองุ่น และ 3) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้ที่ได้จากการวิจัย

สาหร่ายพวงองุ่นตกเกรดจากจังหวัดเพชรบุรี มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 50.86 เยื่อใยร้อยละ 24.50±0.06 และโปรตีนร้อยละ 12.19±0.10 ปริมาณเกลือแร่ในสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณเหล็กสูงถึง 41.3121±0.0401 mg/100 g (DW) ปริมาณไอโอดีนที่ 14.4000±0.4905 mg/100 g (DW) สังกะสีมีค่า 10.6102±0.0200 mg/100 g (DW) และทองแดงมีค่า 0.9010±0.0803 mg/100 g (DW) เมื่อพิจารณาสมบัติต้านออกซิเดชันในรูป DPPH method พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นสดจากจังหวัดเพชรบุรีมีค่า DPPH activity ที่ความเข้มข้น 100 µg/100 mL มีค่า % inhibition เท่ากับ 65.19± 0.11

อัตราการอบแห้งสาหร่ายพวงองุ่นที่เหมาะสมคืออบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง สาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 55.93 รองลงมาคือเยื่อใยร้อยละ 20.89 ±0.02 และโปรตีนร้อยละ 11.61 □ ±0.02 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กับสาหร่ายพวงองุ่นสด ปริมาณเกลือแร่ในสาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีปริมาณเหล็กสูง 41.3121±0.0401 mg/100 g (DW) ไอโอดีนมีค่า 1.4400±0.0143 mg/100 g (DW) สังกะสี มีค่า 10.9080±0.0214 mg/100 g (DW) และทองแดงมีค่า 0.9050±0.0035 mg/100 g (DW) สาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีค่า water activity เท่ากับ 0.1983±0.0020 ตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นอบแห้งนี้มีการปนเปื้อนโลหะหนักน้อยกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) สาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีค่า DPPH activity ที่ความเข้มข้น 100 µg/100 mL มีค่า % inhibition เท่ากับ 62.17± 0.19

สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเป็นเครื่องดื่มผงชาสมุนไพรสำเร็จรูปผสมสาหร่ายพวงองุ่นคือ สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย : กลิ่นมะลิ ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 : 3 ผสมกับมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 20 แล้วนำปอบด้วยTray dry ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสประมาณ 1.30 ชั่วโมงจนแห้ง บดด้วยเครื่อง Blender แล้วกรองด้วยตะแกรง mesh ขนาด 100 บรรจุผงชาที่ได้ในถุงฟอยด์ ปิดผนึก เวลารับประทานสามารถละลายผงชาสำเร็จรูป 1 กรัมต่อน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร จะได้น้ำชาที่มีรสชาติ และกลิ่นรส รวมทั้งสีที่เหมาะสมในการรับประทาน ค่าสีของเครื่องดื่มชาผงสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นอยู่ในโทนสีแดงเหลือง เนื่องจากมีค่า hue angle เป็น 1.40 ค่าปริมาณน้ำอิสระของผงชาที่ได้มีค่า 0.19 มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ดีกว่าชาอู่หลง มีความสามารถในการจับอิออนโลหะได้ดีกว่าชาอู่หลงแต่น้อยกว่าวิตามินซี แสดงถึงประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีของผงชาสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นสำเร็จรูป

# Abstract

The objectives of this research were 1) to study physico-chemical and oxidative properties including the total phenolic content of green Caviar 2) to study the physico-chemical and oxidative properties including the total phenolic content of instant herbal tea drinks mixed with green Caviar and 3) to transfer technology and knowledge obtained from this research

Low quality of green caviar from Phetchaburi Province was used to study in the experiment. The results showed that green caviar contained 50.86 percent of carbohydrates, 24.50 ±0.06 percent of fiber, and 12.19 ± 0.10 percent of protein. The amount of iron in fresh green caviar equaled 41.3121 ± 0.0401 mg / 100 g (DW), Iodine content equaled 14.4000 ± 0.4905 mg / 100 g (DW), zinc content equaled 10.6102 ± 0.0200 mg / 100 g (DW), and copper content equaled 0.9010 ± 0.0803 mg / 100 g (DW). The DPPH activity of fresh green caviar at concentrations of 100 µg / 100 mL exhibited % inhibition equaled 65.19 ± 0.11.

The optimum drying rate for dried green caviar was drying at 60 degrees Celsius for 3 hours. Dried green caviar contained 55.93 percent carbohydrates, followed by 20.89 ± 0.02 percent crude fiber and 11.61 ± 0.02 percent protein which were significant differences ($P$ <0.05) with fresh green caviar. The amount of minerals in dry green caviar had high iron content. 41.3121 ± 0.0401 mg / 100 g (DW), iodine equaled 1.4400 ± 0.0143 mg / 100 g (DW), zinc equaled 10.9080 ± 0.0214 mg / 100 g (DW) and copper equaled 0.9050 ± 0.0035 mg / 100 g (DW). Dried green caviar showed water activity equal to 0.1983 ± 0.0020. The dried samples of low quality green caviar contained less heavy metal contamination than the standard of the community product (Thai Agricultural Standard Program). The dried green caviar exhibited DPPH activity at a concentration of 100 µg / 100 mL with % inhibition equaled to 62.17 ± 0.19.

The optimum formula for producing a ready-to-drink herbal tea powder mixed with green caviar was green caviar: Mulberry leaves: Cinnamon: Jasmine odor in the ratio of 1: 2: 1: 3, mixed with maltodextrin 20 percent. After that, drying in tray dry and crushed with Blender machine and sieved by using 100 mesh sizing. The tea powder was packed in the sealed aluminium foil bag. The tea powder was used to dissolve 1 gram of instant tea powder per 100 ml of hot water when drinking. The color value of instant tea powder was red-yellow tones regarding to the hue angle equaled 1.40. The water activity of the tea powder equaled 0.19. The instant tea exhibited the ability to scavenger free radicals better than Oolong tea. Moreover, the ability to chelate metal ions was better than Oolong tea, but less than vitamin C. The results indicated that the instant tea is the good antioxidant herbal tea powder.

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| บทคัดย่อ | จ |
| สารบัญ | ช |
| สารบัญตาราง | ซ |
| สารบัญภาพ | ญ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| 2. ตรวจเอกสาร | 6 |
| 3. ระเบียบวิธีวิจัย | 31 |
| 4. ผลการทดลองและวิจารณ์ | 46 |
| 5. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 69 |
| เอกสารอ้างอิง | 71 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่น | 8 |
| 2.2 | ปริมาณกรดไขมันของสาหร่ายพวงองุ่นและสาหร่ายอื่นๆ | 10 |
| 2.3 | ปริมาณกรดอะมิโนของสาหร่ายพวงองุ่นเปรียบเทียบกับไข่และถั่วเหลือง | 12 |
| 2.4 | องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นจากอินโดนีเซียและไต้หวัน | 14 |
| 2.5 | ปริมาณเกลือแร่ของสาหร่ายพวงองุ่นเปรียบเทียบกับ Dietary Reference Intake | 15 |
| 2.6 | ปริมาณวิตามินของสาหร่ายพวงองุ่นเปรียบเทียบกับ Dietary Reference Intake | 18 |
| 2.7 | Antimicrobial activities ของสารสกัดสาหร่ายพวงองุ่นที่ทำแห้งด้วย oven (DC) และด้วยเครื่อง freeze dryer (FC) | 21 |
| 2.8 | Antioxidant activities ของสารสกัดสาหร่ายพวงองุ่นที่ทำแห้งด้วย oven (DC) และด้วยเครื่อง freeze dryer (FC) | 22 |
| 2.9 | Hemolytic activities ของสารสกัดสาหร่ายพวงองุ่นที่ทำแห้งด้วย oven (DC) และด้วยเครื่อง freeze dryer (FC) | 23 |
| 2.10 | รายชื่อพืชหรือส่วนต่างๆ ของพืชที่อนุญาตเป็นชาสมุนไพรตามประกาศฯ | 24 |
| 2.11 | รายการมาตรฐานของชาสมุนไพร | 25 |
| 2.12 | ลักษณะกลิ่นที่พบตามประเภทของชา | 29 |
| 3.1 | ส่วนผสมชาสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นอบแห้ง | 41 |
| 3.2 | อัตราส่วนของชาสมุนไพรจากชาใบหม่อน อบเชยแห้งและสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง | 42 |
| 3.3 | อัตราส่วนของชาสมุนไพรจากชาใบหม่อน อบเชยแห้งและสาหร่ายพวงองุ่นแห้งกลิ่นมะลิ | 42 |
| 4.1 | ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นสด | 46 |
| 4.2 | ผลการวิเคราะห์เกลือแร่และสมบัติต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นสด | 47 |
| 4.3 | ผลการวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชันของสารมาตรฐาน | 47 |
| 4.4 | ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง | 51 |
| 4.5 | ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง | 52 |
| 4.6 | ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ผ่านกระบวนการลดลดความเค็มและความคาวของสาหร่ายพวงองุ่นแบบต่างๆ | 54 |
| 4.7 | การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาหร่ายพวงองุ่นแห้งที่ผ่านกระบวนการลดลดความเค็มและความคาวแบบต่างๆ | 54 |
| 4.8 | การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาจากส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง ด้วยวิธีqualitative sensory analysis | 55 |
| 4.9 | การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาจากส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง โดยทดสอบความชอบโดยรวม | 56 |
| 4.10 | การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาจากส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่น | 57 |

**ตารางที่** **หน้า**

แห้ง โดยทดสอบความชอบโดยรวม
4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าสี และ pH ของน้ำชาจากส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง 58
4.12 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาจากส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง กลิ่นมะลิ โดยทดสอบความชอบโดยรวม 60
4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าสี และ pH ของชาสาหร่ายพวงองุ่น ใบหม่อน อบเชยและกลิ่นมะลิสังเคราะห์ 61
4.14 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่น 63
4.15 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่น 65
4.16 ผลการวิเคราะห์เกลือแร่ของสาหร่ายพวงองุ่นสดและชาสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้ 65
4.17 ผลการวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชันของสาหร่ายพวงองุ่นสดและชาสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้ 66

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย | 5 |
| 2.1 | ลักษณะสาหร่ายพวงองุ่น | 6 |
| 2.2 | DPPH activity ของวิตามินซี สาหร่ายพวงองุ่น ชาอู่หลงที่ความเข้มข้นต่างๆ | 22 |
| 2.3 | พืชหรือส่วนต่างๆ ของพืชที่อนุญาตเป็นชาสมุนไพรตามประกาศฯ | 25 |
| 2.4 | อุปกรณ์สำหรับชิมชา | 29 |
| 2.5 | วิธีการชงชาเพื่อทดสอบชิม | 30 |
| 3.1 | สาหร่ายพวงองุ่นที่นำมาทดลอง | 33 |
| 3.2 | กระบวนการทำชาสาหร่ายพวงองุ่น (a) คั่วชา (Pan firing) (b) นวดชา (Rolling) แล้ว (c) ทำการอบแห้ง (Drying) | 38 |
| 3.3 | สีของน้ำชาจาก (a) สาหร่ายพวงองุ่นแห้งจากการทดลองเบื้องต้น (b) ชาใบหม่อนที่ขายทางการค้า | 39 |
| 4.1 | อัตราการทำแห้งของสาหร่ายพวงองุ่นที่อุณหภูมิ (a) 50 องศาเซลเซียส (b) 60 องศาเซลเซียส และ (c) 70 องศาเซลเซียส | 50 |
| 4.2 | สีของน้ำชาสมุนไพรจากชาใบหม่อน อบเชยแห้งและสาหร่ายพวงองุ่นแห้งสูตรต่างๆจาก https://www.e-paint.co.uk/Convert_lab.asp | 58 |
| 4.3 | สีของน้ำชาสมุนไพรจากชาใบหม่อน อบเชยแห้ง และสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง กลิ่นมะลิ สูตรต่างๆจาก https://www.e-paint.co.uk/Convert_lab.asp | 61 |
| 4.4 | ลักษณะของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นที่ได้ | 62 |
| 4.5 | ค่า Hue angle ที่สัมพันธ์กับสี | 64 |
| 4.6 | การถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำชาสาหร่ายพวงองุ่น | 67 |
| 4.7 | การถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำผงชาสาหร่ายพวงองุ่น | 68 |

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

สาหร่ายพวงองุ่นเป็นสาหร่ายทะเลสีเขียว (Green algae) หรือมีชื่อสามัญว่า Sea Grapes หรือ Green Caviar เนื่องจากมีเม็ดกลมและเป็นช่อคล้ายพวงองุ่นหรือคล้ายไข่ปลาคาร์เวียร์ นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกว่า Lelato, Ararusip, Lato ชาวญี่ปุ่นเรียกสาหร่ายชนิดนี้ว่า Umibudo มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Caulerpa lentillifera* J. Agardh อยู่ในตระกูล Caulerpaceae เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีสารอาหารบริบูรณ์และแสงแดด มีลักษณะคล้ายองุ่นสีเขียวสด เป็นสาหร่ายที่มีการแพร่กระจายอยู่ในเขต Tropical และ Subtropical พบได้ในประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไทยเวียดนามและญี่ปุ่น สาหร่ายพวงองุ่นเป็นสาหร่ายทะเลที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจในประเทศไทย มีการขยายในระบบบ่อเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ดังนั้นหากมีการพัฒนาหรือทำการวิจัยอย่างจริงจังโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสาหร่ายพวงองุ่น ก่อให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์ จะเป็นการเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสาหร่ายทะเลอีกทางหนึ่ง

จากการศึกษารายงานการวิจัยพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นมีความชื้นร้อยละ 87.05 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 44.02 เถ้าร้อยละ 29.61 ไขมันร้อยละ 2.87 โดยมี total polyunsaturated fatty acids ร้อยละ 17 อัตราส่วน $\omega 6/\omega 3$ ratio เท่ากับ 1.06 เส้นใยร้อยละ 4.12 โปรตีนร้อยละ 19.38 และมีแร่ธาตุในปริมาณที่สูงมาก รวมทั้งมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Streptococcus sp., Salmonella sp.* (Nagappan and Vairappan, 2014) มีฤทธิ์ในการเป็น Anti-diabetic effect โดยสามารถกระตุ้นการใช้กลูโคส ใน adipocytes (Sharma and Rhyu, 2014) รวมทั้งมีรายงานว่าสามารถป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคหัวใจและโรคหลอดเลือดแดงแข็งตัว โดยลดการดูดซึมโคเลสเตอรอลและการเผาผลาญอาหาร จึงสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในพลาสมา และมี radical-scavenging และ reducing power ability สูง อาจเนื่องมาจากสาหร่ายพวงองุ่นมีสารประกอบฟีนอลิกสูง (Devi et al., 2011) ดังนั้นสาหร่ายพวงองุ่นมีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในการลดระดับน้ำตาล ลดคลอเลสเตอรอล และชะลอการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

โรคไม่ติดต่อเรื้อรังเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญของคนไทย เป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่การเจ็บป่วยด้วยโรคร้ายแรง อาทิ ความดันโลหิตสูง เบาหวาน หลอดเลือดหัวใจ หลอดเลือดสมอง ภาวะน้ำหนักเกินหรือโรค

อ้วน ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อน พิการและเสียชีวิตก่อนวัยอันควร ซึ่งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตถึงร้อยละ 73 ของประชาชนไทยที่เสียชีวิตทั้งหมด โดยเฉพาะโรคหลอดเลือดสมองในปี 2559 มีอัตราตายสูงสุด 27,069 คน เฉลี่ยชั่วโมงละ 3 คน และโรคหลอดเลือดหัวใจ พบอัตราตาย 18,922 คน เฉลี่ยชั่วโมงละ 2 คน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หากไม่สามารถป้องกันหรือลดปัญหาโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้ จะส่งผลให้เกิดภาระค่าใช้จ่ายทางด้านสุขภาพและสูญเสียทางเศรษฐกิจมหาศาลเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาประเทศสำหรับประเทศไทย ข้อมูลจากการตรวจร่างกายในผู้อายุ 15 ปีขึ้นไป พบโรคเบาหวาน 3.1 ล้านคน โดยในปี 2557 มีผู้เสียชีวิตจากโรคเบาหวาน 11,389 คน เฉลี่ยวันละ 32 คน ป่วยเข้ารักษาตัวในโรงพยาบาลในสังกัด 698,720 ครั้ง ค่ารักษาปีละเกือบ 4,000 ล้านบาท ปัญหาของโรคนี้หากควบคุมอาการไม่ได้ จะเกิดภาวะแทรกซ้อน ทั้งเรื่องไตวาย เท้าเน่า ตาบอด โรคหัวใจ และหลอดเลือดสมองตามมา การสำรวจภาวะสุขภาพประชาชนไทยปี 2557 พบคนไทยมีอัตราการป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูงมากที่สุด พบมากถึง 14 ล้านคน ซึ่งภาวะความดันโลหิตสูงทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อน ได้แก่ เลือดออกในสมอง สมองขาดเลือด หัวใจขาดเลือด หัวใจล้มเหลว น้ำคั่งในปอด ไตวาย เป็นอันตรายถึงชีวิตได้ นอกจากนี้ ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายทางสุขภาพ ค่าใช้จ่ายจากการมีผู้ดูแล ขาดงาน สูญเสียผลผลิต ความพิการ เกษียณอายุก่อนวัย เสียชีวิตก่อนวัยอันควร ข้อมูลจากกรมการแพทย์ปี 2557 การรักษาผู้ป่วยโรคนี้หากเป็นผู้ป่วยนอกมีค่าใช้จ่าย 831 บาท/คน/ปี ผู้ป่วยใน 4,586บาท/คน/ปี ถ้ามีผู้ป่วย 10 ล้านคน ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงถึง 79,263 ล้านบาท/ปี

ปัจจุบันมีการค้นพบและมีรายงานทางวิทยาศาสตร์มากมายที่แสดงถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการดื่มชา ส่งผลให้ผู้บริโภคให้ความสนใจและมีแนวโน้มบริโภคชาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ผู้ป่วยที่เป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมักเป็นผู้สูงอายุที่ชื่นชอบการบริโภคชา หากแบ่งประเภทของชาตามกระบวนการผลิตสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ ชาเขียว (Green tea) เป็นชาที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก (non-fermented tea) ชาอู่หลง (Oolong tea) เป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักเพียงบางส่วน (partially fermented tea) ชาดำ (Black tea) เป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักอย่างสมบูรณ์ (completely fermented tea) ซึ่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีในระหว่างการหมักชาเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของสารประกอบโพลิฟีนอลในผลิตภัณฑ์ชาแต่ละประเภท โดยสารที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ชาที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก (ชาเขียว) ชาที่หมักบางส่วน (ชาอู่หลง) และชาที่หมักอย่างสมบูรณ์ (ชาดำ) มีสี และ รสชาติที่แตกต่างกันไปตามชนิดและปริมาณของสารประกอบที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก

มีรายงานวิจัยศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อชาสมุนไพรเพื่อลดเบาหวานของผู้ป่วยเบาหวาน พบว่าพฤติกรรมสวนใหญ่ของกลุมผู้ป่วยเบาหวานที่เลือกซื้อชาสมุนไพร จะตัดสินใจซื้อเพราะคุณภาพของชาสมุนไพรเปนอันดับแรก โดยพิจารณาจากสินคาที่มีคุณภาพชวยลดเบาหวานได้อยางที่ผู้บริโภคคาดหวังไวจะไดผลตอบรับที่ดีและไดรับการบอกตอไปยังผูปวยเบาหวานรายอื่นๆ ดังนั้นผูผลิตชาสมุนไพรจึงควรจะทำการวิจัยและทดสอบคุณภาพกอนจะนำออกสูตลาดรวมถึงการปรับปรุงและพัฒนาจนได้ชาสมุนไพรที่มีคุณภาพอยางแท้จริงโดยสวนใหญกลุมลูกคาจะใช้ชองทางจัดจำหนายทางร้านค้าตัวแทน ในการเลือกซื้อชาสมุนไพร

เพื่อลดเบาหวาน เพราะได้รับความสะดวกความมั่นใจในการซื้อเมื่อได้เห็นสินค้าและได้พูดคุยปรึกษากับผู้ขาย

งานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาใช้ประโยชน์เป็นเครื่องดื่มชา โดยทำการศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด การต้านออกซิเดชันของสาหร่ายพวงองุ่น และเครื่องดื่มชาสมุนไพรและสาหร่ายพวงองุ่น เพื่อนำสาหร่ายพวงองุ่นที่ตกเกรดมาแปรรูป ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสาหร่ายพวงองุ่น นอกจากนี้ยังถือเป็นการเพิ่มศักยภาพของพืชไทยและลดการนำเข้าสินค้าชาจากต่างประเทศได้อีกด้วย และเป็นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของท้องถิ่น ทำให้ผู้ประกอบการมีรายได้มากขึ้น ชุมชนมีความเข้มแข็งมากขึ้น เป็นการนำพืชในท้องถิ่นมาใช้ในการรักษาสุขภาพของประชาชนไทยทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งมากขึ้น

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาใช้ประโยชน์ด้วยการนำมาทำเครื่องดื่มชาสมุนไพรสำเร็จรูปผสมสาหร่ายพวงองุ่น โดยแบ่งเป็นวัตถุประสงค์ย่อยตามการทดลองดังนี้

1) เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่น

2) เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องดื่มชาสมุนไพรสำเร็จรูปผสมสาหร่ายพวงองุ่น

3) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้ที่ได้จากการวิจัย

**1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย**

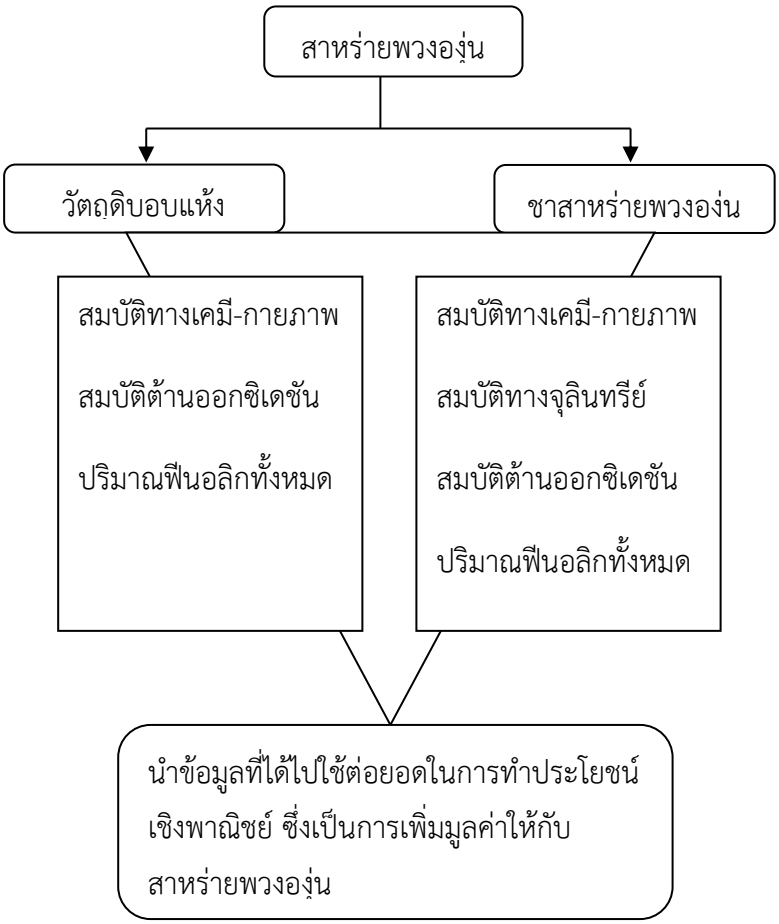
โครงการวิจัยนี้มีแนวคิดศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาใช้ประโยชน์ด้วยการนำมาทำเป็นเครื่องดื่มชาสมุนไพรสำเร็จรูปผสมสาหร่ายพวงองุ่นโดยแบ่งงานเป็น 2 ตอน ดังนี้คือ

ตอนที่ 1 การศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติต้านออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่น เนื่องจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องทราบสมบัติพื้นฐานของตัวอย่าง ก่อนที่จะนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยศึกษาความเป็นไปได้ของสาหร่ายพวงองุ่นที่จะนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาสมุนไพรสำเร็จรูปผสมสาหร่ายพวงองุ่น

ตอนที่ 2 การศึกษาสูตรชาสมุนไพรสำเร็จรูปผสมสาหร่ายพวงองุ่นที่เหมาะสมและสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติทางจุลินทรีย์ สมบัติต้านออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องดื่มชาสมุนไพรสำเร็จรูปผสมสาหร่ายพวงองุ่นเพื่อพิจารณาผลของการแปรรูปที่มีต่อคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติทางเคมี-กายภาพ และสมบัติทางหน้าที่

**1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย**

ปัจจุบันมีการค้นพบและมีรายงานทางวิทยาศาสตร์มากมายที่แสดงถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการดื่มชา ส่งผลให้ผู้บริโภคให้ความสนใจและมีแนวโน้มบริโภคชาเพิ่มขึ้น ชามีสารประกอบฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารฟีนอลิกในชามีประโยชน์ต่อสุขภาพที่หลากหลาย เช่น ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในอวัยวะต่างๆ ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือด ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานและช่วยลดความอ้วน เป็นต้นชาถือเป็นเครื่องดื่มยอดนิยมของโลก แต่สำหรับประเทศไทยนั้น ความนิยมดื่มชายังมีไม่มากนัก บริโภคเพียง 0.93 กิโลกรัมต่อคนต่อปี อย่างไรก็ตามการตลาดของชาในประเทศไทยก็มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมามีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 4.16 ต่อปี ในปี 2553 ตลาดชามีมูลค่า 2,230 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นเป็น 2,626 ล้านบาทในปี 2557 ดังนั้นเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับการเติบโตของธุรกิจชา รวมทั้งเป็นพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ช่วยทำให้สุขภาพประชาชนไทยดีขึ้น เพิ่มมูลค่าให้แก่สินค้าเกษตร โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ กลุ่มผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาใช้ประโยชน์ โดยการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในด้านสมบัติทางเคมี กายภาพ สมบัติต้านออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดดังนั้นกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยแสดงดังภาพที่ 1.1




**ภาพที่ 1.1** กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

# บทที่ 2

# ตรวจเอกสาร

## 2.1 สาหร่ายพวงองุ่น

สาหร่ายพวงองุ่นเป็นสาหร่ายทะเลสีเขียว (Green algae) หรือมีชื่อสามัญว่า Sea Grapes หรือ Green Caviar เนื่องจากมีเม็ดกลมและเป็นช่อคล้ายพวงองุ่นหรือคล้ายไข่ปลาคาร์เวียร์ นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกว่า Lelato, Ararusip, Lato ชาวญี่ปุ่นเรียกสาหร่ายชนิดนี้ว่า Umibudo มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Caulerpa lentillifera J. Agardh* อยู่ในครอบครัว Caulerpaceae เป็นสาหร่ายที่มีการแพร่กระจายอยู่ในเขต Tropical และ Subtropical พบได้ในประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไทยเวียดนามและญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังแพร่กระจายไปเขตร้อนได้แก่ เคนยา มาดากัสการ์ มอริเชียส โมแซมบิก โซมาเลีย แอฟริกาใต้ แทนซาเนีย และปาปัวนิวกินี เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีสารอาหารบริบูรณ์และแสงแดด มีลักษณะคล้ายองุ่นสีเขียวสดมีคุณค่าทางอาหารสูง จัดเป็นอาหารทะเลที่สำคัญในญี่ปุ่นและฟิลิปปินส์ มีทั้งการเก็บเกี่ยวจากธรรมชาติและจากการเลี้ยงในบ่อดิน (นิสราภรณ์ ภักดีพันธ์, 2554) ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นแสดงดังภาพที่ 2.1

**ภาพที่ 2.1** ลักษณะสาหร่ายพวงองุ่น
ที่มา : สุพล ตั้นสุวรรณ และคณะ, 2555

ในอดีตในประเทศไทยมักใช้ประโยชน์สาหร่ายด้านการบำบัดน้ำทิ้ง จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก่อนปล่อยออกสู่ทะเล แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคในประเทศไทยต่างให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารสุขภาพเป็นอย่างมาก กรมประมงจึงมีนโยบายส่งเสริมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเล ซึ่งเป็นพืชน้ำที่คุณค่าทางโภชนาการอุดมด้วยวิตามิน เกลือแร่ เช่น แคลเซียม และไอโอดีน และที่สำคัญในช่วงที่ผ่านมามีการนำเข้าสาหร่ายทะเลเข้ามาบริโภคภายในประเทศเป็นจำนวนมาก และพบปัญหาเชิงคุณภาพ เช่น การปนเปื้อนโลหะหนัก เป็นต้น การส่งเสริมการเลี้ยงสาหร่ายทะเลในประเทศ จะช่วยลดการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศ เพื่อให้ได้ผลผลิตสาหร่ายทะเลที่มีคุณภาพสดสะอาด และปลอดภัยต่อผู้บริโภค ปัจจุบันกรมประมงได้มอบหมายให้สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งทำการวิจัยและส่งเสริมการเลี้ยงสาหร่ายทะเล 4 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายพวงองุ่น สาหร่ายผมนาง สาหร่ายผักกาดทะเล และสาหร่ายโพรง เนื่องจากเป็นชนิดสาหร่ายที่นิยมบริโภคในท้องถิ่น สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ง่ายและมีลู่ทางการขยายสู่ตลาด (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2552)

ในการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์เป็นการเลี้ยงในบ่อดิน สำหรับประเทศไทยการเลี้ยงสาหร่ายในบ่อดินสำหรับสาหร่ายพวงองุ่นปลูกได้ทั้งแบบหว่านและแบบปักชำ โดยในช่วงเริ่มต้นปลูกครั้งแรกเติมน้ำเค็ม 27-30 ส่วนในพัน ประมาน 40 เซนติเมตร เมื่อปลูกแล้วประมาน 1 สัปดาห์จึงค่อยเพิ่มระดับน้ำให้อยู่ในระดับที่แสงส่องถึงขึ้นกับความโปร่งแสงของน้ำ โดยมากจะรักษาระดับน้ำให้มีความลึกประมาณ 60-100 เซนติเมตร หลังจากการปลูกประมาณ 1-2 เดือน จะสามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายได้ และความถี่ในการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ต่อครั้ง ควรมีการสูบน้ำเข้าบ่อเลี้ยงประมาณ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ หรือดัดแปลงบ่อด้วยการติดตั้งท่อเข้าออกแบบมีลิ้นเปิดปิดตามระดับน้ำธรรมชาติ การกำจัดและป้องกันศัตรูของสาหร่าย หมั่นเก็บสาหร่ายชนิดอื่นที่เกิดขึ้นในบ่อเมื่อน้ำตื้นเกินไป ดังนั้นการรักษาระดับน้ำเพื่อให้แสงส่งถึงในระดับที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ ผลผลิตในการเลี้ยงในบ่อดิน สามารถเลี้ยงสาหร่ายให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 45% ของน้ำหนักตั้งต้น โดยน้ำเลี้ยงควรมีสารอาหารและคุณสมบัติดังนี้ แอมโมเนียรวมไม่น้อยกว่า 0.05 ppm pH ช่วงกว้าง 8-9 แอลคาไลนิตี้ 120-140 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็ม 27-33 ส่วนในพัน อุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส (สุพล ตั่นสุวรรณ และคณะ, 2555)

## 2.2 คุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายพวงองุ่น

สาหร่ายพวงองุ่นเป็นหนึ่งในสาหร่ายที่รับประทานได้ของประเทศไทย สำหรับรูปแบบการบริโภคที่นิยมคือ รับประทานสดเหมือนผักสด รับประทานกับสลัดซูชิ ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารญี่ปุ่น เช่น แซลมอนโรล (Salmon roll) และอาหารทะเลต่างๆ ใช้ตกแต่งจานอาหารและสามารถนำมาปรุงอาหารเหมือนไข่ปลาคาร์เวียร์

### 2.2.1 สารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการของของสาหร่ายพวงองุ่น

สารอาหารที่พบในสาหร่ายสามารถจำแนกได้ 3ประเภทคือ (1) Macronutrientsได้แก่ carbohydrates, proteins, fats (2) Micronutrientsได้แก่ vitamins, minerals (3) Phytonutrients ได้แก่ carotenoids, flavonoids, etc.

2.2.1.1 Macronutrientsของสาหร่ายพวงองุ่น พบว่า สาหร่ายพวงองุ่น มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid : PUFA) ปริมาณสูง นอกจากนี้สาหร่ายพวงองุ่นยังมีกรดอะมิโนจำเป็นเกือบ 40% ของกรดอะมิโนรวม ซึ่งใกล้เคียงกับในไข่และถั่วเหลือง และยังมีกรดอะมิโนชนิด Aspartic และ Glutamic สูงประมาณ 25% ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด ทำให้สาหร่ายมีกลิ่นรสเฉพาะตัว สาหร่ายพวงองุ่นมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางอาหารสูงจึงจัดเป็น 1 ใน 5 อาหารแนะนำสำหรับผู้ที่ไปเยือนเมืองโอกินาประเทศญี่ปุ่น รายละเอียดคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่นในถิ่นต่างๆมีค่าแตกต่างกัน ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีกรดไขมัน กรดอะมิโนของสาหร่ายพวงองุ่นในประเทศไทยแสดงดังตารางที่ 2.1—2.3

**ตารางที่ 2.1**องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่น

| Composition | *Caulerpa lentillifera* (g/100g) |
|---|---|
| Crude protein (N factor = 6.25) | 12.49±0.3 |
| Crude lipid | 0.86±0.10 |
| Crude fiber | 3.17±0.21 |
| Ash | 24.21±1.7 |
| Carbohydrate[a] | 59.27 |
| Moisture | 25.31±1.15 |

[a] Calculated by difference (= 100–crude protein-crude lipid -ash-crude fiber)

ที่มา :Ratana-arporn and Chirapart (2006)

อาหารถูกย่อยให้เป็นโมเลกุลที่เล็กลง เรียกว่า สารอาหาร (Nutrients) คือ สารเคมีที่อยู่ในอาหาร โดยสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มดังนี้คือ สารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย (Macronutrients or Fuel Nutrients) ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตโปรตีน ไขมัน อีกกลุ่มหนึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นในการควบคุมปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในร่างกาย และการทำงานของอวัยวะทุกส่วน อีกทั้งช่วยในการป้ องกันและต้านทานโรคหรือช่วยให้ร่างกายแข็งแรง ซึ่งเรียกว่าMicronutrients ได้แก่สารอาหารพวก วิตามิน เกลือแร่ต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อร่างกาย

โปรตีนเป็นสารประกอบอนินทรีย์เชิงซ้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยปกติแล้วโปรตีนจะมีธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับในคาร์โบไฮเดรต และไขมัน แต่ในโปรตีนจะมีองค์ประกอบของธาตุที่เพิ่มเข้ามาคือไนโตรเจน และซัลเฟอร์ โปรตีนจะพบในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

และจะมีบทบาทเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ในร่างกายในแต่ละระยะ และเป็นส่วนประกอบของอวัยวะต่าง ๆ เราใช้โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ อีกทั้งยังต้องการโปรตีนเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของเลือด เนื้อ เอนไซม์ (enzyme) ภูมิคุ้มกัน(immune) และฮอร์โมน (hormone) และยังนำไปสร้างผลผลิตเพื่อการสืบพันธุ์ สถาบันวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แนะนำให้คนที่เต็มวัยรับประทานอาหารประเภทโปรตีนในปริมาณ 1กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แต่ถ้าเป็นนักกีฬาที่ต้องใช้พลังงานมากกว่าปกติ ควรได้รับเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 50-100

ลิพิด (lipid) เป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ มีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นแหล่งพลังงานสำรองของร่างกาย และเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด (NRC, 2007; McDonald et al., 2011) โดยลิพิดที่เป็นพลังงานสำรองของร่างกายมนุษย์และสัตว์ ได้แก่ ไตรเอซลิกลีเซอรอล (triacylglycerol) ซึ่ง ประกอบไปดว้ ย กรดไขมัน (fatty acid)และ กลีเซอรอล (glycerol) ส่วนลิพิดที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เนื้อเยื่อสมองและประสาท ได้แก่ ฟอสโฟลิพิด (phospholipid) สฟิงโกลิพิด (sphingolipid) และ คอเลสเตอรอล(cholesterol) เป็นต้น (นิธิยา, 2548)

ใยอาหารมาจากพืช เป็นคาร์โบไฮเดรตหรือมาจากคาร์โบไฮเดรตยกเว้นลิกนิน ทนต่อกระบวนการhydrolysis โดยเอนไซม์ในลำไส้ของมนุษย์และสามารถผ่านไปถึงลำไส้ใหญ่ในสภาพที่ยังปรกติ โดยที่บางส่วนอาจถูก hydrolyse และถูก ferment ด้วยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ใยอาหารแต่ละชนิดมีความสามารถมากน้อยแตกต่างกันในด้านต่างๆคือ การละลายน้ำ ความหนืดความสามารถในการจับน้ำไว้ ความสามารถในการจับกับแร่ธาตุและสารอินทรีย์ต่างๆใยอาหารมีประโยชน์ในการควบคุมระดับกลูโคสและไขมันในเลือด ช่วยป้องกันและรักษาอาการท้องผูกและท้องเสีย ช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยเพิ่มภูมิต้านทานโรค ช่วยทำให้เยื่อบุผิวของลำไส้แข็งแรง ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการทำหน้าที่ของแบคทีเรียชนิดดีในลำไส้ใหญ่ เป็นต้น ถ้ารับประทานใยอาหารในปริมาณมากๆจะลดการดูดซึมของแร่ธาตุบางชนิดเช่น แคลเซียม เป็นต้น

เถ้าเป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่เหลืออยู่หลังจากการเผา เพื่อให้สารประกอบอินทรีย์สลายจนหมด จนกลายเป็นสารอนินทรีย์หรือธาตุที่มีขนาดเล็ก เช่น คลอไรด์ซัลเฟต เป็นต้น (Qwusu-Apenten, 2005)การวิเคราะห์เถ้ามีความสาคัญ เพราะปริมาณเถ้าเป็นตัวแทนของปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหาร และยังใช้ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารได้

คาร์โบไฮเดรต เป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นมาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) พบได้ในพืช คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งของพลังงานที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย ในทวีปเอเชียมีการบริโภคข้าวเป็นอาหารมื้อหลัก ถ้าความต้องการพลังงาน 2,400 กิโลแคลอรีต่อวันควรเป็นพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 55-65 ดังนั้นควรรับประทานคาร์โบไฮเดรตประมาณวันละ 300 -400 กรัม หรือ 2-3 กรัมต่อน้าหนักตัว 1 กิโลกรัมจึงพอเพียงกับปริมาณพลังงานที่ร่างกายต้องการ

**ตารางที่ 2.2**ปริมาณกรดไขมันของสาหร่ายพวงองุ่นและสาหร่ายอื่นๆ

| Fatty acids | mg/g sample | | g/100 g fatty acids | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Caulerpa lentillifera* | *Ulva reticulata* | *Caulerpa lentillifera* | *Ulva reticulata* | *Porphyra*[a] *sp.* | *Palmaria*[a] *sp.* | *Gracillaria*[b] *changgi* |
| C 16:0 | | | | | | | |
| Palmitic acid | 8.92 | 1.43 | 67.83 | 41.53 | 63.19 | 45.44 | 22.0 |
| C 16:1 | | | | | | | |
| Palmitoleic acid | 0.80 | 0.32 | 6.08 | 9.29 | 6.22 | 5.26 | nr |
| C 18:0 | | | | | | | |
| Stearic acid | 1.46 | 0.92 | 11.1 | 26.72 | 1.23 | 1.28 | nr |
| C 18:1 (ω9) | | | | | | | |
| Oleic acid | 0.03 | 0.13 | 0.23 | 3.77 | 6.7 | 3.13 | 21.9 |
| C 18:2 (ω6) | | | | | | | |
| Linoleic acid | 0.56 | 0.14 | 4.26 | 4.07 | 1.17 | 0.69 | nr |
| C 18:3 (ω3) | | | | | | | |
| Linolenic acid | 0.36 | 0.19 | 2.73 | 5.52 | 0.23 | 0.59 | nr |
| C 20:0 | | | | | | | |
| Arachidate | 0.19 | 0.11 | 1.48 | 3.19 | nr | nr | nr |
| C 20:1 | | | | | | | |
| Eicosanoate | 0.18 | 0.06 | 1.36 | 1.74 | 4.7 | 0.20 | nr |
| C 20:4 (ω6) | | | | | | | |
| Arachidonic acid | 0.11 | 0.04 | 0.84 | 1.16 | 6.8 | 1.45 | nr |
| C 20:5 (ω3) | | | | | | | |
| Eicosapentaenoic acid | 0.03 | 0.03 | 0.83 | 0.87 | 6.03 | 24.05 | 33.1 |
| C 22:0 | | | | | | | |
| Behanate | 0.30 | 0.03 | 2.28 | 0.87 | nr | nr | nr |
| C 22:1 | | | | | | | |
| Erucate | 0.10 | 0.003 | 0.76 | 0.087 | nr | nr | nr |
| C 22:6 (ω3) | | | | | | | |
| Docosahexaenoic acid | 0.11 | 0.04 | 0.83 | 1.16 | nr | nr | 12.9 |

nr not reported
a Sanchez-Machado *et al*.,2004
b Norziah and Ching, 2000

**ที่มา** :Ratana-arporn and Chirapart (2006)

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์สายตรงที่มีหมู่คาร์บอกซิล 1 หมู่ (Straight Chain Aliphatic Monocarboxylic Acid) มีสูตรโมเลกุลเป็น R-COOH โดย R- คือ หมู่แอลคิลในโมเลกุลของกรดไขมันและหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) มีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก จึงทำให้กรดไขมันสามารถแตกตัวออกได้เป็นประจุลบ Anionic Carboxylate และหมู่ R- มีสมบัติเป็น Hydrophobic Alkyl Chain ซึ่งชอบที่จะละลายในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดที่ไม่มีโพลาร์ จึงทำให้โมเลกุลของกรดไขมันมีทั้งส่วนที่ละลายได้ในน้ำและ

น้ำมัน อย่างไรก็ตามจะไม่พบโมเลกุลของกรดไขมันอิสระที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างของเซลล์เมมเบรน

ในธรรมชาติพบกรดไขมันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่อยู่ในไขมันน้ำมัน และฟอสโฟกลีเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่ ที่พบในรูปของกรดไขมันอิสระมีน้อยมาก การสังเคราะห์กรดไขมันในร่างกายมีสารเริ่มต้นเป็นหมู่อะซิติล ซึ่งคาร์บอกในโมเลกุล 2 อะตอม มาต่อกันเป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น จึงทำให้จำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเป็นเลขคู่เสมอ พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของกรดไขมัน มีทั้งที่เป็นพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ กรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด เรียกว่า กรดไขมันชนิดอิ่มตัว Saturated fatty Acids ส่วนกรดไขมันที่มีพันธะคู่ 1 อัน หรือมากกว่า 1 อัน เรียกว่า กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว Unsaturated Fatty Acids (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

กรดไขมันชนิดอิ่มตัวมีสูตรทั่วๆ ไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ เป็นกรดไขมันที่พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด จึงไม่สามารถรับไฮโดรเจนอะตอมได้อีก กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุด คือ กรดบิวทิริก(คาร์บอน 4 อะตอม) เป็นกรดไขมันที่ละลายได้ดีในน้ำและระเหยได้ง่าย กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 6 - 10 อะตอม ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อยและยังระเหยได้ ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 12 อะตอม ขึ้นไปไม่ละลายน้ำกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลต่ำกว่า 10 อะตอม จะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 อะตอม ขึ้นไปจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง (นิธิยา, 2548)

Monounsaturated (Monoethenoid) Fatty Acids (MUFA)เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลเพียง 1 อันมีสูตรทางเคมีทั่วๆไปเป็น $C_nH_{2n-1}$ COOH ตัวอย่างเช่น กรดโอเลอิก (Oleic Acid, $CH_3$-$(CH_2)_7$-CH = CH-$(CH_2)_7$-COOH) กรดปาล์มิโตเลอิก (Palmitoleic Acid, $CH_3$-$(CH_2)_5$-CH = CH-$(CH_2)_7$-COOH) กรดไขมันทั้ง 2 ชนิดนี้พบได้ในไขมันและน้ำมันทั่วไป (นิธิยา, 2548)

Polyunsaturated (Polyethenoid) Fatty Acids (PUFA) เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 อัน ส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล 18 - 22 อะตอม และมีพันธะคู่ 2 - 6 อัน พบมากในน้ำมันพืชและน้ำมันปลา (นิธิยา, 2548).

กรดไขมันที่มีหมู่ไฮดรอกซีเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเกาะอยู่ที่สายแอลคิล Alkyl Chainพบเป็นส่วนประกอบอยู่ในระบบประสาทส่วนกลาง แสดงดังรูปที่ 2.2 ตัวอย่างเช่น กรดเซรีโบรนิกCerebronic Acid และมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีหมู่ไฮดรอกซิล ได้แก่ กรดริซิโนเลอิก Ricinoleic Acidซึ่งเป็นกรดไขมันที่พบมากในน้ำมันละหุ่ง (Castor Bean Oil) มีอยู่ประมาณร้อยละ 90 ของกรดไขมันทั้งหมด(นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

**ตารางที่ 2.3**ปริมาณกรดอะมิโนของสาหร่ายพวงองุ่นเปรียบเทียบกับไข่และถั่วเหลือง

| Amino acids | *Caulerpa lentillifera* | | Egg[a] | Soya[a] |
|---|---|---|---|---|
| | g/100 g sample | g/100 g amino acids | g/100 g amino acids | g/100 g amino acids |
| Essential amino acids | | | | |
| Threonine | 0.79 | 6.38 | 4.7 | 4.1 |
| Valine | 0.87 | 7.03 | 6.6 | 5.2 |
| Lysine | 0.82 | 6.63 | 7.0 | 6.1 |
| Isoleucine | 0.62 | 5.01 | 5.4 | 5.1 |
| Leucine | 0.99 | 8.00 | 8.6 | 7.6 |
| Phenylalanine | 0.61 | 4.93 | 9.3 (+Tyr) | 8.4(+Tyr) |
| Total essential amino acids | 4.7 | 37.99 | 41.6 | 36.5 |
| Nonessential amino acids | | | | |
| Aspartic acid | 1.43 | 11.56 | | |
| Serine | 0.76 | 6.14 | | |
| Glutamic acid | 1.78 | 14.39 | | |
| Glycine | 0.85 | 6.87 | | |
| Arginine | 0.87 | 7.03 | | |
| Histidine | 0.08 | 0.65 | | |
| Alanine | 0.85 | 6.87 | | |
| Tyrosine | 0.48 | 3.88 | | |
| Proline | 0.57 | 4.61 | | |
| Total nonessential amino acids | 7.67 | 62.0 | | |
| Total amino acids | 12.37 | 21.27 | | |

[a] Valerie *et al*., 1999

**ที่มา** :Ratana-arporn and Chirapart (2006)

โปรตีนมีโครงสร้างพื้นฐานที่เกิดจากการเรียงตัวของกรดอะมิโนเป็นสายยาวในสาย polypeptide ที่ต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ กรดอะมิโนเป็นหน่วยพื้นฐานของโปรตีน หรือเป็นโมโนเมอร์ของโปรตีน พบว่าส่วนใหญ่โปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโน 20 ชนิด (Klaus, 1994) โดยที่ทุกกรดอะมิโนประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนและออกซิเจนเป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีอีกสองกรดอะมิโนที่มีธาตุซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบ

กรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีนในสิ่งมีชีวิตเป็นชนิด L กรดอะมิโนประกอบด้วยโครงสร้างหลักที่เหมือนกันทั้ง 20 ชนิด โดยประกอบด้วย หมู่อะมิโน (-NH2) หมู่คาร์บอกซิก (-COOH) อะตอมไฮดรเจน และหมู่ R (side chain) ติดอยู่กับคาร์บอนอะตอม ที่ตำแหน่ง แอลฟา โดยกรดอะมิโนชนิด L หมู่อะมิโนจะต้องอยู่ทางซ้ายมือของแอลฟาคาร์บอน สำหรับ กรดอะมิโนชนิด D จะมีหมู่อะมิโนมาเกาะอยู่ทางด้านขวามือของแอลฟาคาร์บอนอะตอม และจะถูกใช้โดยแบคทีเรียบางชนิดในการสร้างผนังเซลล์และยาปฏิชีวนะบางอย่าง เช่น valinomycin, actino-mycin และ gramicidin S

นอกจากนี้ยังอาจสามารถจำแนกกรดอะมิโนตามความจำเป็นแก่ร่างกาย คือ (1) กรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย (essential amino acid) ได้แก่ กรดอะมิโนที่ร่างกาย สังเคราะห์ไม่ได้ หรือสังเคราะห์ได้แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายจำเป็นต้องได้รับ จากอาหาร กรดอะมิโนเหล่านี้ ได้แก่ อาร์จินีน ( Arginine) ฮีสทิดีน (Histidine)ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ลิวซีน (Leucine) ไลซีน (Lysine) เมทิโอนีน (Methionine) เฟนิลอะลานีน(Phenylalanine) เทรโอนีน (Threonine) ทริปโทเฟน (Tryptophan) และวาลีน (Valine) (2) กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นแก่ร่างกาย (nonessential amino acid) ได้แก่ กรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นได้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ไม่จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร คือ อาจสังเคราะหขึ้นจากสารประกอบพวกไนโตรเจน หรือจากกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย หรือจากไขมันหรือจากคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโนพวกนี้ได้แก่ กรดกลูแทมิก ไกลซีนซีสทีน ไทโรซีน เป็นต้น

ในอาหารยังพบกรดอะมิโนชนิดอื่นๆ ที่จัดเป็น nonstandard amino acids นอกจากกรดอะมิโนทั้ง 20 ชนิดที่จัดเป็น standard amino acids ดังได้กล่าวไปแล้วนั้นกรดอะมิโนพวกนี้มักจะเปลี่ยนแปลงมาจากกรดอะมิโนตัวใดตัวหนึ่งใน 20 ชนิดนั้น และพบเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีนหรือไม่เป็นส่วนนประกอบของโปรตีนก็ได้ แต่มีหน้าที่สำคัญๆ ในกระบวนการเมแทบอลิซึมหลายอย่าง เช่น 3-hydroxyproline, 4-hydroxyproline และ 5-hydroxylysineเป็นส่วนประกอบสำคัญของ collagen ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในสัตว์ชั้นสูง N-formylmethionineเป็นกรดอะมิโนตัวแรกทางปลายด้านN (N-terminal) ของโปรตีนที่ถูกสร้างโดยสัตว์ชั้นต่ำ (prokaryote) แต่จะถูกทำลายไปหลังจากที่โปรตีนนั้นถูกสร้างเสร็จแล้ว $\gamma$-carboxyglutamic acid เป็นกรดอะมิโนที่พบในโปรตีนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการแข็งเป็นลิ่มของเลือด (blood clotting) $\gamma$-aminobutyric acid (GABA) เป็น neurotransmitter ที่สร้างมาจาก glutamate ในเนื้อเยื่อของสมอง, dopamine เป็น neurotransmitter ที่สร้างมาจาก tyrosine,histamine สร้างจาก histidine และทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับภูมิแพ้ (allergic reactions) thyroxineสร้างจาก tyrosine และทำหน้าที่เป็น thyroid hormone, ornithine, citrulline, argininosuccinicacid เป็นสาร intermediate ในกระบวนการสังเคราะหย์ูเรยี ซ่งึ เป็นวธิ กี ารกำจัดแอมโมเนยี ออกจากร่างกาย, azaserine เป็นกรดอะมิโนที่มีคุณสมบัติเป็นยาปฏิชีวนะ (antibiotic) taurine (2-aminoethy-lsulfonate) พบรวมกับกรดน้ำดีเป็น conjugated bile acid $\beta$-alanine เป็นส่วนประกอบของ วิตามินบี 3 (pantothenic acid), sarcosine เป็น intermediate ในกระบวนการสร้างกรดอะมิโน homoserine เป็น intermediate ในเมตะบอลิสมของกรดอะมิโน เป็นต้น

กรดอะมิโนมีความสำคัญคือ ทำหน้าที่เป็นหน่วยโครงสร้างของโปรตีน (binding block) ซึ่งโปรตีนที่เกิดขึ้นอาจจะมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ขึ้นกับคุณสมบัติของกรดอะมิโนแต่ละตัวในสายpolypeptide นั้นๆและเป็นตัวส่งสัญญาณเคมีในการติดต่อกันระหว่างเซลล์ เช่นส่งสัญญาณประสาท เช่นอนุพันธ์ของกรดอะมิโนไทโรซีน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) จากบ่อเลี้ยงใน Penghu ประเทศไต้หวัน (Nguyenet al., 2011) ทั้งในรูปสดและตัวอย่างอบแห้งแบบเยือกแข็งและการอบแห้งด้วยความร้อน พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตโปรตีนไขมันเส้นใยและเถ้ามีค่าเท่ากับ64.00%, 9.26%, 1.57%, 2.97% และ 22.20% ตามลำดับ (น้ำหนักแห้ง)

Nofiani และคณะ (2018) ได้รายงานปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นเปรียบเทียบกับสาหร่ายพวงองุ่นจากไต้หวันดังตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4** องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นจากอินโดนีเซียและไต้หวัน

| **Proximate Composition** | **Percentage of FC from** | |
|---|---|---|
| | Natuna, Indonesia | Penghu, Taiwan (Nguyen et al., 2011) |
| Moisture | 95.01±0.170 | 94.28±0.24 |
| Ash | 3.41±0.160 | 1.27±0.02 |
| Crude Lipid | 0.79±0.002 | 0.09±0.01 |
| Crude Protein | 0.43±0.007 | 0.53±0.02 |
| Crude fiber | 14.38±3.640 | 0.17±0.01 |
| Carbohydrate (exclude crude fiber)** | 0.36±0.025 | 3.67±0.07 |

Values are presented as mean±SD (n=3). ** Calculate by difference (% carbohydrate =100%-% moisture-% crude protein-% crude lipid-% ash-% crude fiber).

**ที่มา**: Nofiani และคณะ (2018)

จากการค้นคว้ารายงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่นขึ้นกับหลายปัจจัยในระหว่างการเจริญเติบโต ทั้งอุณหภูมิ ความเค็มของทะเล แสง และอื่นๆ

2.2.1.2 Micronutrientsของสาหร่ายพวงองุ่น พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นอุดมด้วยแร่ธาตุและวิตามินหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินบี 2 วิตามินอี และวิตามินซี รวมทั้งมีเกลือแร่ที่สำคัญ ได้แก่ ไอโอดีน ฟอสฟอรัส สังกะสี แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส และโคบอลต์และจัดว่าเป็นอาหารสุขภาพ ชาวญี่ปุ่นเชื่อว่าการรับประทานสาหร่ายทะเลช่วยให้หายป่วยได้เร็วขึ้น เนื่องจากมีวิตามินและเกลือแร่สูง เป็นแหล่งสำคัญของแมกนีเซียมที่ช่วยลดความดันโลหิตและป้องกันโรคหัวใจล้มเหลวช่วยต้านมะเร็ง มี

ไอโอดีนสูงจึงช่วยผู้ป่วยที่เป็นโรคไทรอยด์ (Ratana-arporn & Chirapart, 2006)รายละเอียดวิตามิน เกลือแร่ ของสาหร่ายพวงองุ่นในถิ่นต่างๆมีค่าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2.5—2.6

**ตารางที่ 2.5** ปริมาณเกลือแร่ของสาหร่ายพวงองุ่นเปรียบเทียบกับ Dietary Reference Intake

| Minerals | *Caulerpa lentillifera* | DRI[b] male | DRI[b] female |
|---|---|---|---|
| P | 1030 | 700 | 700 |
| K | 970 | nr | nr |
| Ca | 780 | 800 | 800 |
| Mg | 630 | 310-320 | 250-260 |
| Zn | 2.6 | 13 | 7 |
| Mn | 7.9 | 2.3 | 1.8 |
| Fe | 9.3 | 10.4 | 24.7 |
| Cu (µg) | 2200 | 900 | 900 |
| I (µg) | 1424 | 150 | 150 |

[a] Norziah and Ching, 2000

[b] Dietary Reference Intake : the amount recommended for consume daily for Thai adult of age19-50 years (Nutrition Division, 2003)

nr not reported

**ที่มา** : Ratana-arporn and Chirapart (2006)

เกลือแร่ เป็นสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ และประกอบด้วยธาตุอื่นๆ นอกเหนือไปจากคาร์บอน, ไฮโดรเจน, ไนโตรเจน และอ็อกซิเจน (ซึ่งพบได้ในสารอินทรีย์ทั่วไป) เกลือแร่เป็นสารที่มีปริมาณไม่มากในร่างกาย (ประมาณ 4-5% ของน้ำหนักตัว หรือ 2.8-3.5 กิโลกรัมในผู้ใหญ่) แต่เกลือแร่หลายชนิด มีบทบาทสำคัญต่อหน้าที่การทำงานของระบบต่างๆของร่างกายเป็นอย่างมาก โดยอาจเป็นส่วนประกอบทางโครงสร้างของร่างกายหรืออาจมีบทบาทในการควบคุมกระบวนการต่างๆในร่างกาย อนึ่งในร่างกายมีเกลือแร่อยู่มากกว่า 60 ชนิด แต่มีเกลือแร่ราว 20 ชนิดที่มีความจำเป็น สำหรับร่างกายและต้องได้รับโดยการบริโภคโดยการที่ร่างกายขาดเกลือแร่ที่มีความจำเป็น (essential minerals) จะส่งผลกระทบต่อหน้าที่การทำงานทางชีววิทยา ซึ่งสามารถป้องกันหรือแก้ไขได้โดยการได้รับเกลือแร่ชนิดนั้นๆใน physiological level

แคลเซียมเปนเกลื่อแรที่มากที่สุด คือประมาณ 1.5-2 % ของน้ำหนักตัวโดยร้อยละ 99 ของแคลเซียมจะอยู่ในกระดูกและฟน ที่เหลืออยู่ใน Solf tissueสวนที่เปนของเหลวในรางกายเชน serum จะมีแคลเซียมประมาณ 10 mg จากสาเหตุที่รางกายของคนเรามีแคลเซียมอยูมากนี่เองจึงสงผลใหรางกาย

ตองการแคลเซียมตลอดชีวิต โดยเฉพาะในเด็ก หญิงตั้งครรภและหญิงใหนมบุตรมนุษยสามารถดูดซึมแคลเซียมไวไดสูงสุดประมาณ 30-50 % ในกรณีที่ร่างกายต่องการแคลเซียม แต่ในภาวะปกติร่างกายจะดูดซึมแคลเซียมไวประมาณ 20-30 % สวนในเด็กที่กำลังเจริญเติบโตรางกายจะดูดซึมแคลเซียมไวประมาณ 75 %การดูดซึมแคลเซียมจะเกิดขึ้นที่ลำไสเล็กสวนตน ในภาวะที่เป็นกรด และตองมีวิตามินดีและโปรตีนเปนตัวช่วยการดูดซึมแคลเซียมมีทั้งแบบ Active และ Passive ในรูปของแคลเซียมอิสระเพื่อเขาสกระแสเลือดและออกไปสู Fluid ในรางกายเพื่อให cell ตาง ๆ ดึงแคลเซียมไปใช้

ฟอสฟอรัสมีอยู่ในร่างกายประมาณ 1 % ของน้ำหนักตัว โดย 85-90 % อยูที่กระดูกและฟนในสภาพของแคลเซียมฟอสเฟต และอีก 10-15 % อยูทั่วไปในรางการโดยเฉพาะในเม็ดเลือดแดง ฟอสฟอรัสมีหน้าที่ควบคุมพลังงานจากการเผาผลาญสารอาหารหลัก เก็บไว้ในพันธะของ Phosphorus ในรูปของATPและ ชวยสงเสริมการดูดซึมและลาเลียงสารอาหาร โดย Phosphorus จะเกาะติดกับสารอาหารหลายชนิด นอกจากนี่ยังรวมกับแคลเยมเป็นโครงสร่างกระดูกและฟนรวมกับไขมันในรูปฟอสโฟไลปด อันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล ทำใหผนังเซลลมีลักษณะ Permeabilityฟอสฟอรัสในอาหารต่องดูดซึมในรูปแบบ Free Phosphorus และต้องอยูในสภาพเปนกรด เชนบริเวณลำไสเล็กตอนตนจะถูกดูดซึมได้ดีถึง 70 % อยางไรก็ตามการดูดซึมฟอสฟอรัสมีปจจัยที่ชวยดูดซึมและขัดขวางการดูดซึมเชนเดียวกับแคลเซียมรางกายขับฟอสฟอรัสออกทางปัสสาวะประมาณ 2.5-4.5 มก./100 มล

รางกายคนเรามี Potassium ประมาณ 0.35 % ของน้ำหนักตัวหรือประมาณ 240-250 มิลลิกรัม โดยพบมากในน้ำภายในเซลล ทำหน่าที่รวมกับคลอไรด ในการรักษาสมดุลของน้ำและแรงดัน Osmotic ในรางกาย รักษาความเป็นกรดเป็นดางของรางกาย โดย K+ เปนอนุมูลดางที่สำคัญในรางกาย นอกจากนี้ยังควบคุมการทำงานของกล่ามเนื้อและประสาท Potassium ที่อยูนอกเซลลจะทำหน่าที่ร่วมกับโซเดียม แมกนีเซียม และแคลเซียม รวมทั้งเปนตัวกระตุ่นการทำงานของ Enzyme หลายชนิดโปแตสเซียมเป็นเกลือแรที่ถูกดูดซึมได้ถึง 100 % ดูดซึมมากบริเวณลำไสเล็กเขาสูน้ำเลือด และสามารถนำไปใช้ไดทันที

ในรางกายของคนเรามีแมกนีเซียมประมาณ 25-30 กรัม โดยประมาณ 3 ใน 4 อยู่ในกระดูกในลักษณะสารประกอบ Phosphorus และ Carbonate ที่เหลือจะอยู่ในรูปIntracellular fluid แมกนีเซียมเปนสวนประกอบของกระดูกในรูปแบบของแมกนีเซยมฟอสเฟสหรือแมกนีเซยมคาร์บอเนต ควบคุมการทำงานของระบบประสาทและกล่ามเนื้อรวมกับแคลเซียม เปน Co-factor ในระบบเมตาโบลิซึมและ สามารถปองกันCalification ที่ผิดปกติของรางการไดแมกนีเซียมจะสามารถดูดซึมไดบริเวณลำไสเล็กตอนตน ที่มีสภาพเป็นกรดการดูดซึมขึ้นอยูกับปริมาณแมกนีเซียมในอาหาร และปริมาณแคลเซียมในอาหาร แมกนีเซียมจะถูกขับออกทางไตประมาณ 100-200 มก./วัน

เหล็กเปนเกลือแร่ที่มีอยูในร่างกายน้อยมาก ประมาณ 3-4 กรัม หรือ 0.004 ของน้ำหนักตัวในคนหนุมมีเหล็กประมาณ 40 – 50 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว1 กิโลกรัม ในสวนผู่หญิงมีเหล็กประมาณ35 – 50 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว1 กิโลกรัม แตระยะมีประจาเดือนจะเหลือเพียง20 - 40 มิลลิกรัม/น้ำหนกตัว 1

กิโลกรัมโดย 75% ของเหล็กอยู่ในHaemoglobin อีก 5 % อยู่ใน Myoglobin อีก 15 % อยู่ใน Feritin และHemosiderinเหล็กมีหน้าที่เปนสวนประกอบของ Haemoglobin เปนสวนประกอบของ Myoglobin รวมทั้ง Cellular Iron เปนสวนประกอบของเอนไซมหลายชนิดเหล็กดูดซึมได้ที่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก หลังจากนั้นจะรามกับโปรตีนและไปตามกระแสเลือดเขาสูอวัยวะหรือแหลงที่ต่องการที่จะใช การดูดซึมเหล็กมีปจจัยหลายอยางที่เกี่ยวช่อง คือ เหล็กอาหารทมาจากสัตว์จะดูดซึมไดดีกว่าเหล็กที่มาจากพืช และเหล็กที่อยในรูปของเกลิอเฟอรัส จะดูดซึมไดดีกวาในรูปของกรดเฟอริค

สังกะสีมีในร่างกายมนุษย์ 2.2 กรัมโดย 75 %อยู่ในเม็ดเลือด เม็ดเลือดขาวมีสังกะสีมากกว่าเม็ดเลือดแดง 25 เทา สังกะสีเปนสวนประกอบของเอนไซมหลายตัวสังกะสีเปน co-factor ในการสรางกรดนิวคลีอิกและโปรตีนและเกี่ยวของกับการดึงวิตามินเอออกจากแหล่งเก็บกลับสูกระแสเลือดเปนองคประกอบของอินซูลินนอกจากนี้ยังจำเปนในการหลั่งฮอรโมนเพศชายและอสุจิชวยรักษาสภาพปกติของเซลลเมมเบรน(cell membrane) ชวยใหแผลหายเร็ว และยังเกี่ยวข้องกับการรูรสและระบบภูมิคุมกันของรางกาย

ไอโอดีนเปนธาตุที่มีความสำคัญ ถึงแมรางกายเรามีอยู่นอยประมาณ 20 มิลลิกรัม โดยสวนใหญอยูในตอมไธรอยดบทบาทหน่าที่หลักของไอโอดีนในรางกาย คือ การเปนสวนประกอบที่สำคัญของ thyroid hormone

ทองแดง ในรางกายของผูใหญปกติจะมีทองแดงอยูประมาณ 50-150 mg โดยอวัยวะที่มีความเข่มข่นของทองแดงสูงที่สุดในรางกาย คือ ตับ ไต หัวใจ และสมอง แตกล่ามเนื้อจัดเปนอวัยวะที่มีปริมาณทองแดงสูงที่สุดถึงแม่จะมีระดับความเขนขมของทองแดงต่ำ ทั้งนี้เปนผลมาจากมวลของกลามเนื้อที่มีอยูมากทองแดงสวนใหญในพลาสมา (ราว 90%) จะพบอยูใน ceruloplasmin สวนทองแดงสวนที่เหลือจะจับอยูกับ albumin, transcuprein, โปรตีนอื่นๆ และกรดอะมิโนเสรีโดยเฉพาะ histidine

แมงกานีสการดูดซึมแมงกานีสเกิดขึ้นตลอดความยาวของลำไส่และจะถูกขนสงในกระแสเลือดโดย macroglobin,transferrin และ transmanganin และถูกนำเข่าสูเซลลอยางรวดเร็ว ซึ่งโดยสวนใหญแมงกานีสจะถูกสะสมอยูในไมโตคอนเดรียเปนหลัก แมงกานีสจะถูกขับถายออกทางอุจจาระ โดยผานทางน้ำดีเปนหลักแมงกานีสเปนสวนประกอบของเอ็นไซมหลายชนิด เชน glutamine synthetase, pyruvatecarboxylase และ mitochondrial superoxide dismutase แตไมพบวา การขาดแมงกานีสจะมีผลตอการทำงานของเอ็นไซมเหลานี้เนื่องจากdivalent cation อื่นๆโดยเฉพาะแมกนีเซียมอาจทำหน่าที่ดังกลาวแทนได

**ตารางที่ 2.6** ปริมาณวิตามินของสาหร่ายพวงองุ่นเปรียบเทียบกับ Dietary Reference Intake

| Vitamins | *Caulerpa Ientillifera* | DRI male | DRI female |
|---|---|---|---|
| Total Vitamin A[c] | 170 | 700 | 600 |
| Vitamin E | 2.22 | 15 | 15 |
| Vitamin C | 1.00 | 90 | 75 |
| Thiamin | 0.05 | 1.2 | 1.1 |
| Riboflavin | 0.02 | 1.3 | 1.1 |
| Niacin | 1.09 | 16 | 14 |

[a] from Nutritive values of Thai foods (Nutrition Division, 2001)
[b] Dietary Reference Intake :- the amount recommended for consume daily for adult of age 19-50 years (Nutrition Division, 2003)
[c] RE (Retinol Equivalent) = 1 microgram (µg) retinol or 6 microgram beta carotene
nd not determined

**ที่มา** : Ratana-arporn and Chirapart (2006)

วิตามิน (Vitamins)เป็นสารที่ทำหน้าที่เสมือนตัวกระตุ้นและควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ของร่างกาย ทั้งยังมีหน้าที่อื่น ๆ อีกมากมาย แต่ไม่ได้เป็นสารให้พลังงานแก่ร่างกายวิตามินแบ่งออกได้ตามคุณสมบัติมี 2 ประเภท คือ (1) วิตามินที่ละลายในไขมัน (Fast Soluble group) มีคุณสมบัติคือ ไม่สูญเสียต่ออาหารที่หุงต้มด้วยความร้อนธรรมดา และไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในไขมัน มีความคงทนไม่เสื่อมง่าย ร่างกายมีการสะสมไว้ที่ตับขับ และจะถูกขับออกมากับปัสสาวะทางอุจจาระ ถ้าร่างกายได้รับมากเกินความต้องการจะเกิดการแพ้ ได้แก่ วิตามิน เอ ดี อี เค (2) วิตามินที่ละลายในน้ำ (Water Soluble group) มีคุณสมบัติ คือ ละลายในน้ำได้ง่าย และอาจถูกทำลายได้ด้วยความร้อนจากการหุงต้ม หรือแสงสว่างถูกทำลายได้ง่ายจากความร้อน แสง และด่าง ไม่มีการสะสมในร่างกาย เมื่อเกินความต้องการไม่มีอาการแพ้ เช่นวิตามินบีรวม วิตามินซี เป็นต้น

วิตามินเอ(เรทินอล-retinol)ทำให้ผิวหนัง เยื่อบุเมือกกระดูก ฟันและผม รวมทั้งการมองเห็น และการสร้างภูมิต้านทานต่างๆ สามารถทำงานได้อย่างปกติ

วิตามินอี (โทโคเฟอรอล, tocopherol)ช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่เป็นสารแอนติออกซิแดนต์

วิตามินซี (กรดแอสคอร์บิค, ascorbic acid)ช่วยในการเจริญเติบโต บำรุงและเสริมสร้างกระดูกและฟันซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอและต่อต้านการติดเชื้อ

ไธอามิน – thiamin (บี1)จำเป็นต่อการทำงานของระบบประสาท ช่วยในการสร้างพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต

ไรโบฟลาวิน riboflavin (บี2)ช่วยให้ร่างกายสร้างพลังงานจากอาหารที่ทานเข้าไป

ไนอาซิน – niacin (กรดนิโคตินิค – nicotinic acid, บี3)จำเป็นต่อการทำงานของระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาท ช่วยสร้างพลังงาน และควบคุมระดับโคเลสเทอรอลในเลือด

2.2.1.3 Phytonutrientsของสาหร่ายพวงองุ่นนอกจากสารอาหาร วิตามินและเกลือแร่แล้ว ยังมีสารอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งเป็นกลุ่มใหญ่ที่มีความสำคัญต่อการทำงานของร่างกายมนุษย์ สารกลุ่มนี้มีชื่อเรียกหลายแบบ ตั้งแต่ ไฟโตแฟ็คเตอร์ ไฟโตเคมิคอล หรือสารพฤกษเคมี และ ไฟโตนิวเทรียนท์ (Phytonutrients) มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบเฉพาะในพืช สารกลุ่มนี้ทำให้พืชผักมีกลิ่น สี หรือ รส ที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่อาจต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิด เช่น มะเร็ง

ไฟโตนิวเทรียนท์มีทั้งหมดกว่าร้อยล้านชนิด แต่มีเพียง 25,000 ชนิด ที่มนุษย์เรารู้จักและนำมาใช้ประโยชน์ ผักและผลไม้มีไฟโตนิวเทรียนท์ ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระจำนวนมาก ด้วยกลไก ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ Antioxidant ที่นักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า อนุมูลอิสระเป็นสาเหตุของการเกิดโรคหลายชนิด ดังนั้น ปัจจุบันจึงมีการสนับสนุนให้ทานผักและผลไม้มากขึ้น เพื่อช่วยให้ลดการเกิดโรคร้ายต่าง ๆ ทั้งยังทำให้ผิวพรรณสดใส และรู้สึกสมองปลอดโปร่งอีกด้วย

ไฟโตนิวเทรียนท์ ได้แก่ (1) แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) (2)กลูโคไซโนเลท (Glucosinolate) / ไอโซโธโอไซยาเนท (Isothiocynate) (3) โพลีฟินอล (Polyphenols) : ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) , แอนโธไซยานินส์ (Anthocyanins) , ไบโอฟลาโวนอยด์ (Bioflavonoids) , โพรแอนโธไซยานิน (Proanthocyanidins) (4) ไฟโตเอสโตรเจน (Phytoestrogens) (5)เฟนโนลิก (Phenolics) / สารประกอบซีสติก (Cystic Compound) (6) ซาโปนินส์ (Saponins) (7)ไฟโตสเตอรอล (Phytosterol) (8) ซัลไฟด์ (Sulfide) และไธออล (Thiols)

จากการค้นคว้ารายงานวิจัย พบว่า สารสกัดสาหร่ายพวงองุ่นด้วยเอทธานอลมีสารประกอบฟีนอลิก 1.3 mg gallic acid equivalent [GAE]/g dry weight (Nguyen et al., 2011)

### 2.2.2 ฤทธิ์ทางชีวภาพของของสาหร่ายพวงองุ่น

จากการค้นคว้างานวิจัยมีการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายพวงองุ่น พบว่า มีการศึกษาการกระตุ้นการหลั่งอินซูลินในตับอ่อนและการเพิ่มการดูดซึมกลูโคสใน adipocytes ด้วยสารสกัด *C. lentillifera* (Sharma & Rhyu, 2014) พบว่าสารสกัดเอธานอล 10 และ 25 กรัม / มล. ของ *C. lentillifera* ช่วยเพิ่มการหลั่งอินซูลินจากระดับพื้นฐาน 6.2 ถึง 10.7 และ 12.0 นาโนกรัม / มล. ตามลำดับในเซลล์หนู ปริมาณสารสกัดทั้งหมด 125 กรัม / มล. ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการรับกลูโคสและการแสดงออก GLUT-4 เป็น 2.0 และ 1.4 เท่าตามลำดับในเซลล์ 3T3-L1 การติดตามผลในการศึกษานี้ยังได้รายงานว่าสารสกัดจาก *C. lentillifera* ช่วยเพิ่มความต้านทานต่ออินซูลินและควบคุมการเผาผลาญของกลูโคสในหนูอีกด้วย (Sharma, Kim และ Rhyu (2015) การให้สารสกัดเอทานอล *C. lentillifera* เป็นเวลา 6 สัปดาห์สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดสำหรับความต้านทานต่ออินซูลิน (HOMA-IR) ในสัตว์ นอกจากนี้ยังเพิ่มการกิจกรรมของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการเผาผลาญน้ำตาลกลูโคส ได้แก่ ตัวรับอินซูลิน (IR), phosphatidylinositol-3-kinase (PI3-K), ไคเนสที่เปิดใช้งาน 5-AMP (AMPK) และ transporter glucose 4 (GLUT-4) ดังนั้นสาหร่ายองุ่นทะเลจึงมีกิจกรรม insulin-secreting และ insulin-sensitizing

โรคเบาหวานเกิดจากปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ และเกี่ยวข้องกับการเผาผลาญกลูโคสผิดปกติ สารต้านเบาหวานที่เหมาะสมที่สุดไม่เพียงแต่รักษาเซลล์เบต้าให้ทำงานได้ แต่ยังเพิ่มการดูดซึมกลูโคสในเนื้อเยื่อเป้าหมายอินซูลินส่วนใหญ่ สารสกัด *C. lentillifera*ช่วยเพิ่มการหลั่งอินซูลินจากเซลล์ RIN และการดูดซึมกลูโคสที่เพิ่มขึ้นใน adipocytes 3T3-L1 นอกจากนี้สารสกัด *C. lentillifera*ช่วยเพิ่มความแตกต่างของ preadipocyte, การแสดงออกของ GLUT4, และการดูดซึมกลูโคสใน อย่างไรก็ตามการเพิ่มของสารสกัด C. lentillifera ป้องกันเซลล์ RIN จากการบาดเจ็บที่เกิดจากไซโตไคน์และการกระตุ้น NO และ iNOS ในปริมาณที่ลดลง C. lentillifera มีองค์ประกอบทางเคมีหลากหลายประเภทรวมถึงโพลีฟีนอลและสเตอรอลล์ไปจนถึงวิตามินและแร่ธาตุ การทำงานร่วมกันขององค์ประกอบดังกล่าวจะเพิ่มกิจกรรมต่อต้านโรคเบาหวานกลไกของ*C. lentillifera*ไม่เพียงเกี่ยวข้องกับการเพิ่มระดับการหลั่งอินซูลินโดยการป้องกันการผลิต NO และ iNOS จากเซลล์ RIN ที่เกิดจากไซโตไคน์ แต่ยังทำให้การดูดซึมกลูโคสที่เพิ่มขึ้นผ่านการแสดงออก GLUT4 ใน adipocytes 3T3-L1 (Sharma et al., 2014)

สาหร่ายพวงองุ่นช่วยป้องกันหลอดเลือดหัวใจ และโรคหลอดเลือดแดงแข็งตัวบริเวณหัวใจโดยการเปลี่ยนการดูดซึมคอเลสเตอรอลและการเผาผลาญอาหาร ซึ่งจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ไตรกลีเซอไรด์และระดับคอเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDL) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิด hyperlipidemic (Ara, et al., 2005) อาจเนื่องมาจากปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้สูงของ *Caulerpa lentilifera* (25.05-39.67% dw) รวมทั้งมี polyunsaturated fatty acids (PUFA) ในปริมาณที่สูงอีกด้วย (52%) PUFA ช่วยลดความเสี่ยงจากโรคหัวใจ ลดคอเลสเตอรอลความหนาแน่นต่ำ (LDL) แต่ไม่ช่วยลดคอเลสเตอรอล ความหนาแน่นสูง (HDL) สาหร่ายทะเลในอาหารลดน้ำหนักอาจช่วยในการจัดการ

น้ำหนักเนื่องจากมีไขมันต่ำและมีใยอาหารสูง นอกจากนี้สาหร่ายเป็นหนึ่งในแหล่งอาหารที่สำคัญที่สุดของแคลเซียมและฟอสฟอรัสเนื่องจากมีปริมาณที่สูงกว่าแอปเปิ้ลแครอทและมันฝรั่ง ในสาหร่ายพวงองุ่นพบแคลเซียมสูงถึงร้อยละ 1.9 ปริมาณ macro-mineral (Na, K, Ca และ Mg) จากสาหร่ายพวงองุ่นก็สูงมากถึงร้อยละ 12.01-15.53 ปริมาณ trace minerals (Fe, Zn, Cu, Se และ I) มีถึง 7.53-71.53 mg/100 g

สาหร่ายพวงองุ่นในรูปแห้ง (DC) และในรูป freeze dry (FC) มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อและมีฤทธิ์เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ดังตารางที่ 2.7และ 2.8(Ara, et al., 2005)

**ตารางที่ 2.7** Antimicrobial activities ของสารสกัดสาหร่ายพวงองุ่นที่ทำแห้งด้วย oven (DC) และด้วยเครื่อง freeze dryer (FC)

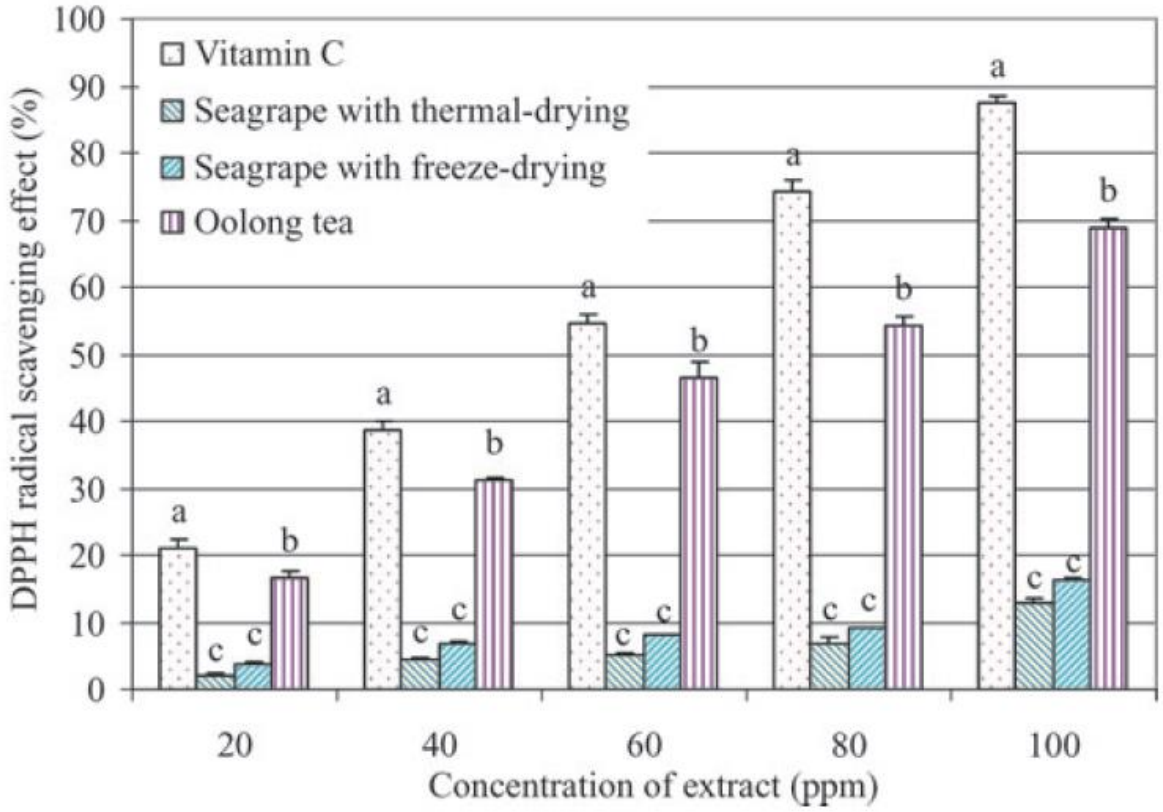
| Microorganism Tests | MIC of Extract (µg/well) | |
|---|---|---|
| | DC | FC |
| *E. coli* | - | 500 |
| *S. aureus* | 400 | 500 |
| *B. subtilis* | 200 | 50 |
| *V. cholerae* | 50 | 500 |
| *C. freundii* | 500 | 400 |
| *V. harveyi* | 500 | 500 |
| *V. vara* | - | 100 |
| *Salmonella* sp. | 500 | - |
| *P. aeruginosa* | - | 500 |
| *A. hydrophila* | 500 | 500 |
| *Bacillus* sp. | 200 | - |
| *K. pneumoniae* | 200 | 500 |
| *C. albicans* | 400 | 500 |

Note: -: no antimicrobial activities

**ตารางที่ 2.8** Antioxidant activities ของสารสกัดสาหร่ายพวงองุ่นที่ทำแห้งด้วย oven (DC) และด้วยเครื่อง freeze dryer (FC)

| Extract | % of antioxidant activity |
|---|---|
| DC | 54.23±2.28%[a] |
| FC | 79.09±0.78%[b] |
| Positive Control (Vitamin C) | 81.78±0.71%[c] |

Values are presented as mean±SD (n=3). Values with different superscript in each row are significantly different from one another ($p < 0.05$)




**ภาพที่ 2.2** DPPH activity ของวิตามินซี สาหร่ายพวงองุ่น ชาอู่หลงที่ความเข้มข้นต่างๆ

**ที่มา** Nguyen et al. (2011)

จากการทดสอบการยอยสลายเม็ดเลือดแดงคน (hemolysis) โดยการนาเชื้อ LAB แต่ละไอโซเลตมา ทำ simple streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ blood agar บมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา24 ชั่วโมง แล้วสังเกตุการเกิด hemolysis แบบ β-hemolysis (ยอยสลายแบบสมบูรณซึ่งจะพบ clear zone ใสรอบๆรอยขีดเชื้อ) ได้ผลดังตารางที่ 2.9

**ตารางที่ 2.9** Hemolytic activities ของสารสกัดสาหร่ายพวงองุ่นที่ทำแห้งด้วย oven (DC) และด้วยเครื่อง freeze dryer (FC)

| Sample | Pencentage of Hemolysis for Concentration (µg/mL) | | |
|---|---|---|---|
| | 100 | 150 | 200 |
| Extract FC | 13.32±0.23a | 13.48±0.27a | 96.71±1.40b |
| Extract DC | 5.11±0.56a | 9.20±1.43b | 96.22±1.77c |

Values are presented as mean±SD (n=3). Values with different superscript in each column are significantly different from one another ($p < 0.05$)

**2.3 ชาสมุนไพร**

ชาเป็นเครื่องดื่มที่พบสารต้านอนุมูลอิสระเป็นส่วนประกอบค่อนข้างสูงจึงทำให้มีความนิยมในการบริโภคชามากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในรูปชง หรือในรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ ขณะเดียวกันสมุนไพรต่างๆของประเทศไทยก็ได้รับการศึกษาในด้านการมีมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นจึงมีชาอีกชนิดที่เริ่มจะเป็นที่รู้จักมากขึ้น คือ ชาสมุนไพร ดังนั้นกระทรวงสาธารณสุขโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข(ฉบับที่280) พ.ศ.2547 เรื่อง ชาสมุนไพรโดยชาสมุนไพรจะต้องมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

ก. ต้องทำจากส่วนต่างๆ ของพืชที่ระบุไว้ในบัญชีแนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข(ฉบับที่280) พ.ศ. 2547 หรือตามรายชื่อที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประกาศเพิ่มเติมโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการอาหาร (ตารางที่ 2.10 และภาพที่ 2.2) มาทำให้แห้งและลดขนาดให้เล็กลงโดยการตัดสับ หรือ บด เท่านั้น ซึ่งยังอยู่ในสภาพที่สามารถตรวจสอบได้ว่ามาจากพืชสมุนไพรใด

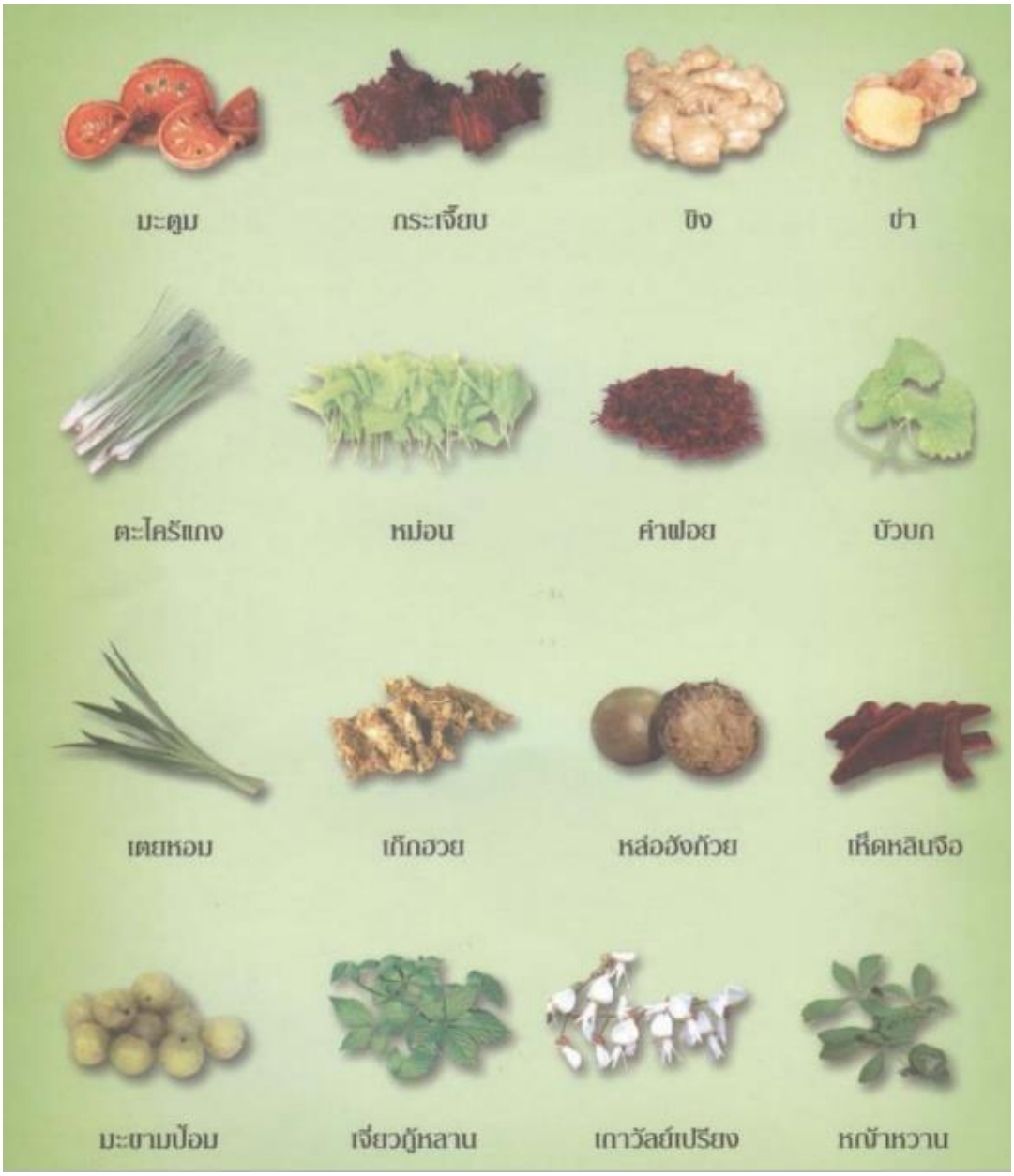
**ตารางที่ 2.10** รายชื่อพืชหรือส่วนต่างๆ ของพืชที่อนุญาตเป็นชาสมุนไพรตามประกาศฯ

| อันดับที่ | ชื่อ | ชื่อสามัญ | ชื่อวิทยาศาสตร์ |
|---|---|---|---|
| 1. | ผลมะตูม | Bael Fruit | *Aegle marmelos (L.) Corr.* |
| 2. | ดอกกระเจี๊ยบ (กลีบเลี้ยงและริ้วประดับ) | Rosella | *Hibicus sabdariffa L.* |
| 3. | เหง้าขิง | Ginger | *Zingiber officinale Roscoe* |
| 4. | เหง้าข่า | Galangal | *Alpinia galanga (L.) Willd* |
| 5. | เหง้าและต้นตะไคร้แกง | Lemon Grass | *Cymbopogon citratus (DC.) Stapf* |
| 6. | ใบหม่อน | White Mulberry. | *Morus alba L.* |
| 7. | ดอกคำฝอย | Safflower (American Saffron) | *Carthamus tinctorius L.* |
| 8. | ใบบัวบก | Asiatic Pennywort | *Centella asiatica (L.) Urban.* |
| 9. | ใบเตยหอม | Pandanus Pandanus | *amaryllifolins Roxb.* |
| 10. | ดอกเก๊กฮวย | Chrysanthemum | *Chrysanthemum indicum L.* |
| 11. | ผลหล่อฮังก้วย | Lou Han Gua | *Momordica grosvenori Swingle* |
| 12. | เห็ดหลินจือ | Reishi (Ling Zhi) | *Ganoderma lucidum (Fr.) Karst.* |
| 13. | ผลมะขามป้อม | Indian Gooseberry | *Phyllanthus emblica L.* |
| 14. | ใบและต้นเจี่ยวกู้หลาน | Jiaogulan | *Gynostemma pentaphyllum (Thunb.) Mak.* |
| 15. | เถาวัลย์เปรียง | Jewel Vine | *Derris scandens Benth.* |
| 16. | ใบหญ้าหวาน | Stevia | *Stevia rebaudiana Bertoni* |

2. มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปบริโภคโดยการต้ม หรือชงกับน้ำเท่านั้น

3. ต้องทำจากพืชสมุนไพรชนิดเดียว หรือผสมกับพืชสมุนไพรชนิดอื่นที่กำหนดเป็นชาสมุนไพรตามรายชื่อในตารางที่ 2.10 หรือผสมกับใบ ยอด และก้านที่ยังอ่อนอยู่ของต้นชาในสกุล Camellia ตามประกาศฯเรื่องชา เท่านั้นผลิตภัณฑมีสวนผสมของชาสมุนไพรไมเกิน 10% จัดเปน ชา ตามประกาศฯ

(ฉบับที่196) เชนใบชาเขียว90% มะตูมแห้ง10%, ใบชา90%, ใบเจี่ยวกู้หลาน 5% ใบหมอน 5%ผลิตภัณฑ์มีสวนผสมของชาสมุนไพรตั้งแต90% ขึ้นไป จัดเปน ชาสมุนไพร ตามประกาศฯ(ฉบับที่280) เชน มะตูมแหง 90% ชาเขียว10%, ใบเจี่ยวกูหลาน 50% ใบหมอน 40% ใบชา10%, ใบเตย95% ใบชา5% เป็นต้น




**ภาพที่ 2.3** พืชหรือส่วนต่างๆ ของพืชที่อนุญาตเป็นชาสมุนไพรตามประกาศฯ

นอกจากนี้การผลิตชาเป็นกิจการที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ พ.ศ.2558 อีกด้วย จึงมีการออกประกาศการควบคุมคุณภาพของชาสมุนไพรให้ได้ตามมาตรฐานดังตารางที่ 2.11

**ตารางที่ 2.11** รายการมาตรฐานของชาสมุนไพร

| ลำดับ | รายการคุณภาพหรือมาตรฐาน | ข้อกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 1. | ความชื้น | ตามมาตรฐานที่กำหนดในตำรายาที่รัฐมนตรีประกาศตามกฎหมายว่าด้วยยา | ในกรณีที่ไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้ ให้มีความชื้นได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนัก |
| 2. | จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค | - ไม่พบ *E.coli* ใน 1 กรัม<br>- ไม่พบ *Staphylococcus aureus* ใน 1 กรัม<br>- ไม่พบ *Clostridium spp* ใน 10 กรัม<br>- ไม่พบ *Salmonella spp* ใน 10 กรัม | |
| 3. | สารปนเปื้อน สารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ หรือสารเป็นพิษอื่น ดังนี้ | ปนเปื้อนได้ในปริมาณที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคซึ่งกำหนดไว้ ดังนี้ | เป็นไปตามประกาศฯเรื่อง ชาสมุนไพร และประกาศฯ ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสาร ปนเปื้อน |
| | -สารหนู | -ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม | -(ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 |
| | -แคดเมียม | -ไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม | -(ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 |
| | -ตะกั่ว | -ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม | -(ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 |
| | -ทองแดง | -ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม | -(ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 |
| | -สังกะสี | -ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม | -(ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 |
| | -เหล็ก | -ไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม | -(ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 |
| | -ดีบุก | -ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม | -(ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 |
| | - ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ | -ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม | -(ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 |
| | - ปรอท | -ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม | -(ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 |
| | - อฟลาทอกซิน | -ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม | -(ฉบับที่ 98) พ.ศ.2529 |
| | - สารปนเปื้อนอื่น | -ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา | -(ฉบับที่ 98) พ.ศ.2529 |
| 4. | สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช | ปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณที่กำหนด | เป็นไปตามประกาศฯ (ฉบับที่ 288) พ.ศ.2548 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง |
| 5. | ยาแผนปัจจุบันหรือวัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาท หรือยาเสพติดให้โทษ | ต้องไม่มีตามกฎหมายว่าด้วยการนั้น แล้วแต่กรณี | |
| 6. | สี | ห้ามใส่ | - |
| 7. | การปรุงแต่งกลิ่น รส ด้วยวัตถุอื่น | ห้ามใส่ | ยกเว้น การปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยสมุนไพรตามที่กำหนดในประกาศฯ เรื่อง ชาสมุนไพร |

**2.3.1 กระบวนการผลิตชา**

กระบวนการผลิตชามีหลายประเภทได้แก่

2.3.1.1. กรรมวิธีการผลิตชาเขียว นำพืชตัวอย่างสด มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า 3 รอบ ผึ่งให้แห้งสนิทในที่ร่ม หั่นพืชตัวอย่างให้มีขนาดประมาณ 0.5 x 4.0 เซนติเมตร ตัดก้านใบออก ชั่งพืชตัวอย่าง พืชอย่างละ 5 กรัม ต่อหนึ่งการทดลองลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 วินาทีจุ่มน้ าเย็นทันที ผึ่งลมให้แห้งหมาดๆ คั่วในกระทะที่อุณหภูมิ50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

2.3.2.2. กรรมวิธีการผลิตชาฝรั่ง นำพืชตัวอย่างสด มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า 3 รอบ ผึ่งให้แห้งสนิทในที่ร่มหั่นพืชตัวอย่างให้มีขนาดประมาณ 0.5 x 5.0 เซนติเมตร ตัดก้านใบออก ชั่งพืชตัวอย่าง พืชอย่างละ 5 กรัม ต่อหนึ่งการทดลองคั่วในกระทะที่อุณหภูมิ 50 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

2.3.1.3. กรรมวิธีการผลิตชาจีน นำพืชตัวอย่างสด มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า 3 รอบ ผึ่งให้แห้งสนิทในที่ร่มหั่นพืชตัวอย่างให้มีขนาดประมาณ 0.5 x 4.0 เซนติเมตร ตัดก้านใบออก ชั่งพืชตัวอย่าง พืชอย่างละ 5 กรัม ต่อหนึ่งการทดลองคั่วในกระทะที่อุณหภูมิ 50 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที

2.3.1.4. กรรมวิธีการผลิตชาอู่หลง นำพืชตัวอย่างสด มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า 3 รอบ ผึ่งให้แห้งสนิทในที่ร่มหั่นพืชตัวอย่างให้มีขนาดประมาณ 0.5 x 4.0 เซนติเมตร ตัดก้านใบออก ชั่งพืชตัวอย่าง พืชอย่างละ 5กรัม ต่อหนึ่งการทดลองคั่วในกระทะที่อุณหภูมิ 50 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

2.3.1.5 กรรมวิธีการผลิตชาใบหม่อน นำใบหม่อนมาคัดเลือก(คัดใบที่ไม่แข็งหยาบเกินไป) นำไปตัดก้านใบและล้างให้สะอาด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ หั่นเป็นชิ้น ๆ ขนาดแนวขวาง 0.5 เซนติเมตร นำไปลวกในน้ำเดือดประมาณ 1นาที และนำมาแช่ในน้ำเย็นจัด บีบน้ำออกจากใบหม่อนให้หมด พักไว้จนสะเด็ดน้ำจากนั้นนวดใบหม่อนด้วยมือนาน 10 นาที ใส่ถาดสแตนเลสเกลี่ยให้มีความหนาเท่าๆกัน นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน 70องศาเซลเซียส จนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 พักใบหม่อนมาให้เย็น และนำไปบดให้ละเอียดที่ขนาด 20เมซ

**2.3.2 กระบวนการทำชาสำเร็จรูป**

ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มผงที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมมีหลายประเภทเช่น น้ำกระเจี๊ยบผงน้ำขิงผง นมถั่วเหลืองผงและอื่นๆอีกมากมาย ในปัจจุบันผู้ผลิตจะทำการศึกษาค้นคว้าถึงกระบวนการผลิตในรูปแบบต่างๆที่เหมาะสมในการรักษาคุณค่าทางอาหารไว้ให้ได้มากที่สุด การผลิต

เครื่องดื่มผงนั้นจะต้องผ่านกระบวนการทำแห้งหรือการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ การทำแห้งสามารถทำได้หลายวิธีทั้งการใช้และไม่ใช้ความร้อน (Warren L.et al.,1993) วิธีการที่ใช้ต้องเหมาะกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ แต่ละวิธีจะมีค่าใช้จ่ายในการผลิตไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้องเลือกวิธีที่ทำให้คุ้มทุนมากที่สุด

2.3.2.1 เตรียมน้ำชาสมุนไพร โดยใช้ข้าวก่ำเพาะงอกคั่ว 500 กรัม แช่ในน้ำปริมาตร 1,500มิลลิลิตร นำมากรอง และผสมกับมอลโทเดกซ์ทริน 3 ระดับ คือ 20, 25 และ 30 % โดยน้ำหนัก คนจนละลายหมด นำมาทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย แปรอุณหภูมิขาเข้า 2 ระดับ คือ 140 และ160 °C

2.3.2.2 การทำข้นเครื่องดื่มที่เตรียม โดยทำข้นด้วยการระเหยน้ำในอ่างน้ำร้อนที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียสโดยที่แต่ละอุณหภูมิแปรผันเวลาในการระเหยน้ำเป็น30 60 90 120 และ 150 นาที ในขณะที่ให้ความร้อนจะมีการกวนตลอดเวลาเพื่อทำให้น้ำระเหยได้เร็วขึ้น (ประมาณ 75°Brix)จากนั้นเติมสารช่วยทำแห้งที่ใช้คือ maltodextrin DE10โดยนำเครื่องดื่มที่ทำข้นมาเติมสารช่วยแห้งโดยแปรผันปริมาณเป็นร้อยละ 20 25 3035 40 และ 60 w/w จากนั้นนำไปบด ผ่านตะแกรงร่อน แล้วอบในเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 70°C นานประมาณ 3 ชัวโมง

**2.3.3 เทคนิคการชิมชา**

การชิมชานั้น นักชิมชาจะเป็นผู้ทดสอบลักษณะทางกายภาพ โดยใช้ประสาทสัมผัสในการสังเกตสีการดมกลิ่น การสัมผัสลักษณะของใบชาและการชิม(ตารางที่ 2.12) ซึ่งนักชิมชาจะมีเครื่องมือสำหรับชิมชา ได้แก่ ชุดแก้วชา ช้อนชิมจานกลมขนาดเล็ก ตาชั่งน้ำหนัก น้ำเปล่า กาน้ำร้อนนาฬิกาจับเวลา (ภาพที่ 2.3) โดยนักชิมชาจะนิยมใช้ชุดชิมชาสีขาว เพื่อที่จะสามารถสังเกตตรวจสอบลักษณะของน้ำชาและใบชาได้ง่ายขึ้น

**ตารางที่ 2.12** ลักษณะกลิ่นที่พบตามประเภทของชา

| ประเภทชา | ระดับการหมัก | ลักษณะกลิ่น |
|---|---|---|
| ชาเขียว | ไม่หมัก | หญ้า, ถั่ว |
| ชาเขียว | กึ่งหมัก | ดอกไม้, หญ้า, ผลไม้, นม, ธัญพืช, ต้นไม้, สมุนไพร |
| ชาขาว | หมักอ่อน | ผลไม้ |
| ชาเหลือง | หมักอ่อนขั้นสุดท้าย | ผลไม้ |
| ชาแดง | หมักเต็มที่ | ผลไม้ |
| ชาดำ | หมักขั้นสุดท้าย | สมุนไพร, ต้นไม้ |

**ภาพที่ 2.4** อุปกรณ์สำหรับชิมชา

วิธีการชงชาจะนำชาที่ต้องการชิมใส่ไปในแก้วชงชาที่มีฝาปิด และเมื่อชงเสร็จนักชิมชาจะเอากากใบชาออกมาวางไว้บนจานสีขาวขนาดเล็กเพื่อรอดูลักษณะทางกายภาพ โดยระหว่างการชิมชานักชิมชาจะดูลักษณะของใบชาก่อนชง และหลังชงชา(ภาพที่ 2.4) โดยตรวจสอบน้ำชาก่อนที่จะดมกลิ่น และซดจากถ้วยหรือจะซดจากช้อนก็ได้ โดยจะชิมรสขณะที่สูดอากาศเข้าไปด้วยเพื่อที่จะให้ได้สัมผัสในปากทำให้ได้รสชาติกระจายออกมามากขึ้นโดยนักชิมชามืออาชีพจะชงชาที่มีความเข้มกว่าปกติเล็กน้อยโดยการเพิ่มปริมาณชาและชงชานานขึ้นเพื่อให้ได้รสชาติที่ซับซ้อนออกมาให้ได้มากที่สุด และเมื่อชิมเสร็จนักชิมจะบ้วนน้ำชาทิ้งออกมา หลังจากนั้นนักชิมชาจะให้เกรดและบันทึก

**ภาพที่ 2.5** วิธีการชงชาเพื่อทดสอบชิม

วิธีการประเมินในขั้นตอนแรกผู้ทดสอบการประเมินจะสังเกตลักษณะที่ปรากฏ (Appearance) ของใบชาแห้ง จากนั้น สังเกตดูสีของน้ำชา (Liquid color) ดมกลิ่น (Aroma) และทดสอบรสชาติ(Taste) ซึ่งใบชาที่ชงแล้ว (Infused leaf) ผู้ทำการทดสอบจะใช้มือสัมผัสดูลักษณะทางกายของกากชา เป็นต้นการผลิตชาในแต่ละฤดูจะให้รสชาติที่แตกต่างกัน ดังนั้นจะต้องผ่านการทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อทดสอบเกรดและคุณภาพชา โดยหาความแตกต่าง ซึ่งขั้นตอนการชิมชานั้นต้องมีความแม่นยำและเหมือนกันทุกครั้ง โดยสิ่งสำคัญเริ่มจากคุณภาพของน้ำที่ใช้ชงชา น้ำหนักของชา อุณหภูมิและปริมาณอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการชงชา เทคนิคเฉพาะบุคคล และระยะเวลาในการชงชา เป็นต้น

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

## 3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 สาหร่ายพวงองุ่นจากโชคมนัสฟาร์ม จังหวัดเพชรบุรี ในระหว่างเดือนมกราคมถึงเมษายน 2562

3.1.2 ใบหม่อนจาก หมู่บ้านพราหมณ์ ตำบลโนนนารายณ์ อำเภอ รัตนบุรี จังหวัดสุรินทร์

3.1.3 อบเชยแห้ง ยี่ห้อ ตรามือที่ 1

3.1.4 กลิ่นมะลิ ยี่ห้อ วินเนอร์ ประเทศไทย

3.1.5 ชาใบหม่อนสำเร็จรูป ยี่ห้อ Dr.Green

3.1.6ชากระเจี๊ยบสำเร็จรูป ยี่ห้อ Dr. Green

3.1.7ชาขิงสำเร็จรูปยี่ห้อ Dr.Green

3.1.8ชาดอกคำฝอยสำเร็จรูปยี่ห้อ Dr.Green

3.1.9ชาตะไคร้สำเร็จรูปยี่ห้อ Dr.Green

## 3.2 อุปกรณ์

3.2.1ตู้แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Thermo ประเทศไทย

3.2.2ตู้แช่เย็น 4 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Thermoประเทศไทย

3.2.3ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อกล้วยน้ำไทเตาอบประเทศไทย

3.2.4เครื่องโม่แห้ง Rotor Beater Mill ยี่ห้อ Retsch GmbHประเทศเยอรมัน

3.2.5เครื่องเขย่าตะแกรง และตะแกรงร่อน ยี่ห้อ Retsch รุ่น AS 200ประเทศเยอรมัน

3.2.6อ่างน้ำร้อน Water Bath ยี่ห้อ Memertประเทศเยอรมัน

3.2.7เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อHunterLab รุ่น MiniScan EZประเทศ เยอรมัน

3.2.8เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartoriusประเทศเยอรมัน

3.2.9เครื่องเซ็นติฟิวส์ ยี่ห้อ Hettich Zentaifugenประเทศเยอรมัน

3.2.10เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างยี่ห้อHanna ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.11เครื่องดูดกลืนแสง ยี่ห้อ Shimadzuประเทศญี่ปุ่น

3.2.12เครื่องผสม Vortex ยี่ห้อ Scientific Industriesประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.13 เครื่องวัดwater activity ยี่ห้อAquaLab

**3.3 สารเคมี**

3.3.1 เฮกเซนHexaneยี่ห้อ Flukaบริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.2 2,2-Diphenyl -1-picrylhydrazyl (DPPH)ยี่ห้อ Merck บริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.3 Ethanol 99.99% ยี่ห้อ Flukaบริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.4 Linoleic Acidยี่ห้อ Merck บริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.5 Potassium Dihydrogen Phosphateยี่ห้อ Flukaบริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.6 Ferrous Chloride ($FeCl_36H_2O$)ยี่ห้อFlukaบริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.7 Ammonium Thiocyanate ($NH_4SCN$)ยี่ห้อFlukaบริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.8 Hydrochloric Acid (HCL)ยี่ห้อ Flukaบริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.9 Sodium Hydroxide (NaOH)ยี่ห้อ Flukaบริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.10 Ferric Chlorideยี่ห้อ Flukaบริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.11 Ferrozineยี่ห้อ Merck บริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.12 Folin & Ciocalteu's reagent ยี่ห้อ Merck บริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.13 Gallic Acid Monohydrateยี่ห้อ Merck บริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.14 Sodium Carbonate ($Na_2CO_3$) ยี่ห้อ Flukaบริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.15 Maltodextrin DE10-12 จาก ZHUCHENG DONGXIAO BIOTECHNOLOGY CO.,LTD

3.3.16 Plate Count Agar Standard Methods Agar (PCA)ยี่ห้อDifco™ บริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

3.3.17 Potato Dextrose Agar (PDA) ยี่ห้อ Difco™ บริษัท อิตัลมาร์ จำกัด

### 3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

#### 3.4.1 การศึกษาสมบัติทางเคมีสมบัติต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่น

##### 3.4.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำสาหร่ายพวงองุ่นตกเกรด (รูปที่ 1 (a)) มาทำการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออก ได้แก่ สาหร่ายที่ไม่สวยสีน้ำตาล หอยตัวเล็กที่ติดมากับสาหร่าย จากนั้นนำไปล้างให้สะอาด และชั่งน้ำหนักสาหน่ายพวงองุ่นที่ได้ (รูปที่ 1 (b)) จากนั้นนำสาหร่ายพวงองุ่นมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีสมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

(a) (b)

**ภาพที่ 3.1** สาหร่ายพวงองุ่นที่นำมาทดลอง

**3.4.1.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นสด**

1) การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีได้แก่

ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ โปรตีนปริมาณโปรตีนรวม โดยวิธี Kjeldahl Method ไขมัน ด้วย soxhlet เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต ความชื้น โดยวิธี Air Oven Method (AOAC, 2000)

ข. การวิเคราะห์เกลือแร่ ได้แก่ สังกะสี เหล็ก ทองแดง ไอโอดีน ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (2005) ด้วยเครื่อง ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer) ยี่ห้อ Varian รุ่น 810-MS

2) การวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชัน

ก. 2, 2- diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radicalassay

ชั่งสารมาตรฐาน วิตามินซี และชาอู่หลง (ฟูเจี้ยนชาอู่หลงใบ) 0.1 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเอทธานอล จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรจากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐาน

ชั่งสาหร่ายพวงองุ่น 10 กรัม ละลายน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที (เลียนแบบการชงชา) จากนั้นปิเปตสารละลายของชาสาหร่ายพวงองุ่นสดที่ได้ ที่ ปริมาตร 0.0125, 0.125, 0.625, 0.50, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย น้ำกลั่น จะได้สารละลายของสารสกัดหยาบที่มีความเข้มข้น 0.01, 0.1, 0.5, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

ปิเปตสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติม 0.2 mM DPPH ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงไปทุกหลอดทดลองผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำคำนวณหา % Inhibitionจากสูตร

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{A_{DPPH} - (A_1 - A_S) \times 100}{A_{DPPH}}$$

$A_{DPPH}$ = ค่าดูดกลืนแสงของ DPPH

$A_1$ = ค่าดูดกลืนแสงของ DPPH + Sample

$A_S$ = ค่าดูดกลืนแสงของ Sample

ทำการพล็อตกราฟหาค่า $IC_{50}$

ข. Metal chelating activity

ทำการทดลองโดยการเตรียมสารและตัวอย่างFerric Chloride 5.0 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 25 มิลลิลิตรจากนั้นเตรียมสารละลาย Ferrozine 12.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 25 มิลลิลิตรแล้วทำการชั่ง Trolox 0.01 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Absolute Ethanol จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน ที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 5.00 มิลลิลิตร ตามลำดับ ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วย Ethanol Absolute จะได้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 5.0, 10, 15, 20 และ 25 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

ชั่งสาหร่ายพวงองุ่น 10 กรัม ละลายน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที (เลียนแบบการชงชา) จะได้สารละลายของสารสกัดหยาบที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรแล้วปิเปตสารละลายของไขมันเมล็ดเงาะที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Ethanol Absolute

จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐาน ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Ferric Chloride 80 ไมโครลิตร และสารละลาย Ferrozine 160 ไมโครลิตร ลงไปทุกหลอดทดลองผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร และทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ

ปิเปตสารละลายของสารสกัดหยาบ ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Ferric Chloride 80 ไมโครลิตร และสารละลาย Ferrozine 160 ไมโครลิตร ลงไปทุกหลอดทดลองผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร และทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำทำการคำนวณโดยใช้สูตร

$$\%\text{Metal chelating activity} = \left((\text{Absorbance}_{(\text{control})} - \text{Absorbance}_{(\text{test})})/\text{Absorbance}_{(\text{control})}\right) * 100$$

3) การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic)โดยชั่งสาหร่ายพวงองุ่น 10 กรัม ละลายน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที (เลียนแบบการชงชาดูดสารละลาย 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสาร Folin 2 มิลลิลิตร ดูดสารละลาย Sodium Chloride 0.8 มิลลิลิตร นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม (Vortex) ตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีในที่มืด นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ มาเทียบคำนวณเป็น mM Trolox equivalent per gram

3.4.1.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าที่ได้จากการทดลองทั้งหมดจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ จะถูกนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 23 (IBM Corp. Released 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.) โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**3.4.2 การศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติทางจุลินทรีย์ สมบัติต้านออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องดื่มชาสำเร็จรูปจากสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่น**

กระบวนการผลิตชาสมุนไพร เริ่มจากการคัดเลือกสิ่งปลอมปน ทำความสะอาดสมุนไพร แล้วทำการลดขนาดก่อนการทำแห้งที่เหมาะสม ดังนั้นในการผลิตชา ต้องมีการอบแห้ง จึงทำการศึกษากระบวนการทำแห้งที่เหมาะสมก่อนการศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตชา

**3.4.2.1 การทำแห้งสาหร่ายพวงองุ่น**

ทำการหาอัตราการอบแห้งสาหร่ายพวงองุ่นที่เหมาะสมด้วย Tray dryerที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่อง ชา กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ของชาแห้งให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก ดังนั้นจึงทำการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งชาให้ได้ความชื้นตามมาตรฐานที่ร้อยละ 8

จากนั้นนำสาหร่ายพวงองุ่นที่ได้ในสภาวะที่คัดเลือกไปทำการวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000) water activity โดยใช้เครื่อง AquaLab โลหะหนัก ได้แก่ สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี เหล็ก ดีบุก ปรอท เกลือแร่ ได้แก่ ทองแดง สังกะสี เหล็กและไอโอดีน AOAC (2005) สมบัติต้านออกซิเดชัน โดยใช้ DPPH method และ Metal chelating method รวมทั้ง Total phenolic content โดยใช้วิธีเดียวกับหัวข้อ 3.4.1.2

**3.4.2.2 กระบวนการผลิตเครื่องดื่มชาสำเร็จรูปจากสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่น**

**3.4.2.2.1 การทดลองเบื้องต้น**

จากการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาผ่านกระบวนการทำชา โดยล้างสาหร่ายพวงองุ่นให้สะอาด ผึ่งลมให้แห้ง (Withering) คั่วชา (Pan firing) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีโดยควบคุมอุณหภูมิของกระทะให้คงที่ นวดชา (Rolling) (ภาพที่ 3.2) จากนั้นทำการอบแห้ง (Drying) แบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จนได้ความชื้นประมาณร้อยละ 5เมื่ออบเสร็จแล้วนำไปปั่นให้เป็นชิ้นเล็กด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้ง แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.36มิลลิเมตร (sieve No. 8)

บรรจุในซองเยื่อกระดาษปริมาณ 2 กรัม ปิดปากถุงด้วยเครื่องปิดปากถุงไฟฟ้า นำชาจากสาหร่ายพวงองุ่นที่บรรจุในซองเยื่อกระดาษไปอบอีกครั้งเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 15นาที เมื่อนำชามาชงพบว่า ได้ชาสีเหลืองอ่อนมาก (ภาพที่ 3.3) น้ำชามีรสเค็ม และน้ำชามีกลิ่นคาวมาก จึงทำการวางแผนการทดลองเพื่อลดความเค็มของสาหร่ายพวงองุ่นก่อนนำมาทำชาต่อไป

(a)

(b)

(c)

**ภาพที่ 3.2** กระบวนการทำชาสาหร่ายพวงองุ่น (a) คั่วชา (Pan firing) (b) นวดชา (Rolling) แล้ว (c) ทำการอบแห้ง (Drying)

**ภาพที่ 3.3** สีของน้ำชาจาก (a) สาหร่ายพวงองุ่นแห้งจากการทดลองเบื้องต้น (b) ชาใบหม่อนที่ขายทางการค้า

#### 3.4.2.2.2 การศึกษาการลดความเค็มและความคาวของสาหร่ายพวงองุ่น

การลดความเค็มและความคาวของสาหร่ายพวงองุ่นก่อนเข้าสู่กระบวนการทำชาได้ถูกนำมาศึกษา เนื่องจากจากการทดลองเบื้องต้นในการนำสาหร่ายพวงองุ่นอบแห้งมาชงแบบชาเพื่อรับประทาน น้ำชาที่ได้ไม่สามารถรับประทานได้ เนื่องจากเค็มและคาวมาก จึงออกแบบการทดลองโดยแปรกระบวนการลดความเค็มและความคาวเป็น 2 แบบคือ การลวกและการแช่

(ก) การลวก นำสาหร่ายพวงองุ่นมา 1 กิโลกรัมลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที ในอัตราส่วนสาหร่ายต่อน้ำเป็น 1:1ทำการวัดค่าความเค็มของน้ำสาหร่ายที่ลวกทิ้งด้วยเครื่อง conductivity meter ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

จากนั้นนำสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการลวก ผึ่งให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วคั่วสาหร่ายในกระทะที่ อุณหภูมิ 60̊ C (โดยวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ที่สาหร่ายพวงองุ่นในกะทะ) เป็นเวลา 10 นาทีผึ่งลมเย็นประมาณ 1 ชั่วโมงจากนั้นใช้ไม้นวด นวดสาหร่ายบนถาด ประมาณ 2 นาทีอบใน Tray dry ที่อุณหภูมิ 60องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ถาดละ 1กิโลกรัม)หลังจากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่อง Blender แล้วกรองด้วยตะแกรงmesh ขนาด100 บรรจุลงถุงชา ถุงละ1 กรัมนำไปอบไล่ความชื้นต่อที่ Tray dry ที่อุณหภูมิ 80°C ประมาณ 5 นาที และบรรจุลงถุงฟอยด์ที่ทึบแสง ปิดปากถุงให้สนิท นำมาทดสอบชิมโดยใช้ผู้ที่ชื่นชอบการทานชาที่ดื่มชาทุกวันจำนวน 5 ท่าน

(ข) การแช่ นำสาหร่ายพวงองุ่น 500 กรัมแช่น้ำเกลือความเข้มข้น 20% ปริมาตร 1 ลิตร แช่ไว้ 10 นาทีล้างออกด้วยน้ำสะอาดแล้วแช่น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส ปริมาตร 1 ลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นแช่สาหร่ายพวงองุ่นในน้ำเกลือความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1 ลิตรเป็นเวลา 1 วัน แล้วทำการเปลี่ยนเป็นน้ำสะอาด ปริมาตร 1 ลิตร แช่อีก 1 วัน และทำการเปลี่ยนน้ำแช่ซ้ำอีก 1 วันทำการวัดค่าความเค็มของน้ำสาหร่ายที่แช่ทิ้งทุกวันด้วยเครื่อง conductivity meter ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

จากนั้นนำสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการลวก ผึ่งให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วคั่วสาหร่ายในกระทะที่ อุณหภูมิ 60̊ C (โดยวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ที่สาหร่ายพวงองุ่นในกะทะ) เป็นเวลา 10 นาทีผึ่งลมเย็นประมาณ 1 ชั่วโมงจากนั้นใช้ไม้นวด นวดสาหร่ายบนถาด ประมาณ 2 นาทีอบใน Tray dry ที่อุณหภูมิ 60องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ถาดละ 1กิโลกรัม)หลังจากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่อง Blender แล้วกรองด้วยตะแกรงmesh ขนาด100 บรรจุลงถุงชา ถุงละ1 กรัมนำไปอบไล่ความชื้นต่อที่ Tray dry ที่อุณหภูมิ 80°C ประมาณ 5 นาที และบรรจุลงถุงฟอยด์ที่ทึบแสง ปิดปากถุงให้สนิท นำมาทดสอบชิมโดยใช้ผู้ที่ชื่นชอบการทานชาที่ดื่มชาทุกวันจำนวน 5 ท่าน

**3.4.2.2.3 การศึกษาส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นในการทำชาที่เหมาะสม**

ปัจจุบันมีการนำพืชสมุนไพรหลายชนิดมาผลิตเป็นเครื่องดื่มชาสมุนไพร ซึ่ง ชาสมุนไพรจัดเปนอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข(ฉบับที่280) พ.ศ. 2547 เรื่อง ชาสมุนไพร มีผลบังคับใช้วันที่ 27 กรกฎาคม 2547 โดยลงราชกิจจานุเบกษา ฉบับทั่วไป เลม 121 ตอนพิเศษ 82 ง. ลงวันที่26 กรกฎาคม 2547 มีอยู่ 16 ชนิดคือ ผลมะตูม ดอกกระเจี๊ยบ เหง้าขิง เหง้าข่า เหง้าและต้นตะไคร้แกง ใบหม่อน ดอกคำฝอย ใบบัวบก ใบเตยหอม ดอกเก๊กฮวย ผลหล่อฮังก้วย เห็ดหลินจือ ผลมะขามป้อม ใบและต้นเจี่ยวกู้หลาน เถาวัลย์เปรียง และ ใบหญ้าหวาน จึงพิจารณานำชาสมุนไพรเหล่านี้มาผสมกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง

(ก) การศึกษาเบื้องต้นในการคัดเลือกพืชสมุนไพรที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้นำชาสมุนไพรที่คัดเลือกได้แก่ ชาใบหม่อนสำเร็จรูป ชากระเจี๊ยบสำเร็จรูป ชาขิงสำเร็จรูป ชาดอกคำฝอยสำเร็จรูป ชาตะไคร้สำเร็จรูป มาผสมกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้งและอบเชยอบแห้ง เพื่อกลบกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง โดยพัฒนาสูตรชาให้มีสีและกลิ่นรสที่น่ารับประทาน ดังตารางที่ 3.1 โดยผสมชา 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

**ตารางที่ 3.1** ส่วนผสมชาสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นอบแห้ง

| สูตรที่ | ส่วนผสม | อัตราส่วน (g, DW) |
|---|---|---|
| 1 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาใบหม่อน | 1:1 |
| 2 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชากระเจี๊ยบ | 1:1 |
| 3 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาขิง | 1:1 |
| 4 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาดอกคำฝอย | 1:1 |
| 5 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาตะไคร้ | 1:1 |
| 6 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:อบเชยอบแห้ง | 1:1 |

ทำการประเมินด้วยวิธี qualitative sensory analysis โดยใช้ผู้ที่ชื่นชอบการทานชาที่ดื่มชาทุกวันจำนวน 5 ท่าน และ ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในด้านลักษณะปรากฏกลิ่นรสสี และความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 ท่านให้ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างเครื่องดื่มชาโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 5 คะแนน (5–point hedonicscale)

(ข) การศึกษาสูตรชาสมุนไพรที่เหมาะสมจากใบหม่อน อบเชย สาหร่ายพวงองุ่นกลิ่นมะลิ

จากการทดลองในขั้นตอนที่ 3.4.2.2.3 (ก) พบว่า สูตรที่ได้ค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด คือ ชาใบหม่อนผสมสาหร่ายพวงองุ่นแห้งและอบเชยแห้งผสมสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง จึงนำใบหม่อนและอบเชยแห้งมาทำการศึกษาพัฒนาสูตรชาที่เหมาะสมต่อไป

นำใบหม่อน 1 กิโลกรัมมาคัดเลือกใบจากใบอ่อนสามใบแรก จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาด หั่นตามแนวขวาง 1 นิ้ว จากนั้นนำไปนึ่งด้วยไอน้ำที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ผึ่งลมเย็น 15 นาที นำมาคั่วในกะทะที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป้นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปอบใน tray dry ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที.หลังจากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่อง Blender แล้วกรองด้วยตะแกรงmesh ขนาด100 บรรจุลงถุงชา ถุงละ1 กรัมนำไปอบไล่ความชื้นต่อที่ Tray dry ที่อุณหภูมิ 80 $^{o}$C ประมาณ 5 นาที และบรรจุลงถุงฟอยด์ที่ทึบแสง

ทำการพัฒนาสูตรชาสมุนไพรที่เหมาะสมจากใบหม่อน อบเชย สาหร่ายพวงองุ่น 4 สูตร ตามตารางที่ 3.2 จากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏกลิ่นรส สีและความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 5-point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ประเมินกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 ท่านนำน้ำชาทั้ง 4 สูตรไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพดังนี้สี (L* , a* ,b*) โดยใช้เครื่อง HunterLab D25 รุ่น DP-9000 และ pH โดยใช้เครื่อง Microprocessor pH meter (HANNA instruments pH 211)

**ตารางที่ 3.2** อัตราส่วนของชาสมุนไพรจากชาใบหม่อน อบเชยแห้งและสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง

| สูตร | อัตราส่วน (กรัม)<br>(สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย) |
|---|---|
| 1 | 1 : 2 : 1 |
| 2 | 2 : 1 : 2 |
| 3 | 1 : 1 : 2 |
| 4 | 2 : 2 : 1 |

จากการทดสอบชิม พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสูตรที่ 1 และ 4 มาก แต่ให้คะแนนด้านกลิ่นรสต่ำ และเสนอแนะให้ปรับสูตรให้มีกลิ่นรสที่ดีขึ้น เนื่องจาก พืชสมุนไพรที่ใช้ยังไม่สามารถลดกลิ่นคาวของสาหร่ายพวงองุ่นได้อย่างสมบูรณ์ จึงทำการพัฒนาสูตรชาสมุนไพรจากชาใบหม่อน อบเชยแห้ง และสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง กลิ่นมะลิ ดังตารางที่ 3.3 จากนั้นประเมินด้วยวิธี qualitative sensory analysis โดยใช้ผู้ที่ชื่นชอบการทานชาที่ดื่มชาทุกวันจำนวน 5 ท่าน และ ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในด้านลักษณะปรากฏกลิ่นรสสี และความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 ท่าน ให้ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างเครื่องดื่มชาโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 5 คะแนน (5–point hedonic scale)

**ตารางที่3.3** อัตราส่วนของชาสมุนไพรจากชาใบหม่อน อบเชยแห้งและสาหร่ายพวงองุ่นแห้งกลิ่นมะลิ

| สูตร | อัตราส่วน(กรัม)<br>(สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย : กลิ่นมะลิ) |
|---|---|
| 1 | 1 : 2 : 1 : 3 |
| 2 | 2 : 2 : 1 : 3 |

นำน้ำชาทั้ง 2 สูตรไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพดังนี้

- สี (L* , a* ,b*)โดยใช้เครื่อง HunterLab D25 รุ่น DP-9000
- pH โดยใช้เครื่อง Microprocessor pH meter (HANNA instruments pH 211)

**3.4.2.2.4 การผลิตเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นที่เหมาะสม**

จากการทดลองพบว่า การชงชามีผลต่อรสชาติ สีของชา อย่างมาก ส่งผลต่อความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปเพื่อลดความผิดพลาดในการชงชา เพิ่มความพึงพอใจของผูบริดภคเมื่อนำไปต่อยอดเชิงการค้า

นำสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดในขั้นตอน 3.4.2.2.3 (ข) มาพัฒนาเป็นเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นที่เหมาะสมโดยโดยใช้Maltodextrin DE 10 เพื่อทำเป็นผงชาสำเร็จรูปตามวิธีของ สโรบล และคณะ (2554) โดยนำน้ำชาสาหร่ายพวงองุ่นจากสูตรที่เหมาะสม 80 กรัมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มาเติม Maltodextrin 20กรัม ผสมให้เข้ากัน แล้วนำมาเทใส่ถาดนำไปอบด้วยTray dry ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสประมาณ 1.30 ชั่วโมงจนแห้งนำมาบด้วยเครื่อง Blenderแล้วกรองด้วยตะแกรง mesh ขนาด 100 บรรจุผงชาที่ได้ในถุงฟอยด์ ปิดผนึกจากนั้นประเมินคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นที่ได้

**3.4.2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่น**

นำเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นที่ได้ขากข้อ 3.4.2.2 มาละลายในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นก่อนที่จะกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์1 เก็บตัวอย่างน้ำชาในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4±2องศาเซลเซียส สำหรับวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ ดังนี้

**3.4.2.3.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพ**

- ผลผลิตที่ได้ คำนวณปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้ (Yield) จากสาหร่ายพวงองุ่นแห้งโดยการชั่งน้ำหนักเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นที่ได้ และน้ำหนักสาหร่ายพวงองุ่นแห้งเริ่มต้น โดยใช้สูตร

  ปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้ = (W1 / W2) x 100

  W1 = น้ำหนักเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นที่ได้

  W2 = น้ำหนักสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง
- สี (L* a* b*)ด้วยเครื่องวัดสี(Hunter Lab Miniscan, Hunter Associate Laboratory, USA.) ซึ่งแสดงค่าสีในเทอมของค่าความสว่าง (lightness, L*) ค่าความเป็นสีแดง (redness, a*)และค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness, b*) โดยค่าสีที่อ่านได้มีดังนี้

  L* คือ ค่าของความสว่าง ถ้าค่ายิ่งสูงความสว่างยิ่งมาก

  a* คือ ค่าของสีแดง (+) จนถึงสีเขียว (-)

  b* คือ ค่าของสีเหลือง (+) จนถึงสีน้ำเงิน (-)

และนำค่าสี L*, a*, b* ที่วัดได้มาคำนวณหาค่าสี 2 ค่า ตามสูตร Hue angle = $\tan^{-1}$ (b*/a*) และ Saturation Index = $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$

- ความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่อง Microprocessor pH meter (HANNA instruments pH 211)
- ความชื้นของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นวิเคราะห์โดยใช้วิธีGravimetric method (ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C.(1990))
- Water activity ของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นโดยใช้เครื่อง AquaLab
- โลหะหนักและเกลือแร่ ได้แก่ สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี เหล็ก ดีบุก ปรอท ไอโอดีน ของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่น

**3.4.2.3.2 การวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชัน**

- 2, 2- diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radicalassayเช่นเดียวกับ 3.4.1.2
- Metal chelating activityเช่นเดียวกับ 3.4.1.2

**3.4.2.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด**เช่นเดียวกับ 3.4.1.2

**3.4.2.3.4 การวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์**

- Total plate count โดยวิธีการ spread plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (AOAC, 2000)
- Total yeast and moldโดยวิธีการ spread plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (AOAC, 2000)

**3.4.2.3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ**

ค่าที่ได้จากการทดลองทั้งหมดจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ จะถูกนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 23 (IBM Corp. Released 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.) โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

### 3.4.3 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติต้านออกซิเดชันของสาหร่ายพวงองุ่นสดและชาสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้

นำผลการวิเคราะห์ของสาหร่ายพวงองุ่นสดและสาหร่ายพวงองุ่นแห้งดังต่อไปนี้มาทำการเปรียบเทียบ

3.4.3.1 เกลือแร่ ได้แก่ สังกะสี เหล็ก ทองแดง ไอโอดีน

3.4.3.2 สมบัติต้านออกซิเดชัน ได้แก่ 2, 2- diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical assay และ Metal chelating activity

3.4.3.3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบสาหร่ายพวงองุ่นแห้งกับ เครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นที่ได้ในข้อ 3.4.3.2-3.4.3.4 ด้วย

### 3.4.4 การถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้ที่ได้จากการวิจัย

จากการดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่น โดยการประสานงานกับโชคมนัสฟาร์ม จังหวัดเพชรบุรี ตามผลสำรวจความประสงค์ขอรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2562 ที่พบว่ามีผู้สนใจเข้ารับการถ่ายทอดฯ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ตำบลบางแก้ว อำเภอบ้านแหลมจังหวัดเพชรบุรี จำนวนประมาณ 7 คน จึงกำหนดจัดการถ่ายทอดเทคโนโลยีในวันเสาร์ที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ณ อาคารปฏิบัติการตึก 16 โดยใช้วิธีบรรยาย สาธิต และให้ทดลองปฏิบัติ

การถ่ายทอดฯเริ่มจากวิทยากร บรรยายรายละเอียด สาธิตขั้นตอนวิธีดำเนินการ และให้ผู้เข้าร่วมการถ่ายทอดฯ ได้ลงมือปฏิบัติ โดยจะมีผู้ช่วยวิทยากรคอยแนะนำ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีฯ ได้รับข้อมูลองค์ความรู้อย่างทั่วถึง เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมทั้งหมดได้แจกแบบประเมินผลสอบถามผู้เข้าร่วมการอบรมทั้ง 7 คน

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมี สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่น

จากการศึกษาสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต ความชื้น และการวิเคราะห์เกลือแร่ ได้แก่ สังกะสี เหล็ก ทองแดง รวมทั้งการวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นสด ได้ผลดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

**ตารางที่ 4.1** ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นสด[¥]

| องค์ประกอบทางเคมี | กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง |
|---|---|
| โปรตีน | 12.19±0.10 |
| ไขมัน | 3.86±0.04 |
| เยื่อใย | 24.50±0.06 |
| เถ้า | 8.59±0.49 |
| คาร์โบไฮเดรต | 50.86 |
| ความชื้น | 25.31±0.29 |

[¥]ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นจากจังหวัดเพชรบุรี มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด (ร้อยละ 50.86) รองลงมาคือเยื่อใย (ร้อยละ 24.50±0.06) และโปรตีน (12.19±0.10) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จากรายงานของ Ratana-arporn and Chirapat (2006) ที่พบปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 59.27 เยื่อใยร้อยละ 3.17±0.21 และโปรตีนร้อยละ 12.49±0.3 ของสาหร่ายพวงองุ่นจากเพชรบุรี จึงเป็นการยืนยันว่าพื้นที่การเพาะ ภูมิอากาศ ความเค็มของน้ำ ปริมาณแสงแดด ของสาหร่ายพวงองุ่นมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่น (Nofiani et al., 2018) เช่นเดียวกับรายงานของ Nofiani et al. (2018) ที่พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นจากอินโดนีเซียแตกต่างจากสาหร่ายพวงองุ่นที่มาจากไต้หวันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.2** ผลการวิเคราะห์เกลือแร่และสมบัติต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นสด[¥]

| เกลือแร่ | มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง | DRI (Male) | DRI (Fenale) |
|---|---|---|---|
| สังกะสี | 10.6102±0.0200 | 1.3 | 7 |
| เหล็ก | 41.3121±0.0401 | 10.4 | 24.7 |
| ทองแดง | 0.9010±0.0803 | 0.9 | 0.9 |
| ไอโอดีน | 14.4000±0.4905 | 0.15 | 0.15 |
| Oxidative properties | | | |
| DPPH (%inhibition) | 65.19± 0.11 | | |
| Metal Chelating activity **(%)** | 43.04± 0.26 | | |
| Total phenolic content (mg GAE/g DW) | 195.20 ± 0.18 | | |

[¥]ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

DRI (Dietary Reference Intake) หมายถึง ปริมาณสารอาหารอางอิงที่ควรไดรับประจำวัน (mg/kg น้ำหนักร่างกาย)

Oxidative properties ที่ความเข้มข้น 100 µg/100 mL

จากตารางพบว่า ปริมาณเกลือแร่ในสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณเหล็กสูงที่สุด (41.3121±0.0401 mg/100 g, DW) รองลงมาคือไอโอดีน สังกะสีและทองแดง เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานวิจัยของ Ratana-arporn and Chirapat (2006) พบปริมาณเหล็กเพียง 9.3 mg/100 g (DW) ปริมาณไอโอดีน 1.424 mg/100 g (DW) ปริมาณสังกะสี 2.6 mg/100 g (DW) ปริมาณทองแดง 2.2 mg/100 g (DW) ซึ่งพบปริมาณเหล็กสูงที่สุดเช่นกัน แต่ปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เป็นการยืนยันว่าพื้นที่การเพาะ ภูมิอากาศ ความเค็มของน้ำ ปริมาณแสงแดด ของสาหร่ายพวงองุ่นมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับค่า DRI ซึ่งเปนคาอางอิงโดยมาจากการคาดคะเนของปริมาณสารอาหารตางๆที่ควรไดรับประจำวันสำหรับคนปรกติอายุ 19-50 ปี เพื่อใหมีสุขภาพดีโดยไดรับสารอาหารเพียงพอไมมากและไมนอยเกินไป (Nutrition Division, 2003) พบว่าสาหร่ายพวงองุ่นเป็นแหล่งเกลือแร่ที่ดีในการบริโภค

**ตารางที่ 4.3** ผลการวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชันของสารมาตรฐาน[¥]

| Methods | | |
|---|---|---|
| DPPH activity (%inhibition) | Vitamin C | 88.12±0.21 |
| | Oolong tea | 62.32±0.19 |
| Metal Chelating activity (%) | Vitamin C | 98.41±0.33 |
| | Oolong tea | 10.01±0.09 |

[¥]ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

เมื่อพิจารณาสมบัติต้านออกซิเดชันในรูป DPPH method พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นสดจากจังหวัดเพชรบุรีมีค่า DPPH activity ที่ความเข้มข้น 100 µg/100 mL มีค่า % inhibition เท่ากับ 65.19± 0.11 ซึ่ง Nyugen et al. (2011) รายงาน DPPH activity ที่ความเข้มข้น 100 µg/100 mL ของสาหร่ายพวงองุ่นแห้งแบบ freeze dry มีค่า %inhibition เท่ากับ 18 แสดงว่า สาหร่ายพวงองุ่นสดมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันดีกว่าในรูปแบบแห้ง และสาหร่ายพวงองุ่นสดมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันน้อยกว่าวิตามินซีแต่ใกล้เคียงชาอู่หลง

อนุมูลอิสระหมายถึงสารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวในอะตอมหรือโมเลกุล เปนสาเหตุให้เกิดโรคตาง ๆ มากมาย ไดแกโรคชราโรคมะเร็ง โรคหัวใจขาดเลือด โรคความจำเสื่อม โรคขออักเสบ โรคภูมิแพโรคความดันโลหิต โรคเหงือก โรคเกี่ยวกับสายตา เกิดความผิดปกติของปอด และระบบประสาท เปนตน ธรรมชาติหรือ รางกายของสิ่งมีชีวิตจึงมีการสรางสารตานอนุมูลอิสระขึ้นมาเพื่อทำหนาที่ในการตานอนุมูลอิสระ ซึ่งกลไกในการตานอนุมูลอิสระมีหลายรูปแบบ เชน การดักจับอนุมูลอิสระการยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน การจับกับโลหะที่สามารถเรงปฏิกิริยาออกซิเดชัน การหยุดปฏิกิริยาการสรางอนุมูลอิสระ การเสริมฤทธิ์และการยับยั้งการทำงานของเอนไซมที่เรงปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ ซึ่งสารตานอนุมูลอิสระมีทั้งจากธรรมชาติและจากการสังเคราะหทั้งนี้การวิเคราะหฤทธิ์ตานอนุมูลอิสระเชิงคุณภาพและปริมาณมีหลายวิธีดวยกัน แตละวิธีมีความจำเพาะแตกตางกัน ปกติมักใชหลายวิธีรวมกันในการตรวจสอบและสรุปผลทั้งนี้เพื่อใหผลการทดสอบมีความถูกตองและแมนยำ

การวิเคราะหฤทธิ์ตานอนุมูลอิสระดวยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (diphenylpicryhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay) เปนการทดสอบดวยวิธีทางเคมีโดยใชสารที่มีคุณสมบัติเปนอนุมูลอิสระในที่นี้ก็คืออนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH•, diphenyl-picryhydrazyl radical) ซึ่งเปนสารสังเคราะหที่อยูในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัวและมีสีมวงสามารถดูดกลืนแสงไดสูงสุดโดยใช้เครื่องสเปกโตโฟโตรมิเตอร (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เมื่อ DPPH• ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายดวยเอทานอล (สารที่ใหอิเล็กตรอน) จะทำใหสีมวงจางลง ๆ จนเปนสีเหลือง ซึ่งกอนนำมาวัดคาการดูดกลืนแสงตองตั้งทิ้งไวที่มืดเปนเวลา 30 นาที เพื่อใหเกิดปฏิกิริยา ทำใหสามารถหาการเปนสารตานอนุมูลอิสระของสารตัวอยางไดจากการคำนวณสีที่จางลงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH วิธีนี้เป็นการหาความสามารถในการให้อิเลคตรอนของสารต้านออกซิเดชัน

สารต้านอนุมูลอิสระบางชนิด สามารถจับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (metal chelation) ซึ่งโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เปอร์ออกไซด์เกิดปฏิกิริยาต่อจนได้กลิ่นหืน โดยสารแอนติออกซิแดนท์จะท้าหน้าที่จับโลหะ ($Fe^{2+}$) ที่มีบทบาทในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ระหว่างโลหะกับ สารแอนติออกซิแดนท์ขึ้น ส่งผลทำให้โลหะหนักเหล่านั้นไม่สามารถทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยผลการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพในการจับโลหะของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายพวงองุ่นสดมีค่าร้อยละ 43.04± 0.26 (ตารางที่ 4.2) ซึ่งมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพในการจับโลหะของชาอู่หลง (ตารางที่ 4.3) ทั้งนี้ Sumintilee et al. (2014) ได้รายงานว่าสารสกัดน้ำร้อนของสาหร่ายพวงองุ่นมีประสิทธิภาพในการจับโลหะ มี ค่ า $EC_{50}$ เท่ า กั บ 271.71 ± 6.33 µg/ml ซึ่งสูงกว่าสาหร่ายทุ่นและสาหร่ายเขากวาง นอกจากนี้ Nyugen et al. (2011) รายงาน chelating activity ของสาหร่ายพวงองุ่นแห้งแบบ freee dry ที่ความเข้มข้น 100 µg/100 mL มีค่า 7.3% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าสาหร่ายสดในงานวิจัยนี้

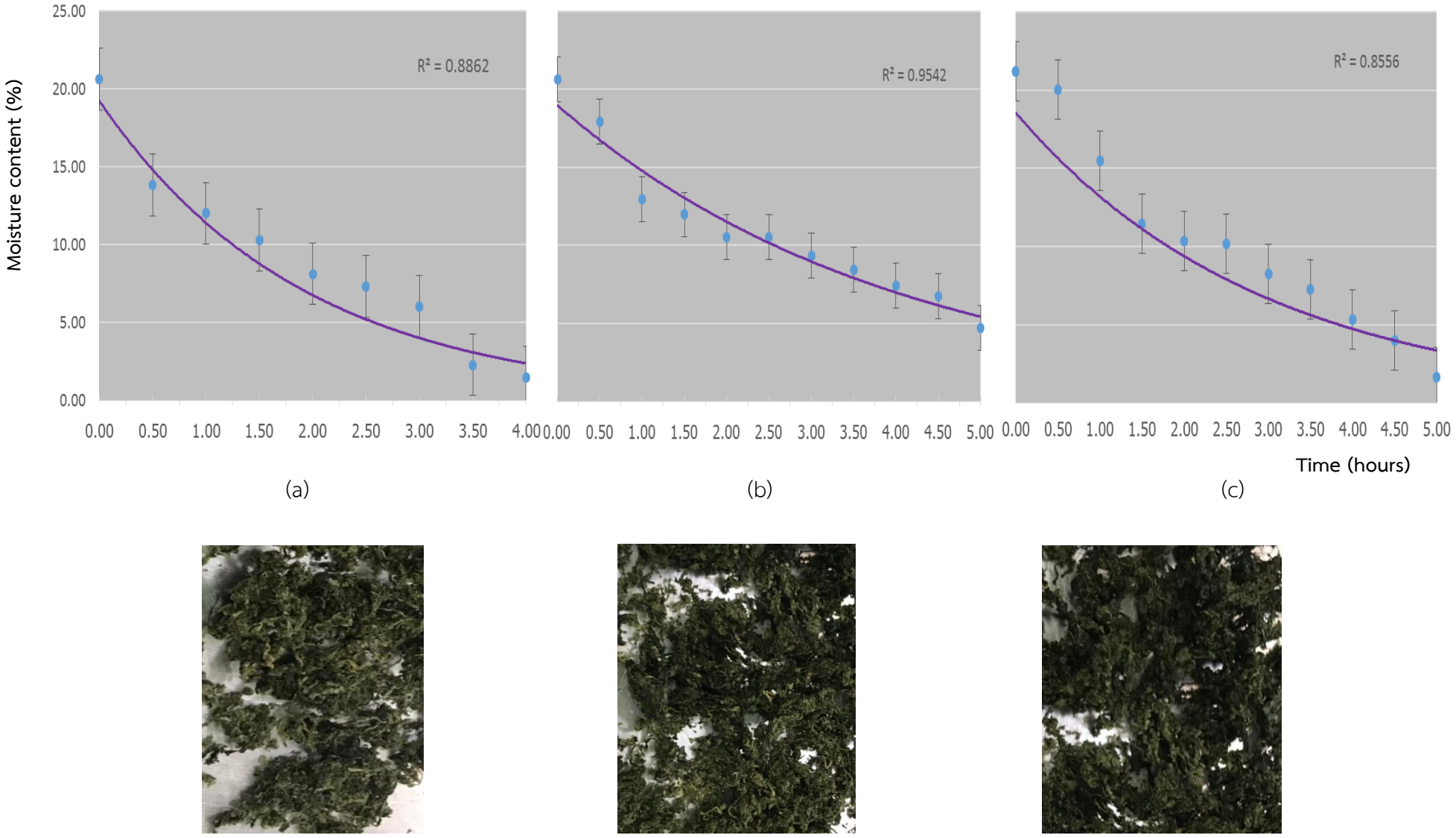
## 4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติทางจุลินทรีย์ สมบัติต้านออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของชาสาหร่ายพวงองุ่น

กระบวนการผลิตชาสมุนไพร เริ่มจากการคัดเลือกสิ่งปลอมปน ทำความสะอาดสมุนไพร แล้วทำการลดขนาดก่อนการทำแห้งที่เหมาะสม ดังนั้นในการผลิตชา ต้องมีการอบแห้ง จึงทำการศึกษากระบวนการทำแห้งที่เหมาะสมก่อนการศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตชา

### 4.2.1 ผลการศึกษาการทำแห้งสาหร่ายพวงองุ่น

จากการหาอัตราการอบแห้งสาหร่ายพวงองุ่นด้วย Tray dryer ที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียสได้ผลดังรูปที่ 4.1 ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่อง ชา กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ของชาแห้งดังต่อไปนี้ (1) มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก (2) มีเถ้าทั้งหมด (total ash) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 และไมเกินร้อยละ 8 ของน้ำหนักชาแห้ง (3) มีเถ้าที่ละลายน้ำได้ (water soluble ash) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 45 ของเถ้าทั้งหมด ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งชาให้ได้ความชื้นตามมาตรฐานที่ร้อยละ 8 จากภาพที่ 4.1 พบว่า ควรใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เนื่องจากชาที่ได้มีสีไม่คล้ำและอบแห้งได้เร็วกว่าที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

จากนั้นนำสาหร่ายพวงองุ่นที่อบที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงไปใช้ในการวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมี water activity โลหะหนัก ได้แก่ สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว ดีบุก ปรอท เกลือแร่ ได้แก่ ทองแดง สังกะสี เหล็กและไอโอดีน สมบัติต้านออกซิเดชัน โดยใช้ DPPH method และ Metal chelating method รวมทั้ง Total phenolic content ได้ผลดังตารางที่ 4.4 และ 4.5




**ภาพที่ 4.1** อัตราการทำแห้งของสาหร่ายพวงองุ่นที่อุณหภูมิ (a) 50 องศาเซลเซียส (b) 60 องสาเซลเซียส และ (c) 70 องศาเซลเซียส

**ตารางที่ 4.4** ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง[¥]

| องค์ประกอบทางเคมี | กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง |
|---|---|
| โปรตีน | 11.61±0.02 |
| ไขมัน | 3.05±0.02 |
| เยื่อใย | 20.89±0.02 |
| เถ้า | 8.52±0.02 |
| คาร์โบไฮเดรต | 55.93 |
| ความชื้น | 7.75±0.02 |

[¥]ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด (ร้อยละ 55.93) รองลงมาคือเยื่อใย (ร้อยละ 20.89±0.02) และโปรตีน (11.61±0.02) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับสาหร่ายพวงองุ่นสด (ตารางที่ 4.1) แสดงว่าการอบแห้งมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่น โดยสาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตลดลง นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยว่า สาหร่ายพวงองุ่นมีสาร Caulerpin และ Caulerpicin เมื่อรับประทานแล้วอาจเกิดอาการคัน สิ้นและปากชาได้สำหรับบุคคลที่แพ้ อย่างไรก็ตามสาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีปริมาณเยื่อใยในอาหารสูงมาก ใยอาหาร เป็นสารอาหารประเภทหนึ่ง เมื่อบริโภคแล้วให้ประโยชน์ต่อร่างกาย และช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรค เช่น ลดปริมาณคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ในเลือด ลดอัตราการเกิดโรคกระดูกพรุน ใยอาหาร เป็นโมเลกุลเชิงซ้อนของคาร์โบไฮเดรต ทนต่อการถูกย่อยสลายโดยกรดในกระเพาะอาหารและเอนไซม์ในลำไส้เล็ก สามารถผ่านถึงลำไส้ใหญ่ในสภาพเดิม ซึ่งบางส่วนอาจถูกย่อยโดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ได้ อย่างไรก็ตาม การรับประทานอาหารที่มีใยอาหารมากเกินไปอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายได้ เช่น มีส่วนทำให้ลดการดูดซึมแร่ธาตุจำพวก แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง และสังกะสี นอกจากนี้กระบวนการย่อยใยอาหารอาจก่อให้เกิดแก๊สในลำไส้ใหญ่ ทำให้อืดอัดท้อง และผายลมมากได้ ดังนั้นควรรับประทานใยอาหารในปริมาณที่เหมาะสม คือ ประมาณ 20 -35 กรัมต่อวัน

**ตารางที่ 4.5** ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง

| Properties | Value |
|---|---|
| Yield (%) | 7.42±0.02 |
| Water activity | 0.1983±0.0020 |
| Heavy metal (mg/100g, DW) | |
| Arsenic | 1.4130±0.0111 |
| Cadmium | 0.0700±0.0024 |
| Lead | 0.0123±0.0045 |
| Tin | ND |
| Mercury | ND |
| Trace element (mg/100g, DW) | |
| Copper | 0.9050±0.0035 |
| Zinc | 10.9080±0.0214 |
| Iron | 41.9690±0.0358 |
| Iodine | 1.4400±0.0143 |
| Oxidative properties | |
| DPPH (%inhibition) | 62.17± 0.19 |
| Metal Chelating activity (%) | 42.04± 0.26 |
| Total phenolic content (mg GAE/g DW) | 113.83 ± 0.12 |

¥ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีค่า water activity เท่ากับ 0.1983±0.0020 แสดงว่าภาวะในการอบแห้งนี้สามารถกำจัดน้ำอิสระออกจากสาหร่ายพวงองุ่นได้ และสาหร่ายพวงองุ่นแห้งนี้สามารถเก้บรักษาได้นาน เนื่องจากมีค่า water activity น้อยกว่า 0.6 รวมทั้งจุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้ นอกจากนี้สาหร่ายพวงองุ่นอบแห้งนี้ไม่พบดีบุกและตะกั่ว จากข้อมูลสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ในการจัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่เกี่ยวข้องกบผลิตภัณฑ์อาหารประเภทสาหร่าย เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่เกี่ยวข้องกบผลิตภัณฑ์อาหารประเภทสาหร่ายทะเล ได้แก่ มผช. 515/2547 สาหร่ายทะเลอบ ซึ่งหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำสาหร่ายทะเลสดหรือสาหร่ายทะเลตากแห้งชนิดที่บริโภคได้ มาตากหรืออบให้แห้ง อาจคั่วหรือทอดน้ำมัน และอาจปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำตาล ซีอิ๊ว กระเทียม พริก ข่า หอมหัวใหญ่ หอมแดง และอาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น งา สมุนไพร มีขอบข่ายครอบคลุมสาหร่ายทะเลที่อบแห้งแล้วอาจปรุงรส

หรือไม่ก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุ กำหนด สารปนเปื้อนได้แก่ (1) ตะกั่วต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (2) สารหนู (คำนวณเป็น $As_2O_3$) ต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (3) ปรอทต้องไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (4) แคดเมียมต้องไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ซึ่งตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นอบแห้งนี้มีการปนเปื้อนโลหะหนักน้อยกว่ามาตรฐานมาก

การอบแห้งสาหร่ายมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องมาจากอุณหภูมิในการอบแห้งมีความสามารถในการทำลายหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารประกอบฟีนอลิกของสาหร่ายพวงองุ่นมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีค่าต่ำกว่าค่าของสาหร่ายพวงองุ่นสด รวมทั้งความสามารถในการจับอิออนโลหะและปริมาณฟีนอลิกก็ลดลงด้วยเช่นกัน เช่นเดียวกับรายงานการวิจัยของ Seewaeng et al. (2019) รายงานว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นทำให้ปริมาณกรดฟีนอลิกลดลงตามลำดับ

### 4.2.2 ผลการศึกษากระบวนการผลิตชาจากสาหร่ายพวงองุ่น

จากการทดลองเบื้องต้นในการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาพัฒนาเป็นชาโดยใช้วิธีการทำแบบชาเขียว พบว่า ชาที่ได้มีกลิ่นคาวและเค็มมาก ไม่สามารถรับประทานได้เลย จึงต้องมีการศึกษาการลดความเค็มและคาวของสาหร่ายพวงองุ่นลงก่อน จากนั้นจึงนำไปผสมกับชาสมุนไพรที่เหมาะสมเพื่อให้มีกลิ่นรสที่ดีและมีสรรพคุณที่ดี จากนั้นจึงนำสูตรที่เหมาะสมไปพัฒนาเป็นชาผงเพื่อสะดวกต่อการบริโภคต่อไป

#### 4.2.2.1 ผลการศึกษาการลดความเค็มและความคาวของสาหร่ายพวงองุ่น

ค่าสภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) บ่งบอกถึงความสามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับ (ก) ความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในน้ำ (ข) อุณหภูมิของน้ำขณะทำการตรวจวัด (ค) ชนิดของสารที่มีประจุ ส่วนมากจะเกิดจากสารประกอบอนินทรีย์มากกว่าสารประกอบอินทรีย์ นอกจากนี้ (ง) จำนวนประจุของสารที่มีประจุก็จะมีผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำ ดังนั้นน้ำที่มีความเค็มมากจะมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่สูงกว่า น้ำประปามีค่าสภาพการนำไฟฟ้าในช่วง 1,000 – 2,000 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร

จากตาราง 4.6 วิธีการลดความเค็มในสาหร่ายพวงองุ่นด้วยการแช่น้ำทิ้ง 3 วันโดยการถ่ายน้ำทิ้งทุกวัน ให้ผลที่ดีกว่า เนื่องจาก ค่าสภาพนำไฟฟ้า (conductivity) ในวันที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้เชี่ยวชาญในการทานชาจำนวน 5 ท่าน (ตารางที่ 4.7) แสดงให้เห็นว่า การแช่สามารถดึงเกลือออกจากสาหร่ายพวงองุ่นได้ดีกว่า และสาหร่ายที่ได้จากกระบวนการแช่จะมีความเต่งหรือสดมากกว่า เนื่องจากน้ำได้แพร่ผ่านเข้าไปในสาหร่าย ซึ่งเกิดจากกระบวนการออสโมซิส

จากนั้นจึงนำมาทำชาสาหร่ายพวงองุ่นตามวิธีการในการทดลองเบื้องต้น พบว่า ชาสาหร่ายพวงองุ่นไม่เค็ม แต่ยังมีกลิ่นคาวเล็กน้อยมากและมีสีเหลืองอ่อน จึงวางแผนการทดลองนำพืชสมุนไพรไทยมาใช้ในการผสมเพื่อทำให้เกิดกลิ่นที่น่ารับประทานและมีสีเข้มขึ้น

**ตารางที่ 4.6** ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ผ่านกระบวนการลดลดความเค็มและความคาวของสาหร่ายพวงองุ่นแบบต่างๆ[¥]

| Treatment | | Conductivity (µS/cm) |
|---|---|---|
| Blanching | 5 mins | 12,900±150 |
| | 10 mins | 5,780±053 |
| | 15 mins | 2,100±024 |
| Soaking | Day 1 | 14,500±104 |
| | Day 2 | 7,250±036 |
| | Day 3 | 1,890±027 |

[¥] Mean from three replications.

**ตารางที่ 4.7** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาหร่ายพวงองุ่นแห้งที่ผ่านกระบวนการลดลดความเค็มและความคาวแบบต่างๆ[¥]

| Treatment | | Go/No go | Concensus from 5 experts |
|---|---|---|---|
| Blanching | 5 mins | No go | มีรสชาติเค็มและเหม็นคาวมาก |
| | 10 mins | No go | มีรสชาติเค็มและเหม็นคาวปานกลาง |
| | 15 mins | No go | มีรสชาติเค็มและเหม็นคาวเล็กน้อย |
| Soaking | Day 1 | No go | มีรสชาติเค็มและเหม็นคาวปานกลาง |
| | Day 2 | No go | มีรสชาติเค็มเล้กน้อยและเหม็นคาวน้อย |
| | Day 3 | Go | มีรสชาติไม่เค็ม แต่ยังมีกลิ่นคาวเล็กน้อย |

[¥] Mean from three replications.

**4.2.2.2 ผลการศึกษาส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นในการทำชาที่เหมาะสม**

นำชาสมุนไพรที่คัดเลือกได้แก่ ชาใบหม่อนสำเร็จรูป ชากระเจี๊ยบสำเร็จรูป ชาขิงสำเร็จรูป ชาดอกคำฝอยสำเร็จรูป ชาตะไคร้สำเร็จรูป อบเชยอบแห้ง มาผสมกับชาสาหร่ายพวงองุ่นเพื่อพัฒนาสูตรชาให้มีสีและกลิ่นรสที่น่ารับประทาน

(ก) ผลการศึกษาเบื้องต้นในการคัดเลือกพืชสมุนไพรที่เหมาะสม

ชาสมุนไพร (Herbal tea) หรือ ทิซาน (tisanes) เป็นชาที่ไม่ได้ทำจากใบของต้นชา (Camellia sinensis) เหมือนใบชาชนิดอื่นๆ แต่ เป็นชาที่ได้จากการนำส่วนของพืช เช่น ใบ ดอก ผล หรือ ราก มาอบแห้ง แล้วชงดื่มคล้ายชา ชาสมุนไพรที่ผลิตจากพืชสมุนไพรชนิดต่างๆ จะได้สรรพคุณต่างๆ ของพืชสมุนไพรที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ บำรุงร่างกาย เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ จึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรเพื่อสุขภาพมากขึ้น

งานวิจัยนี้นำชาสมุนไพรที่คัดเลือกได้แก่ ชาใบหม่อนสำเร็จรูป ชากระเจี๊ยบสำเร็จรูป ชาขิงสำเร็จรูป ชาดอกคำฝอยสำเร็จรูป ชาตะไคร้สำเร็จรูป มาผสมกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้งและอบเชยอบแห้ง เพื่อกลบกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง โดยพัฒนาสูตรชาให้มีสีและกลิ่นรสที่น่ารับประทาน โดยทำการทดสอบด้วยผู้เชี่ยวชาญชาญ 5 ท่านได้ผลดังตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.8** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาจากส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง ด้วยวิธีqualitative sensory analysis

| สูตรที่ | ส่วนผสม | Go/ No go | Concensus from 5 experts |
|---|---|---|---|
| 1 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาใบหม่อน | Go | มีความหอมและสามารถดับกลิ่นคาวของสาหร่ายพวงองุ่นได้อย่างดีและมีสีที่คล้ายคลึงกันกับสีของชาสาหร่ายพวงองุ่น |
| 2 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชากระเจี๊ยบ | No go | มีรสชาติที่เปรี้ยว ไม่สามารถดับกลิ่นคาวรสชาติไม่เหมาะสม |
| 3 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาขิง | No go | มีรสชาติที่เผ็ดร้อน กลิ่นฉุนมากเกินไป |
| 4 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาดอกคำฝอย | No go | มีความหอมและรสชาติที่หวาน มีสีคล้ายกับชาสาหร่ายพวงองุ่น แต่กลิ่นของดอกคำฝอยมีความหวานมากเกินไป |
| 5 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาตะไคร้ | No go | มีรสชาติเหม็นเขียวเล็กน้อย ซึ่งไม่สามารถดับกลิ่นคาวของสาหร่ายพวงองุ่นได้ |
| 6 | สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:อบเชยอบแห้ง | Go | มีความโดดเด่นให้การให้กลิ่นหอมและรสชาติหวานผสมผสานลงตัวได้ดีกับสาหร่ายพวงองุ่น |

จากตารางพบว่า ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นว่า ชาใบหม่อนและอบเชยอบแห้ง ช่วยลดกลิ่นที่คาวของสาหร่ายพวงองุ่นลงได้

**ตารางที่ 4.9** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาจากส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง โดยทดสอบความชอบโดยรวม[¥]

| **ลักษณะ** | สูตรที่ 1 | สูตรที่ 2 | สูตรที่ 3 | สูตรที่ 4 | สูตรที่ 5 | สูตรที่ 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ลักษณะปรากฏ | $3.7\pm0.82^{a}$ | $1.2\pm0.42^{c}$ | $1.4\pm0.70^{c}$ | $2.4\pm0.52^{b}$ | $1.67\pm0.50^{c}$ | $2.8\pm1.03^{b}$ |
| กลิ่นรส | $3.8\pm0.79^{a}$ | $1.2\pm0.42^{b}$ | $1.4\pm0.70^{b}$ | $1.3\pm0.48^{b}$ | $1.4\pm0.52^{b}$ | $3.9\pm0.74^{a}$ |
| สี | $3.5\pm0.97^{a}$ | $1.6\pm0.52^{b}$ | $1.3\pm0.48^{c}$ | $1.5\pm0.53^{b}$ | $1.6\pm0.52^{b}$ | $3.5\pm0.85^{a}$ |
| ความชอบโดยรวม | $4.00\pm0.94^{a}$ | $1.50\pm0.71^{c}$ | $1.40\pm0.52^{c}$ | $1.40\pm0.52^{c}$ | $1.50\pm0.53^{c}$ | $2.90\pm0.74^{b}$ |

[¥] ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 ท่าน

$^{a,b,c,...}$ ค่าที่แสดงในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

$^{ns}$ ค่าที่แสดงในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

สูตรที่ 1-6 เป็นสูตรเดียวกับตารางที่ 4.8

จากผลการวิเคราะห์คะแนนความชอบเฉลี่ย (ตารางที่ 4.9) จากการให้ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างเครื่องดื่มชาโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 5 คะแนน (5–point hedonic scale) พบว่าคุณลักษณะด้านสีของน้ำชาสูตรที่ 1 (สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาใบหม่อน, 1:1) และ 6 (สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:อบเชยอบแห้ง, 1:1) มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 3.5 เมื่อเปรียบเทียบกับชาสูตรอื่น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เช่นเดียวกับคุณลักษณะด้านกลิ่นรส ที่น้ำชาสูตรที่ 1 (สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาใบหม่อน, 1:1) และ 6 (สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:อบเชยอบแห้ง, 1:1) มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยได้รับคะแนนสูงที่สุดในช่วง 3.8-3.9 ในขณะที่ความชอบโดยรวมของน้ำชาสูตร สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง:ชาใบหม่อน, 1:1 มีคะแนนความชอบสูงที่สุด ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลการทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จึงนำใบหม่อนและอบเชยอบแห้งมาทำการผสมกับสาหร่ายพวงองุ่นเพท่อพัฒนาเป็นเครื่องดื่มชาสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นต่อไป

ทำการพัฒนาสูตรชาสมุนไพรที่เหมาะสมจากใบหม่อน อบเชย สาหร่ายพวงองุ่น 4 สูตร ตามตารางที่ 3.2 จากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สีและความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 5-point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ประเมินกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 ท่านได้ผลดังตารางที่ 4.10

**ตารางที่ 4.10** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาจากส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง โดยทดสอบความชอบโดยรวม[¥]

| **ลักษณะ** | สูตรที่ 1 | สูตรที่ 2 | สูตรที่ 3 | สูตรที่ 4 |
|---|---|---|---|---|
| ลักษณะปรากฏ | 3.70±1.06[a] | 2.97±1.27[b] | 3.33±0.90[ab] | 3.53±0.88[a] |
| กลิ่นรส[ns] | 3.03±1.35 | 2.60±1.07 | 2.97±1.10 | 2.80±0.89 |
| สี | 3.43±0.97[a] | 2.67±1.24[b] | 3.36±0.93[a] | 3.37±1.02[a] |
| ความชอบโดยรวม | 3.43±1.19[a] | 2.57±1.10[b] | 3.27±0.98[a] | 3.30±0.91[a] |

[¥] ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 ท่าน

[a,b,c,...] ค่าที่แสดงในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

[ns] ค่าที่แสดงในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

สูตรที่ 1-4 เป็นสูตรเดียวกับตารางที่ 3.2

จากผลการวิเคราะห์คะแนนความชอบเฉลี่ย (ตารางที่ 4.10) จากการให้ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างเครื่องดื่มชาโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 5 คะแนน (5–point hedonic scale) พบว่า คุณลักษณะด้านสีของน้ำชาสูตรที่ 1 (สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 1 : 2 : 1) สูตรที่ 3 (สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 1 : 1 : 2) และ 4 (สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 2 : 2 : 1) มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบสูงที่สุดอยู่ในช่วง 3.36-3.43 แสดงว่า อบเชยมีความสามารถในการให้สีเช่นเดียวกับใบหม่อน แต่สีที่ได้แตกต่างกัน โดยใบหม่อนให้สีออกเขียวเหลือง ในขระที่อบเชยในสีออกน้ำตาล ส้ม เมื่อเปรียบเทียบกับชาสูตรอื่น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คุณลักษณะด้านกลิ่นรสของน้ำชาทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ลักษณะปรากฏของน้ำชาสูตรที่ 1 (สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 1 : 2 : 1) และ 4 (สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 2 : 2 : 1) มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบสูงที่สุดอยู่ในช่วง 3.53-3.70 ในขณะที่ความชอบโดยรวมของน้ำชาสูตรที่ 1,3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงคัดเลือกสูตรที่ 1 สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 1 : 2 : 1 และสูตรที่ 4 สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 2 : 2 : 1 เนื่องจากได้คะแนนความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏและสีสูง แต่นำมาเติมกลิ่นมะลิ เนื่องจากผู้ทดสอบชิมแนะนำว่า ชาที่ได้ ไม่มีความหอมน่ารับประทาน

จากการวิเคราะห์ค่าสีและความเป็นกรดด่างของน้ำชาทั้ง 4 สูตรได้ผลดังตารางที่ 4.11 ระบบสี CIE L*a*b* หรือ CIELAB เป็นระบบการวัดสีที่คำนึงถึงองค์ประกอบ 3 ประการ คือ 1). Light source คือ แหล่งกำเนิดแสง เช่น แสงมาตรฐาน D 65 2). Color object คือ วัตถุมีสี และ 3). Observer คือ ผู้สังเกตการณ์ โดย L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness) L = 0 สีที่ได้จะมืดเป็นสีดำ L = 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง a เป็น – วัตถุมีสีออกเขียว b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง b เป็น – วัตถุมีสีออกน้ำเงิน ซึ่งค่าสี a* b* ที่ได้จากการทดลอง บ่งบอกว่าน้ำชาที่ได้อยู่ในเฉดสีเขียวเหลืองอ่อนๆ

**ตารางที่ 4.11** ผลการวิเคราะห์ค่าสี และ pH ของน้ำชาจากส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง[¥]

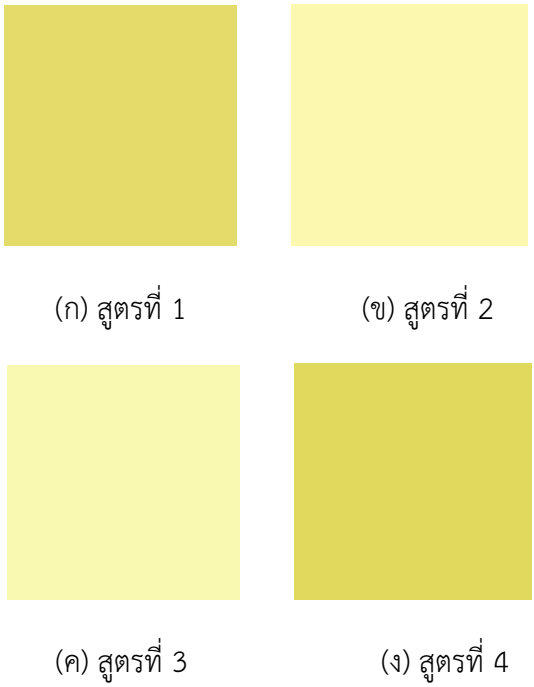
| ชาสาหร่ายพวงองุ่น | ค่าสี | | | pH |
|---|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* | |
| สูตร1 | 86.66±1.04[a] | -8.44±1.41[c] | 55.85±1.78[b] | 7.23±0.02[a] |
| สูตร2 | 96.65±1.41[b] | -6.07±1.43[a] | 35.81±2.39[a] | 7.30±0.01[b] |
| สูตร3 | 95.63±0.51[b] | -7.55±0.29[b] | 34.81±0.86[a] | 7.89±0.01[c] |
| สูตร4 | 85.19±0.60[a] | -9.90±0.83[d] | 60.06±1.03[c] | 7.97±0.01[d] |

[¥a,b,c,...] ค่าที่แสดงในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรที่ 1-4 เป็นสูตรเดียวกับตารางที่ 3.2

จากตารางพบว่า เมื่อนำค่า L* a* b* ไปพิมพ์ค่าสีจาก https://www.e-paint.co.uk/Convert_lab.asp ได้ผลดังภาพที่ 4.2



(ก) สูตรที่ 1 (ข) สูตรที่ 2

(ค) สูตรที่ 3 (ง) สูตรที่ 4

**ภาพที่ 4.2** สีของน้ำชาสมุนไพรจากชาใบหม่อน อบเชยแห้งและสาหร่ายพวงองุ่นแห้งสูตรต่างๆจาก https://www.e-paint.co.uk/Convert_lab.asp

**หมายเหตุ:** สูตรที่ 1-4 เป็นสูตรเดียวกับตารางที่ 3.2

น้ำชาสูตรที่ 1 (สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 1 : 2 : 1) และสูตรที่ 4 (สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 2 : 2 : 1) ให้สีที่เข้มกว่าสูตรอื่นทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณใบหม่อนสูงที่สุดทั้งสองสูตร แสดงว่าใบหม่อนมีผลต่อสีของชาที่ได้มากที่สุด และน้ำชาที่ได้มี pH ช่วง 7.23-7.97 ซึ่งมีความเป็นด่างอ่อนๆ คือน้ำที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.2 – 9.0 ซึ่งมักจะพบว่าเป็นคุณสมบัติของน้ำแร่ที่พบอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่บริสุทธิ์ เช่น น้ำตกที่มาจากภูเขาสูง หรือ จากเครื่องกรองน้ำที่มีหินแร่จากธรรมชาติเป็นส่วนประกอบ นอกจากนั้น ความเป็นด่าง ก็ยังพบได้ในอาหารจำพวก พืช ผัก ผลไม้ น้ำที่มีสภาพความเป็นด่างอ่อนๆ จะช่วยในการปรับสมดุลสภาพความเป็นกรด-ด่างภายในร่างกายให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้เลือดไม่ตองไปดึงแคลเซียมและแมกนีเซียมออกจากอวัยวะต่างๆเพื่อรักษาสภาวะสมดุลของร่างกาย จึงทำให้ร่างกายทำงานได้อย่างปกติซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยให้ร่างกายสามารถต่อต้านโรคภัยต่างๆได้เป็นอย่างดีและนำมาซึ่งสุขภาพที่สมบูรณ์แข็งแรง นอกจากนี้แล้วน้ำด่างมีคุณสมบัติพิเศษในการเพิ่มออกซิเจนได้ดีเนื่องจากมีออกซิเจนในน้ำจะสามารถละลายได้ดีในน้ำที่เป็นด่างมากกว่าน้ำปกติทั่วไป ทำให้ร่างกายสดใส มีพลังงาน และรูสึกสดชื่น ดังนั้นน้ำชาสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นนี้เหมาะแก่การบริโภคเพื่อสุขภาพ

(ข) ผลการศึกษาสูตรชาสมุนไพรที่เหมาะสมจากใบหม่อน อบเชย สาหร่ายพวงองุ่นกลิ่นมะลิ

จากการทดสอบชิมที่ผ่านมา ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสูตรที่ 1 และ 4 มาก แต่ให้คะแนนด้านกลิ่นรสต่ำ และเสนอแนะให้ปรับสูตรให้มีกลิ่นรสที่ดีขึ้น เนื่องจาก พืชสมุนไพรที่ใช้ยังไม่สามารถลดกลิ่นคาวของสาหร่ายพวงองุ่นได้อย่างสมบูรณ์ จึงทำการพัฒนาสูตรชาสมุนไพรจากชาใบหม่อน อบเชยแห้ง และสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง กลิ่นมะลิ จากนั้นประเมินด้วยวิธี Qualitative sensory analysis โดยใช้ผู้ที่ชื่นชอบการทานชาที่ดื่มชาทุกวันจำนวน 5 ท่าน และ ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี และความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 ท่านให้ผู้ทดสอบให้คะแนนตัวอย่างเครื่องดื่มชาโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 5 คะแนน (5–point hedonic scale) ได้ผลดังตารางที่ 4.12

**ตารางที่ 4.12** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาจากส่วนผสมสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง กลิ่นมะลิ โดยทดสอบความชอบโดยรวม[¥]

| **ลักษณะ** | สูตรที่ 1 | สูตรที่ 2 |
|---|---|---|
| ลักษณะปรากฏ | $3.70 \pm 1.06^{a}$ | $2.97 \pm 1.27^{b}$ |
| กลิ่นรส | $3.03 \pm 1.35^{a}$ | $2.60 \pm 1.07^{b}$ |
| สี | $3.43 \pm 0.97^{a}$ | $2.67 \pm 1.24^{b}$ |
| ความชอบโดยรวม | $3.43 \pm 1.19^{a}$ | $2.77 \pm 1.10^{b}$ |
| qualitative sensory analysis | สูตรนี้มีความเหมาะสมและความสมดุลในรสชาติและกลิ่นรส ไม่มีรสชาติไหนโดดเด่นกว่ากัน มีความละมุนและมีกลิ่นของอบเชยที่มีความเหมาะสม สามารถรับประทานได้เรื่อยๆ | มีรสชาติที่สามารถยอมรับได้ สีของใบหม่อนช่วยให้น้ำชามีสีที่ดี กลิ่นอบเชยเข้ากันได้ดีในอัตราที่กำหนดให้กลิ่นที่เหมาะสมไม่แรงจนเกินไป |

[¥] ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 ท่าน

[a,b,c,...] ค่าที่แสดงในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

[ns] ค่าที่แสดงในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

สูตรที่ 1-2 เป็นสูตรเดียวกับตารางที่ 3.3

จากตารางพบว่า ความชอบโดยรวมของน้ำชาสูตรที่ 1 (สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย : กลิ่นมะลิ; 1 : 2 : 1 : 3) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรที่ 2 (สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย : กลิ่นมะลิ; 2 : 2 : 1 : 3) โดยได้คะแนน 3.43 หมายถึง ค่อนข้างชอบ (1 หมายถึง ไม่ชอบมาก และ 5 หมายถึงชอบมาก) แสดงว่าปริมาณสาหร่ายพวงองุ่นที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบลดลง ทั้งนี้ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี ของน้ำชาสูตรที่ 1 ได้ค่าคะแนนความชอบสูงกว่าทั้งหมด เมื่อพิจารณาค่าสี L* a* b* พบว่าค่าความสว่างของน้ำชาทั้งสองสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.13) น้ำชาสูตรที่ 2 มีค่า b* มากกว่าสูตรที่ 1 แสดงว่ามีความเหลืองมากกว่า (ภาพที่ 4.3)

**ตารางที่ 4.13** ผลการวิเคราะห์ค่าสี และ pH ของชาสาหร่ายพวงองุ่น ใบหม่อน อบเชยและกลิ่นมะลิ สังเคราะห์[¥]

| อัตราส่วน(g) (สาหร่ายพวงองุ่น:ใบหม่อน:อบเชย:กลิ่นมะลิ) | ค่าสี | | | pH |
|---|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* | |
| 1 : 2 : 1 : 3 | 88.80±0.09[a] | 3.15±0.07[a] | 60.22±0.18[a] | 8.49±0.01 |
| 2 : 2 : 1 : 3 | 88.00±0.36[a] | 3.02±0.22[b] | 79.33±0.30[b] | 8.56±0.07 |

[¥] [a,b,c,...] ค่าที่แสดงในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

[ns] ค่าที่แสดงในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรที่ 1-2 เป็นสูตรเดียวกับตารางที่ 3.3



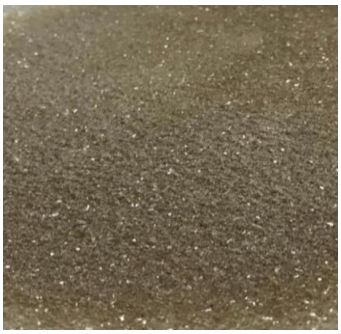
(ก) สูตรที่ 1 (ข) สูตรที่ 2

**ภาพที่ 4.3** สีของน้ำชาสมุนไพรจากชาใบหม่อน อบเชยแห้ง และสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง กลิ่นมะลิ สูตรต่างๆ จาก https://www.e-paint.co.uk/Convert_lab.asp

**หมายเหตุ:** สูตรที่ 1-2 เป็นสูตรเดียวกับตารางที่ 3.3

**4.2.2.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่น**

เตรียมน้ำชาจาก สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง 50 กรัม ใบหม่อนแห้ง 100 กรัม อบเชยแห้ง 50 กรัมผสมน้ำปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที ปล่อยให้เย็นลงเป็นเวลา 30 นาที จึงนำมากรอง และเติมกลิ่นมะลิ 150 กรัม ผสมกับมอลโทเดกซ์ทริน 337.50 กรัม ผสมให้เข้ากัน แล้วนำมาเทใส่ถาดนำไปอบด้วยTray dry ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสประมาณ 1.30 ชั่วโมงจนแห้งนำมาบด้วยเครื่อง Blender แล้วกรองด้วยตะแกรง mesh ขนาด 100 ได้ดังภาพที่ 4.4 บรรจุผงชาที่ได้ในถุงฟอยด์ ปิดผนึก เวลารับประทานสามารถละลายผงชาสำเร็จรูป 1 กรัมต่อน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร จะได้น้ำชาที่มีรสชาติและกลิ่นรส รวมทั้งสีที่เหมาะสมในการรับประทาน



**ภาพที่ 4.4** ลักษณะของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นที่ได้

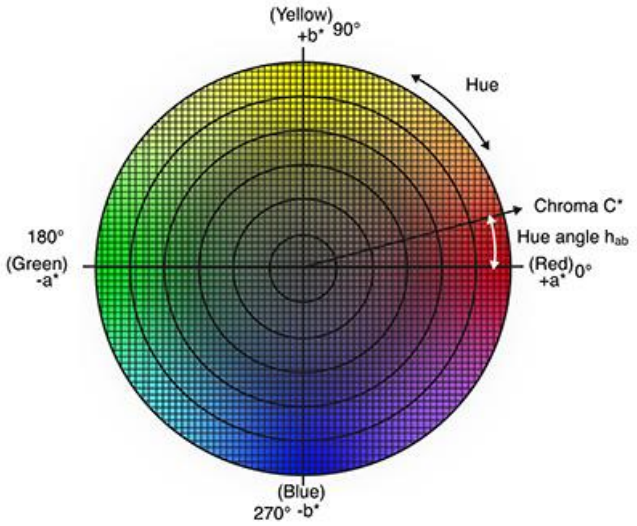
ผงชาที่ได้นำมาประเมินลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ร้อยละของผลผลิต สี pH ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ รวมทั้งลักษณะทางเคมีได้แก่ โลหะหนักและเกลือแร่ ได้แก่ สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี เหล็ก ดีบุก ปรอท ไอโอดีน ประเมินสมบัติต้านออกซิเดชัน สมบัติจุลินทรีย์ ได้ผลดังตารางที่ 4.14

**ตารางที่ 4.14** ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่น

| Properties | Value |
|---|---|
| Yield (%, db) | 72.38±0.18 |
| Color | |
| L* | 48.60±0.48 |
| a* | 8.44±0.22 |
| b* | 49.5±0.09 |
| hue angle | 1.40 |
| Saturation index | 50.21 |
| pH | 8.32±0.02 |
| Moisture (%) | 11.12 |
| Water activity | 0.19 |
| Heavy metal (mg/100g, DW) | |
| Arsenic | 0.0210±0.0001 |
| Cadmium | 0.0200±0.0024 |
| Lead | 0.0053±0.0015 |
| Tin | ND |
| Mercury | ND |
| Trace element | |
| Copper | 0.8050±0.0025 |
| Zinc | 11.1280±0.0144 |
| Iron | 32.1020±0.0157 |
| Iodine | 7.2100±0.0117 |
| Oxidative properties | |
| DPPH (%inhibition) | 77.17± 0.19 |
| Metal Chelating activity (%) | 34.04± 0.21 |
| Total phenolic content (mg GAE/g DW) | 162.11 ± 0.12 |

¥ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตาราง แสดงให้เห็นว่าผงชาสำเร็จรูปได้ปริมาณผลผลิตสูงเนื่องจากส่วนผสมเป็นของแข็งจึงทำให้ได้ผลผลิตที่สูงถึงร้อยละ 72.38±0.18 ค่าสีของเครื่องดื่มชาผงสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นอยู่ในโทนสีแดงเหลือง เนื่องจากมีค่า hue angle เป็น 1.40 (ภาพที่ 4.5)




**ภาพที่ 4.5** ค่า Hue angle ที่สัมพันธ์กับสี

ค่าปริมาณน้ำอิสระของผงชาที่ได้มีค่า 0.19 ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำอิสระที่น้อยมาก จึงสามารถป้องกันการเสื่อมเสียและทำให้ผงชามีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน ผลิตภัณฑ์ผงชาสามารถละลายและคืนรูปได้ดี เนื่องจากมอลโทเดกซ์ทรินสามารถละลายน้ำได้ดี จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่อง ชา กำหนดพบสารปนเปอน ดังตอไปนี้ (1) สารหนู ไมเกิน 0.2 มิลลิกรัม ตอชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม (2) ตะกั่ว ไมเกิน 0.5 มิลลิกรัม ตอชาปรุงสำเรจชนิดเหลว 1 กิโลกรัม (3) ทองแดง ไมเกิน 5 มิลลิกรัม ตอชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม (4) สังกะสี ไมเกิน 5 มิลลิกรัม ตอชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม (5) เหล็ก ไมเกิน 15 มิลลิกรัม ตอชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม (6) ดีบุก ไมเกิน 250 มิลลิกรัม ตอชาปรุงสำเรจชนิดเหลว 1 กิโลกรัม ซึ่งจากผลการวิจัย ชาที่ได้ผ่านมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข

จากการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของผงชาสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นสำเร็จรูป พบว่า ชาสาหร่ายนี้มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ดีกว่าชาอู่หลง (ตารางที่ 4.3) แต่น้อยกว่าวิตามินซี รวมทั้งเมื่อพิจารณาความสามารถในการจับอิออนโลหะก็พบว่า ชาสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นสำเร็จรูปมีความสามารถในการจับอิออนโลหะได้ดีกว่าชาอู่หลงแต่น้อยกว่าวิตามินซี แสดงถึงประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีของผงชาสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นสำเร็จรูป อันเนื่องมาจากสารฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีมากในสาหร่ายพวงองุ่น มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง แม้ว่าในกระบวนการผลิตชา จะผ่านการให้ความร้อนหลายขั้นตอน รวมถึงสารฟีนอลิกก็สามารถเสื่อมสลายได้ง่าย ถ้าอยู่ในสภาวะที่มีความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิ แสงสว่าง ไม่เหมาะสม แต่ชาพร้อมชงที่ได้ก็ยังคงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง เนื่องจากในสาหร่ายพวงองุ่นอุดมไปด้วยปริมาณฟีนอลิกเป็นปริมาณมาก แม้ว่าถูกทำลายไปบางส่วนในระหว่างกระบวนการผลิต แต่ก็ยังมีปริมาณมากพอที่สามารถออกฤทธิ์ได้ดี จึงเหมาะที่จะนำมาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ อันจะเป็นการเพิ่มความ

หลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มชงเพื่อสุขภาพ สำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจต่อสุขภาพต่อไป

**ตารางที่ 4.15** ผลการวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่น[¥]

| Properties | Value |
|---|---|
| Total plate count (CFU/g) | ND |
| Total yeast and mold (CFU/g) | ND |

[¥]ND means not detected.

จากตารางพบว่า ไม่พบจุลินทรีย์ ทั้งนี้ จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่อง ชา กำหนดพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1 \times 10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม แสดงว่าชาที่ผลิตได้มีความปลอดภัยในการบริโภค

### 4.2.3 ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติต้านออกซิเดชันของสาหร่ายพวงองุ่นสดและชาสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติต้านออกซิเดชันของสาหร่ายพวงองุ่นสดและชาสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้ผลดังตารางที่ 4.16 และ 4.17

**ตารางที่ 4.16** ผลการวิเคราะห์เกลือแร่ของสาหร่ายพวงองุ่นสดและชาสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้[¥]

| เกลือแร่ | สาหร่ายสด | ผงเครื่องดื่มชาสาหร่าย | | |
|---|---|---|---|---|
| | มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง | มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง | DRI (Male) | DRI (Female) |
| สังกะสี | 10.6102±0.0200 | 11.1280±0.0144 | 1.3 | 7 |
| เหล็ก | 41.3121±0.0401 | 32.1020±0.0157 | 10.4 | 24.7 |
| ทองแดง | 0.9010±0.0803 | 0.8050±0.0025 | 0.9 | 0.9 |
| ไอโอดีน | 14.4000±0.4905 | 7.2100±0.0117 | 0.15 | 0.15 |

[¥] Mean from three replications.

แม้ว่าร่างกายต้องการแร่ธาตุที่รู้จักกันประมาณ18 ชนิด ในการรักษาสภาพและควบคุมการทำงาน แต่ปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภค (RDA: Recommended Dietary Allowance) ได้กำหนดไว้เพียง 7 ตัว คือ แคลเซียม ไอโอดีน แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส ซีลีเนียม เหล็ก และสังกะสี นอกจากนี้วิตามินจะไม่สามารถทำงานและไม่สามารถถูกดูดซึมได้เลยหากปราศจากแร่ธาตุ ถึงแม้ว่าร่างกายจะสังเคาะห์วิตามินบางตัวได้เอง แต่กลับไม่สามารถผลิดแร่ธาตุได้เลยสักตัว ยกตัวอย่างแร่ธาตุที่ช่วย

เสริมการทำงานให้วิตามินทำงานได้มีประสิทธิภาพ เช่น วิตามิน A ทำงานร่วมกับแร่ธาตุอย่าง แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และสังกะสี ได้ดีที่สุด วิตามิน B ทำงานร่วมกับแร่ธาตุโคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โพแทสเซียม และโซเดียม วิตามิน C ทำงานร่วมกับแร่ธาตุแคลเซียม โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก และโซเดียม สำหรับวิตามินดี ทำงานร่วมกับแร่ธาตุแคลเซียม ทองแดง แมกนีเซียม ซีลีเนียม และโซเดียม และสำหรับวิตามิน E ทำงานได้ดีหากได้ร่วมกับแร่ธาตุ แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซีลีเนียม โซเดียม และสังกะสี เป็นต้น

จากปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (DietaryReferenceIntake, DRI) ของแร่ธาตุพบว่า เครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นอุดมไปด้วยแร่ธาตุ เนื่องจากสาหร่ายพวงองุ่นอุดมไปด้วยแร่ธาตุ เมื่อนำใบหม่อนและอบเชยแห้งมาผสม ทำให้ปริมาณเหล็กและไอโอดีนลดลง (ตารางที่ 4.16) อย่างไรก็ตามเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่นมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสาหร่ายพวงองุ่นสด (ตารางที่ 4.17) แต่มีความสารถในการจับอนุมูลโลหะและมีปริมาณฟีนอลิกลดลง เนื่องจากผสมใบหม่อนแห้ง และอบเชยแห้ง

**ตารางที่ 4.17** ผลการวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชันของสาหร่ายพวงองุ่นสดและชาสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้[¥]

| Oxidative properties | สาหร่ายสด | ผงเครื่องดื่มชาสาหร่าย |
|---|---|---|
| DPPH (%inhibition) | 65.19± 0.11 | 77.17± 0.19 |
| Metal Chelating activity **(%)** | 43.04± 0.26 | 34.04± 0.21 |
| Total phenolic content (mg GAE/g DW) | 195.20 ± 0.18 | 162.11 ± 0.12 |

[¥] Mean from three replications.

**4.2.4 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้ที่ได้จากการวิจัย**

จากการดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มชาผงสำเร็จรูปจากสมุนไพรกับสาหร่ายพวงองุ่น โดยการประสานงานกับ โชคมนัสฟาร์ม จังหวัดเพชรบุรี ตามผลสำรวจความประสงค์ขอรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2562 ที่พบว่ามีผู้สนใจเข้ารับการถ่ายทอดฯ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ ตำบลบางแก้ว อำเภอบ้านแหลมจังหวัดเพชรบุรี จำนวนประมาณ 7 คน จึงกำหนดจัดการถ่ายทอดเทคโนโลยีในวันเสาร์ที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ณ อาคารปฏิบัติการตึก 16 โดยใช้วิธีบรรยาย สาธิต และให้ทดลองปฏิบัติ

การถ่ายทอดฯเริ่มจากวิทยากร บรรยายรายละเอียด สาธิตขั้นตอนวิธีดำเนินการ และให้ผู้เข้าร่วมการถ่ายทอดฯ ได้ลงมือปฏิบัติ โดยจะมีผู้ช่วยวิทยากรคอยแนะนำ เริ่มจากการคัดเลือก ล้างทำความสะอาด (ภาพที่ 4.6 ก และ ข) การคั่วชา (ภาพที่ 4.6 ค) การอบแห้ง (ภาพที่ 4.7 ก) และการทำผงชา (ภาพที่ 4.7 ข) เพื่อให้ผู้เข้าร่วมรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีฯ ได้รับข้อมูลองค์ความรู้อย่างทั่วถึง

(ก) การคัดเลือก

(ข) การทำความสะอาด

(ค) การคั่วชา

**ภาพที่ 4.6** การถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำชาสาหร่ายพวงองุ่น

(ก) การอบแห้ง

(ข) การทำผงชา

**ภาพที่ 4.7** การถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำผงชาสาหร่ายพวงองุ่น

จากการประเมินแบบสอบถาม พบว่าผู้เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจมากที่สุด ให้คะแนนเต็ม 5 จาก 5 คะแนน เนื่องจากรสชาติ กลิ่นของชาที่ได้ดีมาก และเป็นการเพิ่มโอกาสในการหารายได้ให้แก่เกษตรกร จากการนำสาหร่ายพวงองุ่นตกเกรดที่มักนำปิ้ง มาเพิ่มมูลค่า และสามารถนำไปต่อยอดขายได้จริง

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลอง

## 5.1 การศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่น

สาหร่ายพวงองุ่นตกเกรด จากจังหวัดเพชรบุรีได้ถูกนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นจากจังหวัดเพชรบุรี มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด (ร้อยละ 50.86) รองลงมาคือเยื่อใย (ร้อยละ 24.50±0.06) และโปรตีน (12.19±0.10) ปริมาณเกลือแร่ในสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณเหล็กสูงที่สุด (41.3121±□0.0401 mg/100 g, DW) รองลงมาคือไอโอดีน สังกะสีและทองแดง เมื่อพิจารณาสมบัติต้านออกซิเดชันในรูป DPPH method พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นสดจากจังหวัดเพชรบุรีมีค่า DPPH activity ที่ความเข้มข้น 100 µg/100 mL มีค่า % inhibition เท่ากับ 65.19± 0.11

## 5.2 การศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพ สมบัติต้านออกซิเดชัน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องดื่มชาสมุนไพรสำเร็จรูปผสมสาหร่ายพวงองุ่น

กระบวนการผลิตชาสมุนไพร เริ่มจากการคัดเลือกสิ่งปลอมปน ทำความสะอาดสมุนไพร แล้วทำการลดขนาดก่อนการทำแห้งที่เหมาะสม ดังนั้นในการผลิตชา ต้องมีการอบแห้ง จึงทำการศึกษากระบวนการทำแห้งที่เหมาะสมก่อนการศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตชา พบว่า อัตราการอบแห้งสาหร่ายพวงองุ่นที่เหมาะสมคืออบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อนำสาหร่ายพวงองุ่นแห้งไปวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมี water activity โลหะหนัก ได้แก่ สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว ดีบุก ปรอท เกลือแร่ ได้แก่ ทองแดง สังกะสี เหล็กและไอโอดีน สมบัติต้านออกซิเดชัน โดยใช้ DPPH method และ Metal chelating method รวมทั้ง Total phenolic content พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด (ร้อยละ 55.93) รองลงมาคือเยื่อใย (ร้อยละ 20.89±□0.02) และโปรตีน (11.61□±0.02) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P$<0.05) กับสาหร่ายพวงองุ่นสด ปริมาณเกลือแร่ในสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณเหล็กสูงที่สุด (41.3121±□0.0401 mg/100 g, DW) รองลงมาคือไอโอดีน สังกะสีและทองแดง สาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีค่า water activity เท่ากับ 0.1983±0.0020 แสดงว่าภาวะในการอบแห้งนี้สามารถกำจัดน้ำอิสระออกจากสาหร่ายพวงองุ่นได้ ตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นอบแห้งนี้มีการปนเปื้อนโลหะหนักน้อยกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม การอบแห้งสาหร่ายมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องมาจากอุณหภูมิในการอบแห้งมีความสามารถในการทำลายหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารประกอบฟีนอลิกของสาหร่ายพวงองุ่นมีผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสาหร่ายพวงองุ่นแห้งมีค่าต่ำกว่าค่าของสาหร่ายพวงองุ่นสด รวมทั้งความสามารถในการจับอิออนโลหะและปริมาณฟีนอลิกก็ลดลงด้วยเช่นกัน

จากการทดลองเบื้องต้นในการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาพัฒนาเป็นชาโดยใช้วิธีการทำแบบชาเขียว พบว่า ชาที่ได้มีกลิ่นคาวและเค็มมาก ไม่สามารถรับประทานได้เลย จึงต้องมีการศึกษาการลดความเค็มและคาวของสาหร่ายพวงองุ่นลงก่อน พบว่า วิธีการลดความเค็มในสาหร่ายพวงองุ่นด้วยการแช่น้ำทิ้ง 3 วันโดยการถ่ายน้ำทิ้งทุกวัน ให้ผลที่ดี แต่ยังมีกลิ่นคาวเล็กน้อยมากและมีสีเหลืองอ่อน จึงวางแผนการทดลองนำพืชสมุนไพรไทยมาใช้ในการผสมเพื่อทำให้เกิดกลิ่นที่น่ารับประทานและมีสีเข้มขึ้น

จากการนำชาสมุนไพรที่คัดเลือกได้แก่ ชาใบหม่อนสำเร็จรูป ชากระเจี๊ยบสำเร็จรูป ชาขิงสำเร็จรูป ชาดอกคำฝอยสำเร็จรูป ชาตะไคร้สำเร็จรูป อบเชยอบแห้ง มาผสมกับชาสาหร่ายพวงองุ่นเพื่อพัฒนาสูตรชาให้มีสีและกลิ่นรสที่น่ารับประทาน พบว่า ชาใบหม่อนและอบเชยอบแห้ง ช่วยลดกลิ่นที่คาวของสาหร่ายพวงองุ่นลงได้ จึงนำใบหม่อนและอบเชยอบแห้งมาทำการผสมกับสาหร่ายพวงองุ่นเพื่อพัฒนาเป็นเครื่องดื่มชาสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นต่อไป พบว่าสูตรที่ 1คือ สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 1 : 2 : 1 และสูตรที่ 4 คือ สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย, 2 : 2 : 1 ได้คะแนนความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏและสีสูง จึงนำทั้งสองสูตรมาพัฒนากลิ่นต่อไป เนื่องจากผู้ทดสอบชิมแนะนำว่า ชาที่ได้ ไม่มีความหอมน่ารับประทาน โดยนำมาพัฒนาเติมกลิ่นมะลิ พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับที่สุดคือ น้ำชาสูตรที่ใช้สาหร่ายพวงองุ่น : ใบหม่อน : อบเชย : กลิ่นมะลิ ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 : 3

จากนั้นนำมาพัฒนาเป็นเครื่องดื่มผงชาสมุนไพสำเร็จรูปผสมสาหร่ายพวงองุ่น โดยเตรียมน้ำชาจาก สาหร่ายพวงองุ่นแห้ง 50 กรัม ใบหม่อนแห้ง 100 กรัม อบเชยแห้ง 50 กรัมผสมน้ำปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที ปล่อยให้เย็นลงเป็นเวลา 30 นาที จึงนำมากรอง และเติมกลิ่นมะลิ 150 กรัม ผสมกับมอลโทเดกซ์ทริน 337.50 กรัม ผสมให้เข้ากัน แล้วนำมาเทใส่ถาดนำไปอบด้วยTray dry ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสประมาณ 1.30 ชั่วโมงจนแห้งนำมาบดด้วยเครื่อง Blender แล้วกรองด้วยตะแกรง mesh ขนาด 100 ได้ดังภาพที่ 4.4 บรรจุผงชาที่ได้ในถุงฟอยด์ ปิดผนึก เวลารับประทานสามารถละลายผงชาสำเร็จรูป 1 กรัมต่อน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร จะได้น้ำชาที่มีรสชาติ และกลิ่นรส รวมทั้งสีที่เหมาะสมในการรับประทาน ผงชาที่ได้นำมาประเมินลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ร้อยละของผลผลิต สี pH ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ รวมทั้งลักษณะทางเคมีได้แก่ โลหะหนักและเกลือแร่ ได้แก่ สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี เหล็ก ดีบุก ปรอท ไอโอดีน ประเมินสมบัติต้านออกซิเดชัน สมบัติจุลินทรีย์ พบว่า ค่าสีของเครื่องดื่มชาผงสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นอยู่ในโทนสีแดงเหลือง เนื่องจากมีค่า hue angle เป็น 1.40 ค่าปริมาณน้ำอิสระของผงชาที่ได้มีค่า 0.19 ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำอิสระที่น้อยมาก จึงสามารถป้องกันการเสื่อมเสียและทำให้ผงชามีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน ผลิตภัณฑ์ผงชาสามารถละลายและคืนรูปได้ดี ชาที่ได้ผ่านมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข จากการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของผงชาสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นสำเร็จรูป พบว่า ชาสาหร่ายนี้มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ดีกว่าชาอู่หลง มีความสามารถในการจับอิออนโลหะได้ดีกว่าชาอู่หลงแต่น้อยกว่าวิตามินซี แสดงถึงประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีของผงชาสมุนไพรผสมสาหร่ายพวงองุ่นสำเร็จรูป อันเนื่องมาจากสารฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีมากในสาหร่ายพวงองุ่น

# เอกสารอ้างอิง


นิธิยา รัตนาปนนท์, วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน, กรุงเทพฯ :โอเดียนสโตร์, 2548.

นิสราภรณ์ ภักดีพันธ์. 2554. การเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายพวงองุ่น. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การประมง, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. 2552. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเชิงพานิชย์. วันที่ค้นข้อมูล 1 สิงหาคม 2561, เข้าถึงได้จาก http://www.jobgovern.com/7448

สุพล ตั่นสุวรรณ, มนทกานติท้ามติ้น และสันติภาพ แซ่เฮ้า. (2555). สาหร่ายพวงองุ่น. วันที่ค้นข้อมูล 1 สิงหาคม 2561, เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/cf-coastal_feed

AOAC. 2000. Official methods of analysis. Washington, DC: Association of official analytical chemists.

Apiratikul, R., Madacha, V., and Pavasant, P. 2011. Kinetic and mass transfer analyses of metal biosorption by Caulerpa lentillifera. Desalination 287 (1-3): 303-311.

Arenajo, A. R., Ybañez, A. P.., Ababan, M. M. P., Villajuan, C. E., Lasam, M. R. M., Young, C. P., and Reyes, J. L. A. 2017. The potential anticoagulant property of *Caulerpa lentillifera* crude extract. International Journal of Health Sciences 11 (3): 29-32.

Devi, G. K., Manivannan, K., Thirumaran, G., Rajathi, F., and Anantharaman, P. 2011. In vitro antioxidant activities of selected seaweeds from Southeast coast of India. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine 4 (3): 205-211.

Ganesan, A. R., Tiwari, U., and Rajauria, G. 2019. Seaweed nutraceuticals and their therapeutic role in disease prevention. Food Science and Human Wellness, In press, journal pre-proof, Available online 10 August 2019.

Hong, K., Jeon, H., and Lee, S. B. 2014. Comparison of red, brown and green seaweeds on enzymatic saccharification process. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 20 (5): 2687-2691.

Kazeem, M. I., and Davies, T. C. 2016. Anti-diabetic functional foods as sources of insulin secreting, insulin sensitizing and insulin mimetic agents. Journal of Functional Foods 20: 122-138.

Mohamed, S., Hashim, S. N., and Rahman, H. A. 2012. Seaweeds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy. Trends in Food Science & Technology 23: 83-96.

Nguyen, V. T., Ueng, J., and Tsai, G. 2011. Proximate Composition, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity of Seagrape (*Caulerpa lentillifera*). Journal of Food Science 76 (7): C950-C958.

Nofiani, R., Hertanto, S., Zaharah, T. A., and Gafur, S. 2018. Proximate Compositions and Biological Activities of *Caulerpa lentillifera*. Molekul 13 (2): 141 – 147.

Nurilmala, N. M., Hidayat, T., and Sudirdjo, F. 2016. Characteristics of Seaweed as Raw Materials for Cosmetics. Aquatic Procedia 7: 177-180.

Ratana-arporn, P., and Chirapart, A. 2006. Nutritional Evaluation of Tropical Green Seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulate*. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 40 (Suppl.): 75 – 83.

Sharma, B. R., and Rhyu, D. Y. 2014. Anti-diabetic effects of Caulerpa lentillifera: stimulation of insulin secretion in pancreatic β-cells and enhancement of glucose uptake in adipocytes. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 4(7): 575-580.

Suna, Y., Gong, G., Guo, Y., fuWang, Z., Song, S., Zhu, B., Zhao, L., and Jiang, J. 2018. Purification, structural features and immunostimulatory activity of novel polysaccharides from *Caulerpa lentillifera*. International Journal of Biological Macromolecules 108: 314-323.

Tanna, B., Choudhary, B., and Mishra, A. 2018. Metabolite profiling, antioxidant, scavenging and anti-proliferative activities of selected tropical green seaweeds reveal the nutraceutical potential of *Caulerpa* spp. Algal Research36: 96-105.