



เครื่องดื่มสุขภาพชนิดเจลจากสาหร่ายเตา

ธัญย์สิตา กุลศิริเมธานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

เครื่องดื่มสุขภาพชนิดเจลจากสาหร่ายเตา

ธัญย์สิตา กุลศิริเมธานนท์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง

พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

ประธานกรรมการที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล)

วันที่ 27 เดือน ๓.๓ พ.ศ. 59

กรรมการที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ หวังเจริญ)

วันที่ 27 เดือน ๓.๓ พ.ศ. 59

กรรมการที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)

วันที่ 27 เดือน ๓.๓ พ.ศ. 59

กรรมการที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ)

วันที่ 27 เดือน ๓.๓ พ.ศ. 59

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร

(อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ)

วันที่ 27 เดือน ๓.๓ พ.ศ. 59

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 27 เดือน ๓.๓ พ.ศ. 59

ชื่อเรื่อง	เครื่องดื่มสุขภาพชนิดเจลจากสาหร่ายเตา
ชื่อผู้เขียน	นางสาวธัญย์สิตา กุลศิริเมธานนท์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล

บทคัดย่อ

สาหร่ายเตา เป็นสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่มีฤทธิ์ชีวภาพที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย แต่มีการนำมาบริโภคแค่เพียงในรูปแบบอาหารพื้นบ้าน งานวิจัยนี้จึงนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล ทดสอบฤทธิ์จัดอนุมูลอิสระและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยพัฒนาเป็นเครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตาและผสมสาหร่ายเตาสดอย่างละ 2 กลิ่นคือ กลิ่นใบเตยและกลิ่นมะนาว พบว่าสูตรที่เหมาะสมควรประกอบด้วยคาราจีแนน น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ซอร์บิทอล และกรดซิตริก ร้อยละ 0.75 5 15 และ 0.3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ กลิ่นใบเตยหรือกลิ่นมะนาวร้อยละ 0.1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) กรณีเครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตาใช้สารสกัดสาหร่ายเตาร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ส่วนเครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดใช้สาหร่ายเตาสดร้อยละ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ผลการทดสอบฤทธิ์จัดอนุมูลอิสระพบว่าเครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตากลิ่นมะนาว มีฤทธิ์จัดอนุมูลอิสระ ABTS และฤทธิ์จัดอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์สูงกว่าเครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตากลิ่นใบเตย ผลการทดสอบอายุการเก็บ พบว่า ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บในตู้เย็นได้ อย่างน้อย 15 วัน ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยมาตราวัดความชอบ 9 ระดับ จากตัวอย่างผู้บริโภค จำนวน 400 คน พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับชอบเล็กน้อย – ชอบมากที่สุด และมีผู้ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตากลิ่นใบเตยและกลิ่นมะนาว และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลิ่นใบเตยและกลิ่นมะนาว ร้อยละ 73.91 68.36 77.43 และ 81.41 ตามลำดับ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตา ซึ่งจะสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสาหร่ายเตาและเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่สนใจอาหารเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ: สาหร่ายเตา เครื่องดื่มชนิดเจล อนุมูลอิสระ การยอมรับของผู้บริโภค

Title	Functional Jelly Drink from <i>Spirogyra</i> sp.
Author	Miss Tansita Kusirimatanoon
Degree of	Master of Science in Fisheries Technology
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Doungporn Amornlerdpison

ABSTRACT

Spirogyra neglecta (Hassall) Kützing is a freshwater macroalgae with biological activities and health benefits and has been consumed as a local food. This research was aimed to develop jelly drinks from *Spirogyra* sp., and to study their antioxidant activities, storage time and consumer acceptance. Two recipes of jelly drinks from *Spirogyra* extract containing fresh *Spirogyra* were developed (pandan and lemon flavored). Each recipe contained carrageenan, fructose syrup 55 %, sorbitol and citric acid at 0.7, 15, 5 and 0.3 % (w/v), respectively, as well as pandan or lemon flavor 0.1 % (v/v). *Spirogyra* extract 0.5 % (w/v) was used for producing jelly drinks and 2 % (w/v) of fresh *Spirogyra* was added in case of jelly drinks containing fresh *Spirogyra*. Results showed that the antioxidant activity tests by ABTS and superoxide free radicals of lemon flavored jelly drinks from *Spirogyra* extract were higher than those of pandan flavored products. The shelf life testing showed that all products could be stored at least 15 days in the refrigerator. The consumer acceptance test (n = 400) by 9-point hedonic scaling showed that most consumer rated products at slightly to extremely satisfaction and 73.91, 68.36, 77.43 and 81.41% of them made decision to buy pandan and lemon flavored jelly drinks from *Spirogyra* extract and those of jelly drinks containing fresh *Spirogyra*, respectively. This research showed the market opportunity of jelly drinks from *Spirogyra* sp. which will add income in *Spirogyra* farming and will be an alternative food for health concerning consumers.

Keywords: *Spirogyra neglecta*, jelly drink, antioxidant, acceptance of consumer

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล ที่ให้คำปรึกษาและความอนุเคราะห์ในทุก ๆ ด้านให้ความช่วยเหลือในเรื่องของแหล่งทุนสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนเรื่องแผนการนำเสนอผลงาน ช่วยเขียนงานวิจัยและช่วยตรวจแก้ไขงานวิจัยวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และท่านคอยให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำในการดำเนินงาน ให้กำลังใจคำชี้แนะในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ในชีวิตตลอดการศึกษาและการวิจัยในครั้งนี้

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ หวังเจริญ รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพันธ์ อาจารย์ ดร.สุตาพร ตงศิริ กรรมการที่ปรึกษา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาโรจน์ รอดคีน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ในการให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในเล่มวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณนางสาวรัตนภรณ์ จันทร์ทิพย์ ที่ช่วยให้คำแนะนำระหว่างทำวิจัย

ขอขอบพระคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในการช่วยเรื่องทุนสนับสนุนงานวิจัย และขอบคุณบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) สำหรับการให้ความอนุเคราะห์ทุนการศึกษาส่วนหนึ่ง

ตลอดจนการสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์ สถานที่ บุคลากรภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ทุกท่าน รวมถึงอีกหลายท่านที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ทั้งหมดจนกระทั่งงานวิจัยครั้งนี้ลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณบิดามารดา และญาติพี่น้องที่คอยช่วยเหลือในด้านทุนการศึกษาและเป็นกำลังใจมาโดยตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ธัญย์สิตา กุลศิริเมธานนท์

ตุลาคม 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(10)
สารบัญภาพผนวก	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
คำจำกัดความ	2
กรอบแนวความคิดในการวิจัย	3
บทที่ 2 การทบทวนเอกสาร	4
สาหร่ายเตา	4
ฤทธิ์ชีวภาพของสาหร่ายเตา	6
อนุมูลอิสระ	8
สารต้านอนุมูลอิสระ	12
การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์	13
เครื่องดื่มสุขภาพ	14
เจลลี่	16
ส่วนแบ่งทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่	29
พฤติกรรมผู้บริโภค	30
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	32
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	32
วิธีการดำเนินการวิจัย	33
สถานที่ทำการทดลอง	38

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	39
ผลการศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลผล	39
การคัดเลือกสารเกิดเจลสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/	
สารสกัดจากสาหร่ายเตา	44
ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจล	47
ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตา	50
การศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์	67
การทดสอบอายุการเก็บ	69
ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจล	69
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	74
สรุปผล	74
ข้อเสนอแนะ	77
บรรณานุกรม	78
ภาคผนวก	82
ภาคผนวก ก แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจล	
ผสมสาหร่ายเตา	83
ภาคผนวก ข แบบทดสอบความต้องการของผู้บริโภค	86
ภาคผนวก ค รูปผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา	90
ภาคผนวก ง ประวัติผู้วิจัย	93

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายเตา	6
2	อนุโมลีสระและสารที่เกี่ยวข้อง	11
3	สาเหตุบางประการที่เป็นต้นเหตุของการทำเยลลี่ที่ไม่ได้ผล	19
4	การเปรียบเทียบสมบัติของคาราจีแนนแต่ละชนิด	26
5	ผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตา	39
6	การจัดลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มชนิดเจลกลั่นใบเตย	47
7	การจัดลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มชนิดเจลกลั่นมะนาว	49
8	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลั่นใบเตยในเพศชาย	51
9	ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลั่นรสผิดปกติของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลั่นใบเตย	53
10	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลั่นใบเตยในเพศหญิง	55
11	ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โอกาสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลั่นใบเตยในเพศชาย	56
12	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลั่นมะนาวในเพศหญิง	58
13	ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลั่นรสสาหร่ายและความหวานของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลั่นมะนาว	60
14	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลั่นมะนาว	62
15	ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลั่นรสสาหร่ายของผู้บริโภคเพศหญิงและความหวานของผู้บริโภคเพศชาย ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลั่นมะนาว	64
16	คะแนนรวมการจัดลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มชนิดเจลกลั่นใบเตยผสมสาหร่ายเตาสดโดยผู้บริโภคเพศชายและเพศหญิง	65

ตารางที่		หน้า
17	คะแนนรวมการจัดลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องตีมันชนิดเจลกลิ้ง มะนาวผสมสาหร่ายเตาสดโดยผู้บริโภคเพศชายและเพศหญิง	66
18	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ในผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจล จากสารสกัดสาหร่ายเตา	67
19	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ในผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจล ผสมสาหร่ายเตาสด	68
20	ฤทธิ์ขจัดอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจลจากสาหร่าย เตาสด	68
21	การทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์	69
22	ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจลจาก สารสกัดจากสาหร่ายเตา	70
23	ผลการสอบถามความสนใจในการทดลองซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจลจาก สารสกัดจากสาหร่ายเตา	70
24	ผลการสอบถามความสนใจในการทดลองซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจลจาก สารสกัดจากสาหร่ายเตาแบ่งตามเพศ	71
25	การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสด กลิ้งใบเตย	72
26	การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสด กลิ้งมะนาว	73

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวความคิดในการวิจัย	3
2	สาหร่ายเตา	4
3	อนุโมลิสระ	9
4	เจลลี่อาหารว่าง	16
5	โครงสร้างของเพกทินที่มีโมเลกุลซับซ้อน	24
6	โครงสร้างของเพกทินที่มีกรดกาแลคทูโรนิกเป็นองค์ประกอบหลัก	24
7	โครงสร้างของ extracellular matrix ที่มีเพกทินเป็นองค์ประกอบ	25
8	โครงสร้างของเพกทินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้	25
9	โมเลกุลของเพกทิน (เส้นสีชมพู) ในเนื้อเยื่อของบริเวณ middle lamella และ ผนังเซลล์	27
10	โครงสร้างโมเลกุลของคาราจีแนน	27
11	ความแข็งของเจลที่เตรียมจากสารเกิดเจลในท้องตลาด 3 รายการ	45
12	ปริมาณเยลลี่คาราจีแนน เจลลี่ ที่ทำให้ความแข็งของเจลเท่ากับ 0.04 kgf	46
13	สรุปการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพชนิดเจลจากสาหร่ายเตา	76

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจลผสมสารสกัดสาหร่ายเตา	91
2	ผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลิ่นใบเตย	91
3	ผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลิ่นมะนาว	92

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สาหร่ายเตา เป็นสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่ชาวบ้านในแถบภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนิยมนำมาทำอาหารพื้นบ้าน สาหร่ายเตามีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โยอาหารและไขมัน ร้อยละ 56.31 18.63 11.78 7.66 และ 5.21 โดยน้ำหนักแห้ง และยังเป็นแหล่งที่ดีของแมกนีเซียม วิตามินบี และรงควัตถุหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์เอและบี เบต้าแคโรทีนและแซนโทฟิล เป็นต้น นอกจากนี้สารสกัดสาหร่ายเตายังมีฤทธิ์ชีวภาพที่สำคัญได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ลดน้ำตาลและไขมันในเลือดในภาวะเบาหวาน ฤทธิ์ต้านเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ช่วยป้องกันการเกิดฝ้า กระ และจุดด่างดำ ผลการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน ไม่พบอาการผิดปกติของหนูภายใน 14 วัน และผลการทดสอบการระคายเคืองต่อผิว ไม่พบอาการบวม แดง หรือเป็นผื่นบนผิวหนัง (ยุวดีและคณะ, 2549; 2555; ดวงพรและคณะ, 2555; อีรวัดน์และคณะ, 2555) จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า สาหร่ายเตามีศักยภาพหลายประการที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพได้

ปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพ และผลิตภัณฑ์เสริมอาหารมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากวิถีชีวิตของคนในยุคปัจจุบันโดยเฉพาะคนวัยทำงานที่มักไม่มีเวลาทำอาหารรับประทานเอง ชีวิตต้องเร่งรีบ ทำงานแข่งกับเวลา ทำให้มีเวลาดูแลตัวเองน้อยลง ส่งผลให้เกิดความเครียด ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคและความเจ็บป่วยเรื้อรังต่างๆ ขึ้นได้ อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลมีราคาแพง ทำให้ผู้บริโภคต้องหันมาสนใจในการดูแลสุขภาพตนเองให้มากขึ้น การรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ และผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจึงได้รับความนิยมมากขึ้นในประเทศไทย ซึ่งเครื่องดื่มสุขภาพ (functional drink) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่อยู่ในกระแสความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพและความงาม โดยเฉพาะเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากธรรมชาติจะได้รับการตอบรับมากกว่าสารสังเคราะห์

งานวิจัยนี้จึงนำสาหร่ายเตามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพในรูปแบบเครื่องดื่มชนิดเจล โดยเริ่มต้นจากการศึกษาความต้องการของผู้บริโภค การพัฒนาสูตร การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ การทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ และ การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ เพื่อยืนยันศักยภาพของการใช้สาหร่ายเตาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพเพิ่ม

มูลค่าเชิงพาณิชย์ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสาหร่ายเตา และเป็นอาหารทางเลือกให้กับเด็ก วัยรุ่น และบุคคลทั่วไปที่ต้องการดูแลสุขภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตา
2. เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตาและผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสด
3. เพื่อทดสอบฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตา
4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพจากสาหร่ายเตาที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค
2. เพิ่มมูลค่าสาหร่ายเตาโดยการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ
3. ถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ผู้ประกอบการเพื่อการต่อยอดผลงานวิจัยสู่เชิงพาณิชย์

คำจำกัดความ

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล หมายถึง เจลลี่อ่อนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (จุฬามาตรและคณะ, 2554)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

แนวคิดในการวิจัยนี้ เริ่มต้นจากการศึกษาความต้องการของผู้บริโภค การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตา และ การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสด การทดสอบฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดในวิจัย

บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร

สาหร่ายเตา

สาหร่ายเตาหรือเพาน้ำเป็นสาหร่ายสีเขียวในสกุลหรือ Genus *Spirogyra* สาหร่ายชนิดนี้มีลักษณะเป็นเส้นสาย โดยมักเกิดรวมกันเป็นกลุ่มอาจอยู่ที่ก้นบ่อกับก้อนดินก้อนหินหรืออาจจะลอยอยู่บริเวณผิวน้ำพบ Genus นี้มีประมาณ 290 ชนิดแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันตามขนาดและรูปร่างของเซลล์จำนวนของคลอโรพลาสต์การสืบพันธุ์ขนาดและสีของไซโกต ลักษณะของสาหร่ายชนิดนี้จะเป็นเส้นสายยาวไม่แตกแขนงคล้ายเส้นผม สีเขียวสดจับดูจะรู้สึกลื่นมือเนื่องจากมีเมือกหุ้มอยู่ภายนอกเซลล์จะมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกซึ่งมีขนาดตั้งแต่ความยาวเท่าความกว้างจนถึงความยาวมากกว่าความกว้างหลายเท่าผนังเซลล์มี 3 ชั้นชั้นในและชั้นกลางเป็นพวกเซลล์ูโลสส่วนชั้นนอกเป็นพวกเพคโตส (pectose) ภายในเซลล์มีแวคิวโอลตรงกลางอันใหญ่มีนิวเคลียสแขวนลอยอยู่โดยมีสายไซโตพลาสซึม (cytoplasmic strand) เชื่อมโยงและยึดไว้กับผนังเซลล์ภายในไซโตพลาสซึมอาจเกิดปรากฏการณ์ไซโคลซิส (cyclosis) คลอโรพลาสต์อาจมีตั้งแต่ 1 อันหรือหลายๆอันขึ้นอยู่กับอายุและชนิดมีลักษณะเป็นเส้นขดจากปลายเซลล์ข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่งลักษณะการขดของคลอโรพลาสต์เป็นลวดลายคล้ายริบบิ้นบนเส้นสายคลอโรพลาสต์จะมีไพรีนอยด์เรียงเป็นแถวตลอดสายผนังเซลล์ด้านขวางจะเชื่อมโยงโดยมีความกว้างระหว่างเซลล์ต่อเซลล์มองดูเป็นรูปตัว H พบว่าสาหร่ายในสกุลนี้บางชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้แบบร่อน(gliding) (ยวดี, 2549)



ภาพที่ 2 สาหร่ายเตา

Bold and Wynne (1985) ได้มีการจัดลำดับทางด้านอนุกรมวิธานของสาหร่ายเตาจากภาพที่ 2 ดังนี้

Division Chlorophyta

Order Zygnematales

Class Zygnemaphyceae

Class Zygnemaphyceae

Family Zygnemataceae

Genus *Spirogyra*

ชาวบ้านในแถบพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนิยมนำมาปรุงเป็นอาหารพื้นบ้าน ได้แก่ ตำเตา ลาบเตา เตาชุบแป้งทอด และข้าวเกรียบเตาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายเตาพบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน ใยอาหารและวิตามิน ร้อยละ 56.31 18.63 11.78 7.66 และ 5.21 โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (บุญมี, 2530; Peerapornpisalet al., 1997) สาหร่ายเตาเป็นสาหร่ายที่มีความนิยมนำมาปรุงเป็นอาหารพื้นเมืองของชาวภาคเหนือที่รู้จักกันดีที่เรียกว่า ยำเตา ซึ่งจะนำสาหร่ายสีเขียวสดๆ มาใส่เครื่องยาต่างๆ ซึ่งได้แก่ มะเขือแจ้หรือมะเขือพวงลูกเล็กๆ หั่นเป็นแว่น ตะไคร้ซอย หอมแดงซอย พริกขี้หนูซอย น้ำมะนาว น้ำปลา บางแห่งอาจจะใส่น้ำปู ปลาต้ม หรือปลาล้างแล้วก็รับประทานกับข้าวเหนียวร้อนๆ ซึ่งถือ อาหารชั้นยอดของชาวบ้านในแถบภาคเหนือ นอกจากนั้นยังมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เป็นสาหร่ายแผ่น เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่าสาหร่ายเตามีคุณค่าทางโภชนาการดังนี้ ยวดี และคณะ (2549)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายเตา

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
คาร์โบไฮเดรต	56.31
โปรตีน	18.65
เถ้า	11.78
ความชื้น	8.05
ใยอาหาร	7.66
ไขมัน	5.21
เหล็ก	0.34
แคลเซียม	0.27

ที่มา : อารัตน์ (2547)

ฤทธิ์ชีวภาพของสาหร่ายเตา

ยุวดีและคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาศักยภาพของสาหร่ายเตา (*Spirogyra* spp.) ในการนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพโดยทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใน 3 วิธีการคือฤทธิ์ต้านการเกิด Lipid peroxidation (LPO) การขจัดอนุมูล Superoxide radical ($O_2^{\bullet}$) และอนุมูล Hydroxyl radical ($OH^{\bullet}$) การเกิด LPO เป็นภาวะบ่งชี้ว่าร่างกายถูกออกซิไดซ์โดยอนุมูลอิสระเป็นกระบวนการที่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและฟอสโฟลิปิดเกิดการเสื่อมสภาพจากการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (Masao *et al.*, 1993) ส่วนอนุมูล $O_2^{\bullet}$ เป็นอนุมูลที่สำคัญและมีการสร้างขึ้นได้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกายนอกจากนี้ยังเป็นอนุมูลเริ่มต้นที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระตัวอื่นๆอีกมากมาย (Nikishimiet *al.*, 1972) ส่วนอนุมูล $OH^{\bullet}$ เป็นอนุมูลที่มีความรุนแรงและมีความไวในการทำปฏิกิริยาสูงสามารถทำลายเซลล์ให้ได้รับความเสียหายอย่างมาก (Halliwell *et al.*, 1987) ผลการทดลองพบว่า สารสกัดน้ำของสาหร่ายเตาสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ทั้ง 3 การทดสอบ และยังพบว่าสาหร่ายสามารถต้านการอักเสบในหนูขาวได้อีกด้วย (ยุวดี และคณะ, 2555)

ดวงพร และคณะ (2555) พบว่า สาหร่ายเตามีฤทธิ์ปกป้องแผลในกระเพาะอาหาร จากการนำเอาส่วนสารสกัดน้ำของสาหร่ายเตามาทดสอบฤทธิ์ปกป้องแผลในกระเพาะอาหาร ซึ่งการเหนี่ยวนำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารหนูขาวโดยทำให้เกิดความเครียดจากการขังกรงและแช่น้ำสาร

ผสม HCl/ethanol และยา indomethacin พบว่าส่วนสกัดน้ำของสาหร่ายเตาที่ป้อนให้ทางปากในขนาด 500 มก. ต่อ น้ำหนักหนู 1 กก. สามารถยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหารได้ทั้ง 3 การทดลอง

ธีระวัฒน์และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลของสาหร่ายเตาต่อการเจริญเติบโตของปลานิลในกระชัง โดยให้สาหร่ายเตาผสมในอาหารปลาที่ระดับร้อยละ 0 ร้อยละ 2.5 ร้อยละ 5 และร้อยละ 10 ผลการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลที่ให้อาหารผสมสาหร่ายเตา *Spirogyra* sp. ในระดับต่างกันทั้ง 4 หน่วยการทดลอง มีค่าน้ำหนักตัว (Body weight; BW) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อเดือน (Weight gain; WG) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) และอัตราการแลกเนื้อ (FCR) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามในหน่วยการทดลองที่ผสมสาหร่ายเตาระดับร้อยละ 2.5 มีผลต่ออัตราการรอดมากเท่ากับร้อยละ 95 โดยแตกต่างจากหน่วยทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลอาจเกิดจากสาหร่ายเตาช่วยป้องกันภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ซึ่งพบสารกลุ่มฟีนอลิกซึ่งเป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสาหร่ายเตาในปริมาณสูง

การที่สาหร่ายเตามีรงควัตถุหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ เอและบี เบต้าแคโรทีน และแซนโทฟิล แกมมา-แคโรทีน ซึ่งรงควัตถุเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Tomass-Barberan and Robins, 1997) ซึ่งช่วยสนับสนุนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ด้านการอักเสบ ที่พบในรายงานการวิจัยดังที่กล่าวมา ได้มีการศึกษาความสามารถของคลอโรฟิลล์ เอ ในการเป็นสารต้านออกซิเดชันพบว่า คลอโรฟิลล์ เอ จะจับกับอนุมูล peroxy radical และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของวิตามินอี ในการกำจัดอนุมูลอิสระได้อีกด้วย (Endo *et al.*, 1985; Mendiola *et al.*, 2005 cited by Shanab, 2007) มีรายงานพบว่า รงควัตถุชนิดแคโรทีน และแซนโทฟิล สามารถช่วยกำจัดสารที่เป็นต้นกำเนิดของสารอนุมูลอิสระ และsinglet oxygen ให้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถทำงานได้ และยังมีการใช้เบต้า-แคโรทีน ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อใช้ยับยั้ง Lipid peroxidation อีกด้วย (Bondarev, 1997; Tsuchihashi *et al.*, 1995)

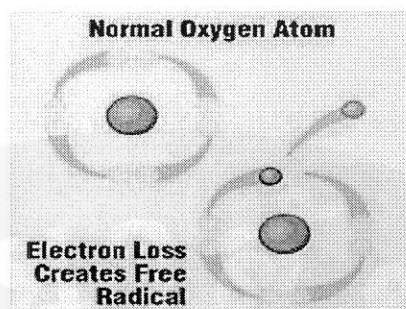
และยังพบกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกและโพลีแซคคาไรด์ในสาหร่ายเตาอีกด้วย ซึ่งการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายเตานั้น มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งผลของอนุมูลอิสระนั้น มีฤทธิ์ที่จะทำลายเนื้อเยื่อส่งผลให้เซลล์ได้รับความเสียหายที่เป็นต้นเหตุของการเกิดโรคฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด ช่วยลดความรุนแรงของโรคเบาหวาน ฤทธิ์ด้านการอักเสบบวมแดง ช่วยป้องกันการเกิดฝ้าและจุดด่างดำ มีสารเมือกหรือมอยเจอร์ไรเซอร์ช่วยให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนังอีกด้วย

นริศรา และคณะ (2555) ได้ศึกษาพบว่าสารสกัดน้ำของสาหร่ายเตามีฤทธิ์ลดน้ำตาลและไขมันในเลือดในภาวะที่กระตุ้นให้หนูขาวเป็นเบาหวานและมีภาวะอ้วน และยังช่วยทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของหลอดเลือดดีขึ้น ทำให้หลอดเลือดคลายตัวได้ดี ลดภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดที่เกิดจากโรคเบาหวานได้นอกจากนี้ ดวงพร และคณะ (2556) ได้ผลิตเจลมาร์คหน้าจาก

สาหร่ายเตา เพื่อเป็นการต่อยอดผลงานวิจัยที่ได้ศึกษาฤทธิ์ชีวภาพของสาหร่ายน้ำจืด โดยได้นำวัตถุดิบหลักของสาหร่ายเตาธรรมชาติ ประกอบกับกระบวนการผลิตตามมาตรฐานเครื่องสำอาง เพื่อลดอันตรายจากการใช้สารเคมีที่อาจก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อผู้ใช้โดยพัฒนา 2 แบบ ให้เหมาะสมกับใบหน้าสำหรับเพศหญิงและเพศชายซึ่งมีความแตกต่างทั้งรูปร่างและส่วนผสมที่ใช้โดยยึดหลักให้ผลิตภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (zero waste) โดยหลังจากใช้แล้ว สามารถนำเจลไปปลูกต้นไม้ได้ จะเห็นได้ว่าเจลมาร์คหน้าสาหร่ายเตาเป็นนวัตกรรมที่สามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจและการนำไปใช้ประโยชน์ของสาหร่ายเตาพื้นบ้านให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์เวชสำอางได้ทั้งระดับประเทศและระดับนานาชาติ ในขณะเดียวกันมีแนวโน้มความต้องการสาหร่ายเตาเพิ่มมากขึ้นทางคณะวิจัยต้องการเอาสาหร่ายเตาเพื่อมาสร้างผลิตภัณฑ์ เบื้องต้นมีการส่งเสริมเกษตรกรที่บ้านนาคูหา ต.สวนเขื่อน จ.แพร่ ให้มีการดำเนินการจัดตั้งกลุ่มผู้เลี้ยงสาหร่ายเตา โดยรับซื้อในราคากิโลกรัมละ 100-200 บาท นวลักษณ์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาว่าสารสกัดจากสาหร่ายเตาเมื่อมาใช้ร่วมกับสารกันแดดสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์จะเสริมประสิทธิภาพให้สารกันแดดสังเคราะห์ทั้งค่าของการป้องกันรังสียูวีบี (SPF: Sun Protecting Factor คือค่าป้องกันแสงแดด) และการป้องกันรังสียูวีเอ (PA⁺⁺⁺ คือ มีความสามารถในการป้องกันผิวจากรังสี UVA) ได้ 8 เท่า แสดงได้ว่าสารสกัดสาหร่ายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกันแดดและลดปริมาณการใช้ครีมกันแดดสังเคราะห์ลงได้ยิ่งมณี และคณะ (2558) ได้ศึกษาว่าสาหร่ายเตาสามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพสามารถต้านเชื้อไวรัสก่อโรคนอกจากการใช้ยาสังเคราะห์ จึงนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลยับยั้งก่อโรคได้มากกว่าร้อยละ 70 ผลิตภัณฑ์เจลจากสาหร่ายเตาที่พัฒนาได้ สามารถนำไปใช้ให้ทาบริเวณรอยโรคที่มีผลจากติดเชื้อไวรัสก่อโรคเริม ทำให้แผลหายเร็วขึ้น จึงนับเป็นการวิจัยที่มีคุณค่าช่วยรักษาผู้ป่วยโรคดังกล่าวได้ นอกจากนี้สาหร่ายเตายังมีประสิทธิภาพช่วยลดภาวะแทรกซ้อนทางไตในระยะแรก โดยมีกลไกการออกฤทธิ์ผ่านทางระบบควบคุมสารต้านอนุมูลอิสระจากการลดลงของระดับน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือด (Ontawong et al., 2012)

อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radicals) คืออะตอมโมเลกุลหรือสารประกอบที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ในออร์บิทัลวงนอกสุดที่มีระดับพลังงานสูงซึ่งรวมถึงอะตอมของไฮโดรเจนและไอออนของโลหะทรานซิชันส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังรวมถึงโมเลกุลของออกซิเจนแม้ว่ามีอิเล็กตรอนจำนวน 2 อิเล็กตรอนแต่ละอิเล็กตรอนแยกกันอยู่เป็นอิเล็กตรอนเดี่ยวในแต่ละออร์บิทัลและการหมุนรอบตัวของอิเล็กตรอนทั้งสองจะสปีนแบบคู่ขนานในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 4) (โอภาและคณะ, 2550)



ภาพที่ 3 อนุมูลอิสระ

ที่มา: HumanCure.com (2010)

อนุมูลอิสระมีทั้งที่อยู่ในสภาวะเป็นกลางทางไฟฟ้าและอนุมูลในสภาวะที่มีประจุไฟฟ้าโดยมีทั้งประจุบวกและประจุลบสัญลักษณ์ทางเคมีของอนุมูลอิสระคืออิเล็กตรอนเดี่ยวของอนุมูลซึ่งจะแสดงด้วยจุดในตำแหน่งข้างบนของสัญลักษณ์ทางเคมีเช่นอนุมูล $A^{\bullet}$ และ อนุมูล $A^{+\bullet}$ โดยเฉพาะอนุมูลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะไวต่อการเกิดปฏิกิริยามากกว่าอนุมูลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเนื่องจากอิเล็กตรอนเดี่ยวจะไม่เสถียรและพยายามจับคู่กับอิเล็กตรอนเดี่ยวอื่นดังนั้นอนุมูลอิสระจึงมีคุณสมบัติเฉพาะคือมีความไวสูงในการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆแต่อย่างไรก็ตามอนุมูลอิสระที่มีความเสถียรก็มีแต่มีจำนวนน้อยชนิด ตัวอย่างอนุมูลอิสระที่มีความสำคัญทางชีวภาพอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน ($O_2^{\bullet-}$)

อนุมูลอิสระทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายจึงเป็นอันตรายเนื่องจากเกิดของเสียในขบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลายเซลล์แตกออกง่ายและตายในที่สุดอนุมูลอิสระยังเป็นสาเหตุของการอักเสบและถ้าเพิ่มการกระจายของเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายทำให้ภูมิคุ้มกันบกพร่องและลดลงเซลล์เสื่อมหมดสภาพโดยเร็วในกรณีที่ร่างกายติดเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรียและได้รับยาหรือสารเคมีหรือรังสีจนทำให้มีการอักเสบเซลล์ทั่วไปจะตอบโต้โดยการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระหรือแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) ที่มีอยู่ในร่างกายเช่นเอนไซม์คาตาเลส (catalase) กลูตาไธโอน (glutathione) ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase) ซิสทีน (cysteine) มายับยั้งและหรือทำปฏิกิริยาจนทำให้อนุมูลอิสระในร่างกายลดลงแต่ถ้าปฏิกิริยาการทำลายเกิดต่อเนื่องจนกระทั่งเซลล์ขาดกลไกหรือหมดประสิทธิภาพในการป้องกันอนุมูลอิสระเนื่องจากขาดสารต้านอนุมูลอิสระจะเกิดความไม่สมดุลในร่างกายจนทำให้เซลล์ตายในที่สุดหรือถ้าอนุมูลอิสระของออกซิเจนในร่างกายมีมากจนร่างกายขาดสมดุลก็จะมีปริมาณของเสียที่เกิดจาก

ปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันในเลือดสูงขึ้นจนทำให้ร่างกายไม่สามารถผลิตสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินซี วิตามินอี ธาตุซีลีเนียม กลูตาไธโอน และเอ็นไซม์ กลูตาไธโอน เปอร์ออกซิเดส ได้ทันหรือสารต้านอนุมูลอิสระลดประสิทธิภาพและลดปริมาณลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเสริมสารอาหารที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระให้แก่ร่างกาย เพราะสารอาหารต้านอนุมูลอิสระมีผลไปเพิ่มผลิตผลและกระตุ้นการทำงานของอินเตอร์เฟอรอน (interferon) อินเทอร์ลิวคิน (interleukin) แมคโครฟาส (macrophage) เสริมฤทธิ์ทีเซลล์ (T-cell) และ CD4+ จะเพิ่มขึ้นซึ่งหมายถึงระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายจะสูงขึ้นซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากสำหรับผู้ติดเชื้อทั้งนี้ เพราะการกระตุ้นการทำงานของ macrophage และการเพิ่มระดับของ interferon ก็จะช่วยควบคุมการติดเชื้อได้ ดังนั้นมนุษย์จำเป็นต้องรับประทานพืชผักที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้เสริมเข้าไป สารที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสารอาหาร ได้แก่ ผักผลไม้ที่มีเบต้าแคโรทีน (carotene) วิตามินอี วิตามินซี กลูตาไธโอน (glutathione) ธาตุซีลีเนียม (selenium) ธาตุสังกะสี ธาตุเหล็ก ไบโตามีน บีหนึ่ง ไบโตามีน บีหก ไบโตามีน บีสิบสอง เป็นต้น

อนุมูลอิสระที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (reactive oxygen species, ROS) กลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (reactive nitrogen species, RNS) และกลุ่มที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (reactive chlorinespecies, RCS) สารบางชนิดสามารถจัดอยู่ได้ 2 กลุ่มเช่น เปอร์ออกซีไนไตรท์ (Peroxynitrite) ตัวอย่างอนุมูลอิสระและสารที่เกี่ยวข้องแสดงในตารางที่ 2 (โอภาและคณะ, 2550)

อนุมูลอิสระสามารถทำลายเนื้อเยื่อส่งผลให้เซลล์ได้รับความเสียหายที่เป็นต้นเหตุของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคภาวะอ้วน และโรคเบาหวานได้ อนุมูลอิสระกับภาวะผู้สูงอายุและโรคชนิดต่างๆ ไม่ได้แสดงออกอย่างชัดเจน จึงเป็นเรื่องยากที่จะแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวให้ปรากฏเด่นชัดเช่นเดียวกับโรคอื่นทางคลินิก เช่น โรคที่เกิดจากการติดเชื้อและโรคทางเมแทบอลิซึม เป็นต้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าการสร้างอนุมูลอิสระในร่างกายสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาจากกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอนในไมโทคอนเดรีย แต่อนุมูลอิสระเหล่านี้จะถูกทำลายโดยระบบของสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายทั้งระบบเอนไซม์และไม่ใช่เอนไซม์ แต่เมื่อร่างกายถูกกระตุ้นและร่างกายอยู่ในสภาวะที่มีเมแทบอลิซึมสูง การใช้ออกซิเจนไมโทคอนเดรียจะเกิดขึ้นในปริมาณสูงเกินกว่าสภาวะปกติมาก ส่งผลทำให้เกิดอนุมูลอิสระหลุดรอดออกมาสู่ไซโทพลาสซึมและภายนอกเซลล์ถึงแม้ว่าภายในไมโทคอนเดรียหรือไซโทพลาสซึมจะมีกลไกทำลายอนุมูลอิสระเหล่านี้ แต่การสร้างอนุมูลอิสระที่มากเกินไปกว่าที่ร่างกายจะทำลายได้หมดนี้ จะส่งผลให้เกิดการทำลายไขมัน โปรตีน และดีเอ็นเอ หรือที่เรียกว่าโดยทั่วไปว่าการเกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน โรคที่เกิดจากอนุมูลอิสระตั้งอยู่บนพื้นฐานเดียวที่เรียกว่าอิเล็กตรอนวงนอกสุดของออกซิเจนที่ไม่เสถียร มีเพียงหนึ่งอิเล็กตรอนในออร์บิทัลนอกสุด อนุมูลเหล่านี้จะพยายามดึงอิเล็กตรอนอีกตัวจากสารชีวโมเลกุลในเซลล์ ส่งผลทำให้เซลล์เสียหายหรือเสื่อมสภาพในที่สุด หากเกิดสภาวะดังกล่าวเป็นวงกว้างก็จะทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อและ

อาจทำให้เกิดความผิดปกติตามมาและในกรณีของการกระตุ้นและปรับเปลี่ยนกลไกการแบ่งเซลล์อาจมีผลทำให้เกิดความผิดปกติของเนื้อเยื่อก่อให้เกิดเป็นเซลล์มะเร็งได้ อย่างไรก็ตามถ้าหากร่างกายหรือเซลล์มีสารต้านออกซิเดชันหรือมีระบบซ่อมแซมที่ดีและมากพอก็จะสามารถกำจัดอนุมูลอิสระเหล่านี้ได้และไม่ทำให้เกิดความเสียหายและเกิดโรคตามมา

ตารางที่ 2 อนุมูลอิสระและสารที่เกี่ยวข้อง

อนุมูลอิสระ	สารที่เกี่ยวข้อง
Reactive oxygen species (ROS)	
Superoxide, Superoxide anion	H ₂ O ₂ , Ozone
Hydroxyl	Hypobromous acid
Hydroperoxyl	Hypochlorous acid
Peroxyl	Singlet oxygen
Alkoxy	Organic peroxides
Carbonate	Peroxynitrite
Carbon dioxide	Peroynitrous acid
Reactive nitrogen species (RNS)	
Nitric oxide	Nitrous acid
Nitrogen dioxide	Nitrosylation, Nitroxyl anion
	Dinitrogen tetroxide
	Dinitrogen trioxide
	Peroxynitrite
	Peroynitrous acid
Reactive chlorine species (RCS)	
Atomic chlorine	Hypochlorous acid
	Chloramines
	Chlorine gas
Other	
Thiyl radical	

ที่มา : โอบาและคณะ (2550)

สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระหรือที่เรียกว่าสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidants) จัดเป็นสารที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันจากอนุมูลอิสระซึ่งสามารถแบ่งกลไกการยับยั้งของสารต้านอนุมูลอิสระได้เป็น 3 ชนิดดังนี้(chain breaking antioxidant) (Strain and Benzie, 1999)

1. ทำการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (preventive antioxidant)
2. ทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น (scavenging antioxidant)
3. ทำให้ลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง

ในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระอยู่ปริมาณหนึ่งซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติในร่างกายมีหลายชนิดทั้งที่เป็นเอนไซม์ได้แก่ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (Superoxide dismutase,SOD) พบในเม็ดเลือดแดงเอนไซม์คะตะเลส(catalase)พบในไซโตซอลของเซลล์ (Michielset *al.*, 1994) และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆเช่นโคเอนไซม์คิวเทน (coenzyme Q10)(Beyer, 1992) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีปริมาณจำกัดเมื่อร่างกายมีอนุมูลอิสระมากขึ้นจะเกิดการขาดความสมดุลระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระในร่างกายดังนั้นถ้ามนุษย์ไม่มีการบริโภคสารที่มีลักษณะช่วยในการต้านอนุมูลอิสระก็จะก่อให้เกิดความเสื่อมถอยของเซลล์ในร่างกายและในที่สุดทั้งสุขภาพของร่างกายก็เสื่อมไปด้วยดังนั้นมนุษย์เราจึงควรหาแหล่งอาหารหรือสิ่งที่ช่วยเพิ่มเสริมให้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นเช่น

1. วิตามินได้แก่วิตามินซีวิตามินอีและเบต้าแคโรทีน (Siesand Stahl, 1995)
2. กลีโธเรตได้แก่ทองแดงและสังกะสีเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทสและซีลีเนียมเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathioneperoxidase) (Michielset *al.*, 1994)
3. สารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆได้แก่โคเอนไซม์เอนไซม์คิวเทน (Beyer, 1992) สารสกัดจากเมล็ดองุ่นสารสกัดจากเปลือกสน (Jayaprakasha, 2001) กรดแอลฟา-ไลโปอิก (Scott 1994) และสารประกอบฟีนอลิก (Veliloglu, 1998)ซึ่งเป็นสารประกอบที่หาได้จากการเมทาบอลิซึมในพืชทั่วไปประกอบด้วยสารประกอบสำคัญได้แก่โปรแอนโทไซยานินส์ (proanthocyanidins) อนุพันธ์ของกรดแกลลิก (gallic acids) และอนุพันธ์ของกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิกส์ (hexahydroxydiphenicacid) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) โดยสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญคือฟลาโวนอยด์ประกอบด้วยcatechin, proanthocyanins, anthocyanidins, flavone, flavonols และ glycosides ของสารเหล่านี้ (Baskin and Salem, 1997)

ในพืชที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมักจะมีสารประกอบหลักคือสารฟีนอลิกได้แก่ฟลาโวนอยด์กรดฟีนอลิกและแอนโทไซยานินซึ่งพบทั่วไปในใบลำต้นและเปลือกของพืช

กลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของการกำจัดอนุมูลอิสระการให้ไฮโดรเจนอะตอมและการกำจัดออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอนรวมทั้งการรวมตัวกับโลหะสารต้านอนุมูลอิสระมีคุณสมบัติเช่นอย่างมาต่อระบบที่สำคัญต่างๆในร่างกายได้แก่ระบบหลอดเลือดและหัวใจ ระบบภูมิคุ้มกันระบบกลุ่มเซลล์ประสาทที่ทำงานเฉพาะในสมองการต่อต้านการเกิดโรคมะเร็งต่างๆ และการชะลอความชรา รวมทั้งกระบวนการต่างๆที่โดดเด่นในการปกป้องชีวิตระบบต่างๆเหล่านี้เกี่ยวข้องกับสุขภาพร่างกายของเราตัวอย่างเช่นโรคหัวใจที่เกิดจากการอุดตันของเส้นเลือดที่อาจเกิดขึ้นอย่างฉับพลันซึ่งบางทีอาจจะเป็นผลมาจากการสะสมสารต่างๆที่บริเวณหลอดเลือดทำให้ผนังหลอดเลือดถูกทำลาย ในกรณีโรคอื่นๆเช่นโรคอัลไซเมอร์ (alzheimer disease) ความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างแน่ชัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเมื่อและเกิดความเสียหายกับเซลล์ประสาทในผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ (Apath, 2009)

1. สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกาย แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ สารที่เป็นเอนไซม์ เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase:SOD) คาทาเลส (catalase: CAT) กลูตาไทโอนเพอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase:GPX) กลูตาไทโอนรีดักเทส (glutathione reductase:GR) กลูตาไทโอนทรานส์เฟอเรส (glutathione s- transferase:GST) และสารอนุมูลต้านอิสระที่ไม่จัดเป็นเอนไซม์ เช่น กลูตาไทโอน (glutathione) กรดลิโปอิก (lipoic acid) เซอรูโลพลาสมิน (ceruloplasmin) แอลบูมิน (albumin) ทรานส์เฟอริน (transferrin) แฮปโทโกลบิน (haptoglobin) ฮีโมเพกซิน (hemopexin) กรดยูริก (uric acid) บิลิรูบิน (bilirubin) และซิสทีน (cysteine)

2. สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในอาหารและไม่จำกัดว่าเป็นเอนไซม์ เช่น วิตามินอี (tocopherols) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) สเตียรอยด์ (steroids) ยูบิควิโนน (ubiquinone) ไทออล (thiols) อินโนซีน (inosine) ทัวรีน (taurine) ไพรูเวต (pyruvate) กรดแกลลิก (gallic acid) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) โทร็อกซ์ (trolox) บีเอชที (BHT) บีเอชเอ (BHA)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะวิธีที่เลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้เพียง 2 วิธี คือ

1. Improved ABTS radical cation decolorization assay เป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารที่ทำให้เกิดสีคือ ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) โดย potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) จะไปออกซิไดซ์ ABTS ให้เป็น

ABTS $\bullet^+$ เกิดสี blue-green จากนั้นสารที่มีฤทธิ์ antioxidant จะรีดิวซ์ ABTS $\bullet^+$ ให้กลับมาเป็น ABTS ทำให้เกิดสีน้อยลงหรือไม่เกิดสีเลย โดยจะวัดค่าการดูดกลืนแสงของ ABTS $\bullet^+$ ที่ 734 nm นาทีที่ 3 หลังจากทำปฏิกิริยาการแปลผลจะวัดความสามารถในการยับยั้งการเกิด ABTS $\bullet^+$ (% inhibition) เทียบกับสารมาตรฐาน (trolox)

2. Superoxide radical scavenging activity การศึกษาสมบัติการจับ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) ของสารตัวอย่าง ซึ่ง $O_2^{\bullet-}$ จะผลิตมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารในระบบ phenazinemethosulphate (PMS) – Nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) อนุโมล ($O_2^{\bullet-}$) ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับสาร nitrobluetetrazolium (NBT) ซึ่งมีสีเหลือง ปฏิกิริยาระหว่าง ($O_2^{\bullet-}$) กับสาร NBT ให้ผลิตภัณฑ์เป็นสาร diformazan (DF) ที่มีสีน้ำเงิน และสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ 560nm จากนั้นนำไปคำนวณเป็น % inhibition (Nikishimiet *al.*, 1972)

เครื่องดื่มสุขภาพ

Functional Drink หรือเครื่องดื่มสุขภาพ จัดอยู่ในกลุ่มของอาหารเสริมสุขภาพ (functional foods) โดยหมายถึงอาหารที่ทำหน้าที่ (function) ช่วยในการทำงานของร่างกายให้เกิดภูมิคุ้มกันต้านทานโรคในภายหลังคำจำกัดความได้เปลี่ยนไปโดยหมายถึงอาหารที่ทำหน้าที่ช่วยในการทำงานของร่างกายให้เกิดภูมิคุ้มกันต้านทานโรคมีคุณค่าเหนือกว่าอาหารโดยทั่วไปโดยมีการเติมสาร เช่น น้ำผลไม้พร้อมดื่มที่มีส่วนผสมของแอล-คาร์นิทีน ชาเขียวผสมคอลลาเจน นมพร้อมดื่มผสมคอลลาเจน เครื่องดื่มธัญพืชที่ช่วยให้สุขภาพผิวดีขึ้น เครื่องดื่มที่ช่วยลดความอ้วนที่สกัดจากชาหรือสารอาหารจากธรรมชาติ อาหารที่ส่งเสริมสุขภาพเฉพาะลงไปซึ่งถือได้ว่าเป็นอาหารเสริมสุขภาพในส่วนของเครื่องดื่มเสริมสุขภาพมีนิยามคือเครื่องดื่มที่ให้คุณประโยชน์กับร่างกายของผู้ดื่มไม่ว่าจะเพื่อช่วยย่อยอาหาร ผิวสวย บำรุงสมองล้วนจัดอยู่ในกลุ่มเครื่องดื่มเสริมสุขภาพทั้งสิ้น (Positioning, 2559)

เครื่องดื่มเสริมสุขภาพถูกแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ประกอบด้วย

1. Enriched Beverages เช่น น้ำผลไม้และน้ำที่มีวิตามินผสม
2. Sport Drinks เป็นเครื่องดื่มที่ช่วยในการชดเชยการสูญเสียเหงื่อจากการออกกำลังกาย
3. Energy Drinks เป็นเครื่องดื่มที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้ดื่มรู้สึกสดชื่นขึ้น
4. Nutraceuticals หรือผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมเพื่อให้ประโยชน์ทางร่างกายหรือทางการแพทย์โดยเฉพาะซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การย่อยอาหารและล้างสารพิษออกจากร่างกาย (detox) จนถึงการใช้ลดคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดและทำให้ดูอ่อนวัยขึ้น (Positioning, 2559)

ในปัจจุบันความต้องการในเรื่องของอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมากขึ้นจนเกิดเป็นกระแสความนิยมที่แพร่หลายในกลุ่มผู้บริโภค ความห่วงใยในเรื่องสุขภาพของผู้บริโภค ส่งผลให้ตลาดของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเติบโตอย่างต่อเนื่องตามความนิยมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป โดยส่งผลให้ตลาดเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพส่วนใหญ่เน้นในเรื่องคุณค่าสารอาหารที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกายรวมทั้งคุณประโยชน์เพื่อสุขภาพและความงาม ทำให้เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและความงามได้รับการตอบรับอย่างดี ทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มโดยมักจะใช้สารต้านอนุมูลอิสระเป็นส่วนประกอบหลายชนิด รวมถึงวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระนอกจากนี้ยังมีสารสำคัญอื่นๆ ได้แก่ โพรตีน โปรไบโอติกส์ คอลลาเจน Q10 แอลคาเนทีน ดีเอชเอ ซึ่งสารอาหารเหล่านี้มักจะเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ประเภทแก้วเหลืง ซา น้ำผลไม้แบบเข้มข้นและส่วนประกอบอื่นๆ ซึ่งในตลาดทั่วไปมักนิยมใช้เรียกเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเหล่านี้ว่า functional drink แนวโน้มพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยกระแสการดูแลสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภคได้รับความนิยมมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากความนิยมในอาหารประเภทออร์แกนิกส์ หรือ คลีนฟู้ด Clean Food (อาหารที่ผ่านกระบวนการปรุงแต่งน้อยที่สุด) ซึ่งกระแสอาหารสุขภาพไม่ได้อยู่ในวงจำกัดเฉพาะผู้สูงอายุหรือคนวัยทำงานเท่านั้นแต่ยังแผ่ขยายครอบคลุมไปถึงกลุ่มคนรุ่นใหม่ Generation Y และ Generation Z อายุยังน้อยไม่มีปัญหาสุขภาพก็ยังคงเล็งเห็นความสำคัญของประเด็นดังกล่าวแนวโน้มการเลือกบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพได้แก่ อาหารที่มีไขมันต่ำ อาหารที่มีไขมันอิ่มตัว อาหารที่รสไม่จัดจ้าน และอาหารที่ให้สมดุลพลังงานกับร่างกายจึงได้รับความนิยมสูง นอกจากนี้ ปัจจัยอื่นๆ ทั้งในเรื่องช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าที่อำนวยความสะดวกให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น ประกอบกับนวัตกรรมใหม่ๆ ด้านการผลิตอาหาร เช่นผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมคอเลสเตอรอล ไขมัน หรือน้ำตาลผลิตภัณฑ์สำหรับความสวยความงามด้านผิวพรรณ และผลิตภัณฑ์บำรุงสมอง หัวใจ เป็นต้น ที่ถูกพัฒนาให้มีความหลากหลายและตอบโจทย์ผู้บริโภคเฉพาะกลุ่มมากขึ้น รวมไปถึงบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบมาให้เหมาะกับรูปแบบการใช้ชีวิตของคนเมืองในปัจจุบัน และมีการแสดงข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการ ล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยส่งเสริมให้อาหารเพื่อสุขภาพเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องจากผลการสำรวจของ Euromonitor พบว่ามูลค่าตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเฉลี่ยร้อยละ 6-7 ต่อปี และคาดว่าในปี พ.ศ. 2560 มูลค่าตลาดจะสูงถึง 1 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐฯ โดยมีตลาดที่ใหญ่ที่สุดได้แก่ จีน บราซิล และสหรัฐฯ ตามลำดับ โดยมูลค่าตลาดอาหารสุขภาพของไทยจะอยู่อันดับ 19 ของโลกตลาดเครื่องดื่มในประเทศไทย ประกอบด้วยเครื่องดื่มที่ให้ประโยชน์น้อย ได้แก่ เครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลมที่มากถึงร้อยละ 40 ส่วนเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ ได้แก่ เครื่องดื่มเสริมวิตามิน 10% เครื่องดื่มเกลือแร่ร้อยละ 30 เครื่องดื่มให้พลังงาน ร้อยละ 5 และเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพร้อยละ 15 จากแนวโน้มที่ผู้บริโภคหันมาใส่ใจในเรื่องสุขภาพกันมากขึ้น ทำให้เครื่องดื่มบำรุงสุขภาพมีโอกาสดีขึ้นอีกมาก

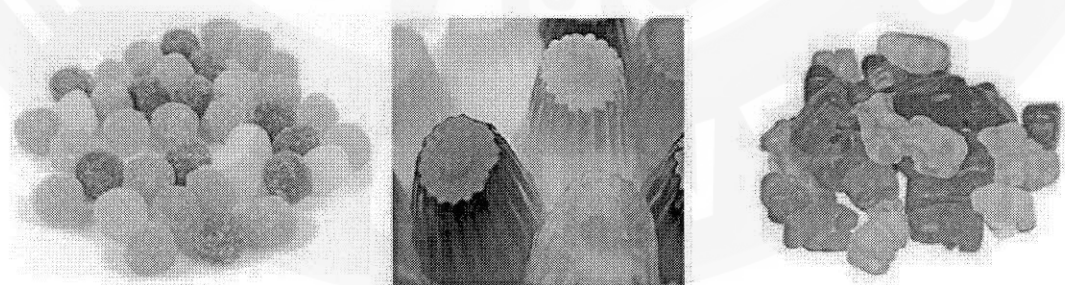
จากการวิจัย ทางการตลาดพบว่า ในปี พ.ศ. 2558 เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในตลาดโลกจะมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 43 ด้วยมูลค่าสูงถึง 3.8 ล้านล้านบาท (Siamnutra, 2558)

เจลลี่

เจลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผลไม้หรือน้ำผลไม้เข้มข้น เช่นสับปะรด กระเจี๊ยบแดง สตรอเบอร์รี่ มะนาว ส้ม มะม่วง กับสารให้ความหวาน(sweetening agent)และสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) เช่น เจลาติน (gelatin) คาราจีแนน (carrageenan) นำมาให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนผสมละลาย แล้วทิ้งไว้ให้เย็น จะมีลักษณะเป็นเจล (gel) โปร่งแสง (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521) เจลลี่ที่ดีต้องมีลักษณะใสและมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มแต่ไม่เหนียวจนหนืด และไม่เหลว ต้องแข็งพอที่จะคงรูปเดิมเมื่อตัดด้วยมีดก็เป็นเหลี่ยมตามรอยมีด มีความหยุ่น ผลไม้ไทยมีกลิ่นรสและสีต่างๆสามารถทำเป็นเจลลี่ได้ (กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, 2531)

การผลิตเจลลี่สำเร็จรูปในเชิงอุตสาหกรรมมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ กัม (gums) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล ชนิดของกัมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ คาราจีแนน เจลาติน และ เพกติน (ศรีสุวรรณ และคณะ, 2531)ประเภทของเจลลี่ที่จำหน่ายในท้องตลาดสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบดังนี้

1. เจลลี่ที่รับประทานเป็นอาหารว่าง (dessert jelly) ส่วนใหญ่ใช้คาราจีแนนทำให้เกิดเจลมีการเติมน้ำตาลกรดซิตริกสารแต่งสีและสารปรุงแต่งกลิ่นรสผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีทั้งรสหวานและรสเปรี้ยวตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พบในท้องตลาดได้แก่เจลลี่ตราปิโป้ อิมพีเรียลและเจเล่ เป็นต้น



ภาพที่ 4 เจลลี่อาหารว่าง

ที่มา : ศิมาภรณ์ และคณะ(2556)

2. เจลลี่ที่รับประทานเป็นขนมหวาน (confectionery jelly) เจลลี่ชนิดนี้มีรสหวานเพียงอย่างเดียวใช้เจลาติน (gelatin) เป็นสารทำให้เกิดเจลและมีการเติมน้ำเชื่อมกลูโคส (glucose syrup) ลงไปด้วยตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่พบในท้องตลาดได้แก่เจลลี่ตราจอลลี่แบร์และโยโย่พบในรูปของวุ้น ซึ่งเป็นขนมไทยแบบต่างๆเช่นวุ้นไขวุ้นกะทิ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์เจลลี่ถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (จุฬามาต และ คณะ, 2554) คือ

1. เจลลี่อ่อน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งโดยการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่พอเหมาะสมควรทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็ง อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆเช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความหนืดพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งกลิ่นรสได้บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท

2. เจลลี่เหลว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำโดยการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือ สมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะเหลว อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความข้นหนืดพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งกลิ่นรสได้ บรรจุภาชนะที่ปิดสนิท

3. เจลลี่แข็ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำโดยการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือ สมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะแข็งและเหนียว อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความข้นหนืดพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งกลิ่นรสได้ อาจเทใส่พิมพ์หรือตัดเป็นชิ้นหลังจากทิ้งไว้ให้เย็น แล้วอาจคลุกน้ำตาลหรือแป้งบริโภค (สุวรรณา, 2543)

ลักษณะที่ดีของเจลลี่นั้นคือ ต้องมีสีสดใสตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ไม่ดำคล้ำมีเนื้อไม่เหนียวเหนียวเกินไป ส่วนที่เป็นเนื้อเจลลี่ควรจะมีสีขาวจากตะกอนมีรสเปรี้ยวหวานที่พอเหมาะ มีโครงสร้างเป็นเจลเป็นลักษณะหนึ่งของคอลลอยด์ที่อยู่ตัวไหวตัวได้ แต่ไม่ไหลมีความนุ่มหนืดเล็กน้อยแต่ไม่เหนียว สามารถตัดได้ง่าย ไม่มีน้ำซึมหยดออกจากเจล หรือเจลแข็งเป็นเม็ดๆ ทั้งนี้ การที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดเจลที่เหมาะสมนั้น ขึ้นกับการควบคุมขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน รวมทั้งการผสมส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องผลิตภัณฑ์เจลลี่ (มผช.518) ปี 2557 มีคุณลักษณะที่ต้องการดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปต้องเป็นวุ้นก้อน และคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะบรรจุ
2. สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ

3. กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอล-กอสฮอลล์ ปราศจากกลิ่นรส อื่นที่ไม่พึงประสงค์ เป็นต้น

4. ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องนุ่ม หย่อนตัว ไม่แข็งกระด้าง

5. สิ่งแปลกปลอมต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

6. วัตถุเจือปนอาหาร หากมีการใช้สีและวัตถุกันเสีย ให้ใช้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

7. จุลินทรีย์ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ. 2543 เรื่อง แยม เจลลี่ และมาร์มาเลด ในขณะบรรจุที่ปิดสนิทจะต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

1. มีกลิ่นรสตามลักษณะเฉพาะของแยม เจลลี่ หรือ มาร์มาเลด แล้วแต่กรณี
2. มีสารที่ละลายได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของน้ำหนัก
3. มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.8 ถึง 3.5
4. ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค
5. ไม่มีสารพิษจากจุลินทรีย์หรือสารพิษอื่นในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
6. ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลีฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่อ แยม เจลลี่ หรือมาร์มาเลด 1 กรัม

แล้วแต่กรณี โดยวิธี เอ็ม พี เอ็ม

7. ไม่มีวัตถุที่ทำให้ความหวานชนิดอื่นนอกจากน้ำตาล

8. ตรวจพบสารปนเปื้อนดังต่อไปนี้ได้ไม่เกิน

8.1 ตะกั่ว 1 มิลลิกรัม ต่อแยม เจลลี่ หรือมาร์มาเลด 1 กิโลกรัม

8.2 ดีบุก 250 มิลลิกรัม ต่อแยม เจลลี่ หรือมาร์มาเลด 1 กิโลกรัม

(คำนวณเป็น SN)

9. เจลลี่ให้น้ำผลไม้หรือน้ำสกัดได้จากผลไม้ที่ใช้ทำไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก

ตารางที่ 3 สาเหตุบางประการที่เป็นต้นเหตุของการทำเจลลี่ที่ไม่ได้ผล

ปัญหา	สาเหตุ
1. ไม่จับตัวเป็นเจล	-กรดและเพกตินน้อยเกินไป (เจลลี่อ่อน) -น้ำตาลมากเกินไป (เจลลี่เหนียว) -ต้มไม่ได้ที่หรือนานเกินไป
2. เจลลี่แข็ง	-น้ำตาลน้อยเกินไป -เพกตินมากเกินไป -ต้มนานเกินไป
3. ชุ่ม	-กรองไม่ดีพอ -ผลไม้ดิบเกินไป -เคี้ยวนานเกินไป -ไม่ได้ตักฟองออกในระหว่างการเคี้ยว -เทตอนบรรจุไม่ดี ยกสูงเกินไป -ก่อนบรรจุทิ้งเวลานานเกินไป
4. ตกผลึก	-ต้มนานเกินไป -กรดน้อยเกินไป -ใส่น้ำตาลช้าเกินไป

ที่มา : สินธนา (2547)

ส่วนประกอบในการทำเจลลี่

น้ำผลไม้สามารถนำมาทำเจลลี่ได้ แต่ต้องเลือกดูให้เหมาะสมในการที่จะนำมาใช้ ควรจะเลือกผลไม้ที่สด ไม่เน่าเสีย เพราะส่วนที่นำมาทำจะเป็นพวกเนื้อไม้ (pulp) น้ำผลไม้ (juice) อาจเป็นผลไม้สดหรือผลไม้ที่แช่แข็ง แช่เย็น ตลอดจนเนื้อผลไม้ที่บรรจุกระป๋องก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการและความเหมาะสม นอกจากนี้ผลไม้ที่ใช้อาจเป็นผลไม้สุกหรือดิบ หรือผสมกันระหว่างสุกกับดิบก็ได้ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มี กลิ่น รส สี ตามต้องการ (สุวรรณา, 2543)

1. น้ำตาลหรือสารให้ความหวาน

1.1 น้ำตาลทราย (sucrose)

มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มีรสหวาน หลอมตัวที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการละลายในแอลกอฮอล์ได้น้อย สามารถละลายในน้ำได้ 204 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิห้องถ้าอุณหภูมิเป็น 100 องศาเซลเซียส น้ำตาลทรายสามารถละลายได้ในน้ำ 100 กรัมเป็นจำนวน 478 กรัม น้ำตาลเป็นสารที่ดูดน้ำได้ง่าย ผลึกของน้ำตาลจะเกาะกันเป็นก้อนถ้าไม่เก็บไว้ในที่แห้ง การย่อยสลายด้วยกรดและเอนไซม์ เมื่อมีเอนไซม์หรือกรด น้ำตาลโมเลกุลคู่จะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ซูโครสย่อยสลายได้กลูโคสและฟรุกโตสด้วยกรด ผลที่ได้เรียกว่าน้ำตาลอินเวิร์ตปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเสมอ แต่จะเกิดมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ซึ่งความร้อนสามารถเร่งปฏิกิริยาการเกิดน้ำตาลอินเวิร์ตและการให้ความร้อนอย่างช้าๆ แต่เป็นเวลานาน ทำให้เกิดน้ำตาลอินเวิร์ตซึ่งน้ำตาลอินเวิร์ตหมายถึง ของผสมที่เท่ากันของน้ำตาล Fructose และกลูโคส ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของน้ำตาลซูโครสด้วยเอนไซม์หรือกรด น้ำตาลอินเวิร์ตมีรสหวานกว่าน้ำตาลซูโครส มักใช้ในอุตสาหกรรมลูกกวาด ในธรรมชาติมักพบในน้ำผึ้งมากกว่าและเร็วกว่าการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วในระยะที่สั้น กรดที่มีความเข้มข้นสูงก็เร่งปฏิกิริยานี้สัมพันธ์กับระยะเวลาในการเคี่ยวด้วยเช่นกัน ถ้าใช้ระยะเวลาการเคี่ยวนานเกินควรจะทำให้น้ำตาลซูโครสเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลอินเวิร์ตเกือบทั้งหมด ซึ่งผลต่อเนื่องคือ ผลิตภัณฑ์จะไม่จับตัวเป็นเจลและอาจเกิดการตกผลึกของน้ำตาลเดกซ์โทรส (dextrose) ในผลิตภัณฑ์ได้ น้ำตาลอินเวิร์ตมีประโยชน์ต่อการทำเจลลี่ เพราะน้ำน้ำตาลอินเวิร์ตจะยับยั้งการตกผลึกของซูโครสในอาหารที่มีน้ำตาลเข้มข้นสูง ดังนั้นในการทำแยม เจลลี่และผลิตภัณฑ์อื่นๆที่มีลักษณะนี้จะต้องควบคุมความสมดุลระหว่างปริมาณน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลอินเวิร์ต

1.2 กลูโคสไซรัป

กลูโคสไซรัปจัดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตลูกกวาดทุกชนิดรองลงมาจากน้ำตาล หน้าที่ของกลูโคสไซรัป คือ ทำให้น้ำตาลที่อยู่ในสภาวะเป็นสารละลายอิมัลชันยวดยิ่งไม่ตกผลึกออกมาหรือเกิดผลึกข้างหรือหยดลง นอกจากนี้ยังมีผลต่อรสชาติและอายุการเก็บรักษา ขึ้นอยู่กับว่า กลูโคสไซรัปนั้นมีองค์ประกอบอย่างไรและถูกใช้ในสัดส่วนเท่าใดในสูตรโดยกลูโคสไซรัปที่จำหน่าย จะมีค่า DE แตกต่างกัน ตามกรรมวิธีการผลิตกลูโคสไซรัปที่ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทลูกกวาดจะใช้อยู่ 3 ชนิด คือ ชนิด DE ต่ำมีค่าประมาณ 20 ชนิด DE ปานกลาง มีค่า 40-42 และชนิด DE สูงมีค่า 60-65 ดังนั้นในการนำไปใช้งานจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท (สุวรรณ, 2543)

1.3 สารให้ความหวาน

สารให้ความหวานที่ใช้ทดแทนน้ำตาลซูโครสมักใช้ในอาหารหลายประเภท เช่น เพื่อให้ความหวาน และช่วยสร้างปริมาตรและโครงสร้างให้กับผลิตภัณฑ์ในขนมอบ แต่ถ้าหากใช้สารให้ความหวานสูงๆ แทนที่น้ำตาลซูโครสแล้วผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่คงรูปได้ตามปกติ ควรปรับไปใช้น้ำตาล

แอลกอฮอล์เป็นสารเพิ่มมวลในอาหารนั้นแทนที่สัดส่วนของน้ำตาลที่ลดลงไปแทน แม้ว่า จะให้ความหวานน้อยกว่าน้ำตาลปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหาร นิยมใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดทั้งในยุโรปอเมริกา และญี่ปุ่น เพราะเชื่อมั่นในความปลอดภัย ของกระบวนการผลิตที่ใช้ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน (Hydrogenation) โดยมีน้ำตาลกลูโคสเป็นวัตถุดิบ เริ่มต้น หรือทำการสกัดจากมันสำปะหลังและพืชผักหลายชนิด อีกทั้งผู้ผลิตสามารถเลือกใช้ประโยชน์ ให้เหมาะสมกับประเภทอาหารได้ทุกชนิด โดยพิจารณาคุณสมบัติเด่นของน้ำตาลแอลกอฮอล์แต่ละ ชนิดตามที่ต้องการ (ฉวีวรรณ, 2540)

1.3.1 สารให้ความหวานเหมือนน้ำตาลที่ให้พลังงานต่ำ เช่น การใช้ซอร์บิทอล (sorbitol) พบมากในเชอร์รี่และแพร์ ซึ่งให้ค่าพลังงาน เพียง 2 ใน 3 ของการใช้น้ำตาลซูโครส คือ เท่ากับ 2.6 กิโลแคลอรีต่อกรัม ซึ่งเป็นประโยชน์ในการนำใช้กับผู้ป่วยโรคเบาหวาน หรือผู้ต้องการ ควบคุมน้ำหนัก นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน โดยเฉพาะขนมหวานชนิดแช่เยือกแข็ง ซึ่งให้ผลดีด้าน การเก็บรักษา รสชาติและเนื้อสัมผัส และผลิตภัณฑ์เนื้อประเภทไส้กรอก แต่ด้วยมีรสชาตที่ติดลิ้นปนอยู่ เล็กน้อยจึงไม่ค่อยนิยมนำมาปรุงในอาหารหรือเครื่องดื่ม สารให้ความหวานตัวถัดมา ที่เป็นที่นิยมมาก ขึ้นคือ ซูคราโลส (sucralose) ให้ความหวาน มากกว่าซูโครส 200-250 เท่า ไม่มีรสขม มีรสหวานติด ลิ้นบ้าง ใช้เป็นน้ำตาลบนโต๊ะอาหาร เครื่องดื่ม ขนมปัง ลูกอม และตัวอย่างสุดท้ายคือ อีริทริทอล (erythritol) หรือทรีฮาโลส (trehalose) ซึ่งเป็น น้ำตาลให้พลังงานต่ำใช้ได้กับเครื่องดื่ม ลูกกวาด ผลไม้แปรรูป ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์นมและเบเกอรี่ หรืออาจ เลือกน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่เป็นไดแซคคาไรด์ เช่น มัลติทอล แลคติทอล ซึ่งใช้ผสมในเครื่องดื่มหรืออาหารรวมทั้งของหวาน ทุกชนิดทั้งร้อนและ เย็น อีกทั้งไม่ทำให้อาหารเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เหมือนน้ำตาลทั่วไป

1.3.2 ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวานให้สม่ำเสมอ เนื่องจากน้ำตาลแอลกอฮอล์จะถูกย่อย และร่างกายสามารถดูดซึมได้ช้ากว่าซูโครส จึงได้รับแคลอรีต่ำ และมีระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูงขึ้นอย่างฉับพลัน

1.3.3 ช่วยรักษาความชื้นในอาหาร ทำให้มีอายุการเก็บยาวนานขึ้น ช่วยให้ลักษณะ เนื้อสัมผัสของอาหารดีขึ้น เช่น ใช้ปรับเนื้อสัมผัสของหมากฝรั่ง และช่วยทำให้องค์ประกอบมีน้ำตาล แอลกอฮอล์อยู่มีรสชาติที่เย็นช่วยทำให้ผิวของอาหารมีความเงาน่ารับประทาน

1.3.4 ไม่ทำให้ฟันผุ การใช้เป็นส่วนผสมของยาสีฟันและน้ำยาล้างปาก จะสามารถ ช่วยลดและก่อกำปัญหาฟันผุในช่องปากเพราะ ไม่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณผิวของฟัน ซึ่งจะ ย่อยซูโครสได้มากกว่า และกรดที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นยังเป็นสาเหตุทำให้สารเคลือบฟันถูกทำลายทำให้ ฟันผุต่อไป ปรุงในอาหารเย็นก็ละลายง่าย ไม่ตกผลึก

1.3.5 ช่วยในการขับถ่าย การบริโภคน้ำตาลแอลกอฮอล์ในปริมาณมากจะมีฤทธิ์เป็น ยาระบายอ่อนๆ (laxative effect) เช่น การใช้มัลติทอลในเครื่องดื่มหรืออาหาร ในช่วงแรกๆ จะ

ซับซ้อนน้อยกว่าปกติ เพราะมัลทิทอลสามารถ ดูดซับน้ำในทางเดินอาหารไว้อย่างช้าๆ เหมือนใยอาหารทั่วไป หลังจากนั้นร่างกายจะปรับตัวรับได้มากขึ้น

2. กรด

การใช้กรดในการแปรรูปผลิตภัณฑ์นั้น นอกจากมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวแล้ว กรดยังมีผลต่อการคงตัวของโครงร่างของเจลลี่เป็นอย่างมาก ทั้งนี้ความเข้มข้นของกรดในน้ำผลไม้จะทำให้เจลลี่ควรมีค่าประมาณร้อยละ 0.5-0.7 (ในรูปของกรดซิตริก) และไม่ควรสูงกว่าร้อยละ 1.0 เพราะจะมีผลทำให้เจลลี่เกิดการคืนตัวคือเหลวลงได้ภายหลัง (ศิริลักษณ์, 2522) เนื่องจาก Polygalacturonic chain จะถูกไฮโดรไลซ์นั่นเอง ทั้งนี้ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการคงตัวของเจลลี่ คือ 3.2 และเมื่อค่า pH ของผลิตภัณฑ์ลดลง ในเบื้องต้นสภาพของเจลจะแข็งและเหนียวขึ้น แต่ถ้า pH ของผลิตภัณฑ์สูงกว่า 3.5 แล้วจะไม่มี การจับตัวของเจลเกิดขึ้น (Desrosier and Desrosier, 1977) แต่อย่างไรก็ตาม pH ที่เหมาะสมจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลที่ใช้ด้วยเช่นกัน โดยทั้งนี้มีหลักเกณฑ์ว่า เมื่อ pH ของผลไม้ลดต่ำลงปริมาณน้ำตาลก็ควรต่ำลงด้วย (ศิริลักษณ์, 2522) แต่อย่างไรก็ตาม pH ที่เหมาะสมจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลที่ใช้ด้วยเช่นกันโดยทั้งนี้มีหลักเกณฑ์ว่า เมื่อค่า pH ของน้ำผลไม้ลดต่ำลงปริมาณน้ำตาลที่ใช้ควรต่ำลงด้วยเช่นกัน

สารควบคุมความเป็นกรดและควบคุมความเป็นกรดต่าง (acidifying และ pH regulating agents) มีความสำคัญต่อรสของผลิตภัณฑ์และช่วยให้เจลอยู่ตัวมากขึ้น ถ้ามีกรดมากเกินไปจะทำลายความอยู่ตัวของเจลได้ โดยปกติความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของเจลลี่อยู่ระหว่าง pH 2.8 - 3.5 ส่วน pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ pH 3.2 ในการปรับความเป็นกรด-ด่าง ของเจลลี่ ตาม มอก.263-2521 ได้กำหนดสารที่ใช้เพิ่มและควบคุมความเป็นกรด-ด่าง ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดแล็กติก กรดฟูมาลิกและเกลือโซเดียม โปตัสเซียมและแคลเซียมของกรดเหล่านี้ โซเดียมและโปตัสเซียมไบคาร์บอเนต สกลีนรส หรือน้ำผลไม้ จะช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะน่ารับประทานเพิ่มขึ้น น้ำผลไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสมในเจลลี่ต้องเป็นน้ำผลไม้แท้ หรือน้ำสกัดได้จากผลไม้ผ่านการกรอง เพื่อให้ใส ปราศจากชิ้นหรือเศษผลไม้ และอาจทำให้ขึ้นโดยการระเหยน้ำออก และน้ำผลไม้หรือน้ำสกัดจากผลไม้ที่ใช้ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521)

โดยทั่วไปผลไม้จะมีกรดอินทรีย์อยู่แล้วตามธรรมชาติ ซึ่งอาจเป็นกรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก กรดมาลิก ฯลฯ แต่กรดที่ได้ผลดีในการทำเจลลี่คือกรดทาร์ทาริก ซึ่งกรดทาร์ทาริก (tartaric acid) เป็นกรดอินทรีย์ (organic acid) ชนิดหนึ่งที่พบตามธรรมชาติในผลไม้บางชนิด เช่น องุ่น มะขาม และเป็นกรดที่พบในไวน์ มีสูตรทางเคมีคือ $C_4H_6O_6$ อยู่ในรูป L-Tartaric acid อาจเรียกว่า L-2,3-Dihydroxysuccinic acid หรือ L-2,3-Dihydroxybutanedioic

กรดทาร์ทาริกในธรรมชาติพบมากในมะขามโดยเฉพาะมะขามเปรี้ยว ใช้เป็นส่วนผสมของผงฟู (baking powder) กรดทาร์ทาริก ช่วยให้เจลลี่ที่ได้มีความคงตัวของเจลดีกว่ากรดซิตริก หรือกรด

ตริก (Citric acid) การควบคุม pH ในการทำผลิตภัณฑ์นิยมทำโดยการเติมกรด หรือเกลือของกรดอ่อนที่มีอยู่ในผักผลไม้ต่างๆ เช่น โซเดียมซิเตรต โซเดียม-โพลีฟอสเฟต ฯลฯ เพื่อช่วยควบคุม pH ของส่วนผสมให้คงที่ (buffering effect) อีกทางหนึ่ง และนิยมเตรียมกรดหรือเกลือของกรดเหล่านี้ให้อยู่ในสภาพของสารละลายที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 25-50 ก่อนที่จะนำไปปรับสภาพความเป็นกรดของส่วนผสม (Cruess, 1958) นอกจากนี้กรดฟอสเฟอริกก็สามารถถูกนำมาใช้ในการปรับค่า pH ของผลไม้ได้

3. สี กลิ่นรส หรือน้ำผลไม้

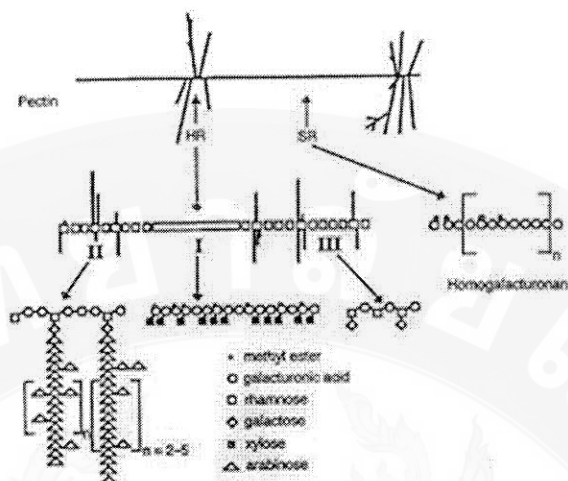
สี กลิ่นรส หรือน้ำผลไม้ จะช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะน่ารับประทานเพิ่มขึ้น น้ำผลไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสมในเจลลี่ต้องเป็นน้ำผลไม้แท้ หรือน้ำสกัดได้ จากผลไม้ที่ผ่านการกรองเพื่อให้ใส ปราศจากชิ้นหรือเศษผลไม้และอาจทำให้ข้นโดยการระเหยน้ำออก น้ำผลไม้หรือน้ำสกัดจากผลไม้ที่ใช้ ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก (จุฑามาศ, 2554)

4. สารเกิดเจล

สารเกิดเจล หมายถึง สารที่ทำหน้าที่เกิดเจลในผลิตภัณฑ์เจลลี่ ได้แก่

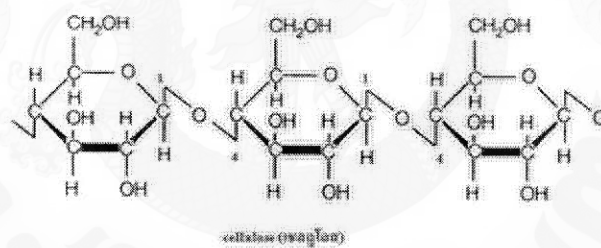
4.1 เพกทิน (pectin หรือ pectinic acid)

เพกทินเป็นสารประกอบหนึ่งในกลุ่มของสารประกอบเพกทิน (pectin substance) ที่มีในผักและผลไม้ตามธรรมชาติ พบมากในผลไม้ที่มีสภาพแก่จัดถึงสุกแต่ไม่สุกจัดเมื่อเพกทินละลายน้ำ จะมีสภาพเป็นคอลลอยด์ที่สามารถรวมตัวเป็นเจลที่มีโครงร่างเป็นร่างแหเล็กละเอียดกักเก็บน้ำหรือสารละลายที่แท้จริง (true solution) เช่น น้ำเชื่อมไว้ภายในได้ ซึ่งสมบัติเช่นนี้จะมีความสำคัญในการทำผลิตภัณฑ์กลุ่ม semi-soft spread เป็นอย่างมาก ปกติแล้วเพกทินมีในผักและผลไม้ทุกชนิด แต่ควรมีปริมาณที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพความแก่อ่อนของผักและผลไม้เป็นสำคัญ



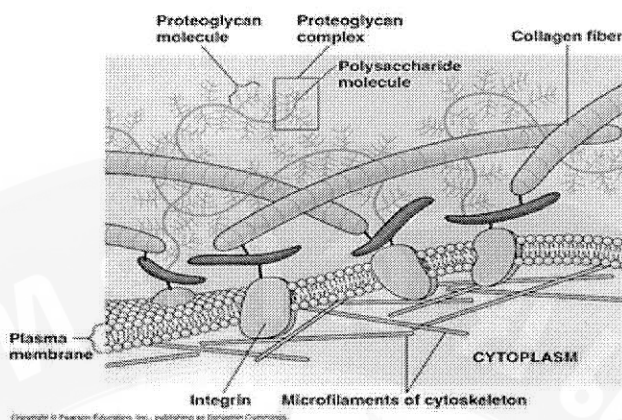
ภาพที่ 5 โครงสร้างของเพกตินที่มีโมเลกุลซับซ้อน

ที่มา : กษิต์เดช และคณะ (2555)



ภาพที่ 6 โครงสร้างของเพกตินที่มีกรดกาแลคทูโรนิกเป็นองค์ประกอบหลัก

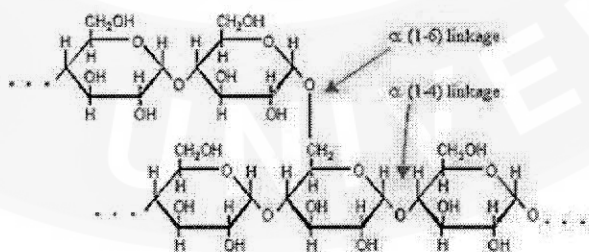
ที่มา : กษิต์เดช และคณะ (2555)



ภาพที่ 7 โครงสร้างของ extracellular matrix ที่มีเพกทินเป็นองค์ประกอบ

ที่มา : กษิดิ์เดช และคณะ (2555)

การจำแนกชนิดของสารประกอบเพกทินเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำพบมากในผลไม้ดิบ เป็นสารตั้งต้นของเพกทินมีหมู่เมทอกซิลอยู่ในโมเลกุลอยู่ในช่วงร้อยละ 9-12 หากเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันอย่างสมบูรณ์จะมีหมู่เมทอกซิลอยู่ในโมเลกุลของโปรโตเพกทินประมาณร้อยละ 16 จัดว่ามี degree of esterification ร้อยละ 90 ขึ้นไปเอสเทอริฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ โดยมีเอนไซม์เอสเทอเรสช่วยเร่งปฏิกิริยาได้เป็นสารประกอบเอสเทอร์โปรโตเพกทินมักพบอยู่ร่วมกับเซลลูโลส โครงสร้างโมเลกุลยังไม่แน่ชัดเชื่อว่าการที่ไม่สามารถละลายน้ำได้เนื่องจากโปรโตเพกทินเป็นสารโมเลกุลใหญ่ หรือน่าจะอยู่ในรูปของเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียม (แคลเซียม-แมกนีเซียมเพกตินเตต) แต่ในระหว่างกระบวนการสุกของผลไม้ โปรโตเพกทินอาจถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์หรืออาจใช้ต่างจะทำให้หมู่เมทิลถูกแยกออกไปบางส่วนได้เป็นหมู่คาร์บอกซิลอิสระ เรียกว่ากรดเพกตินิก (pectinic acid) เป็นสารประกอบเพกทินที่ละลายได้ในน้ำ



ภาพที่ 8 โครงสร้างของเพกทินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้

ที่มา : กษิดิ์เดช และคณะ (2555)

4.2 คาราจีแนน

คาราจีแนนเป็นโพลีแซคคาไรด์ซัลเฟตที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดงคือ *Chondrus crispus* และ *Gigartinastellatae* โดยเฉพาะชนิดแรกใช้ผลิตคาราจีแนน เป็นการค้าในสหรัฐอเมริกา แต่ในยุโรปใช้ทั้งสองชนิด คาราจีแนนแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆด้วยกัน ได้แก่ แคปป้า (kappa) ไอโอต้า(iota) และแลมด้า(lambda) สาหร่ายส่วนใหญ่มีคาราจีแนนอย่างน้อย 2-3 ชนิด ผสมกันอยู่คาราจีแนน ชนิดแคปป้าและไอโอต้าเท่านั้น ที่มีสมบัติเกิดเจลได้เมื่อมีโปรแตสเซียมไอออน ส่วนแลมด้า-คาราจีแนนเกิดเจลไม่ได้ สมบัติที่สำคัญของคาราจีแนนทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบสมบัติของคาราจีแนนของแต่ละชนิด

สมบัติ	แคปป้า	แลมด้า	ไอโอต้า
ปริมาณซัลเฟต	25%	35%	32%
หมู่ 3,6-anhydro	28%	0%	30%
ผลของการประจุบวก	เกิดเจลกับ K^+	ไม่เกิดเจล	เกิดกับเจล Ca^{+2}
ชนิดของเจล	เปราะและเกิด Syneresis คืนกลับด้วยความร้อน	ไม่เกิดเจล	ยืดหยุ่นและไม่เกิด Syneresis คืนกลับด้วยความร้อน
การละลายในน้ำเย็น	พองตัวได้ดี	ละลายได้ในเกลือ	Thixotropic Dispersions กับ Ca^{+2}
การละลายในสารละลายน้ำตาล	ละลายในสารละลายร้อน	ละลายในสารละลายน้ำร้อน	ละลายได้ยาก ไม่ละลาย
การละลายในน้ำนม	ไม่ละลาย	เกิด gelling	ความหนืดเพิ่มเติม
เมื่อเติม $Na_4P_2O_7$	ความหนืดเพิ่มขึ้น หรือ อาจเกิดเจล	ความหนืดเพิ่มขึ้น หรือ เกิดเจลดึขึ้น	หรือ อาจเกิดเจล

ที่มา : ดัดแปลงจาก Charalambous and Doxastakis (1989)

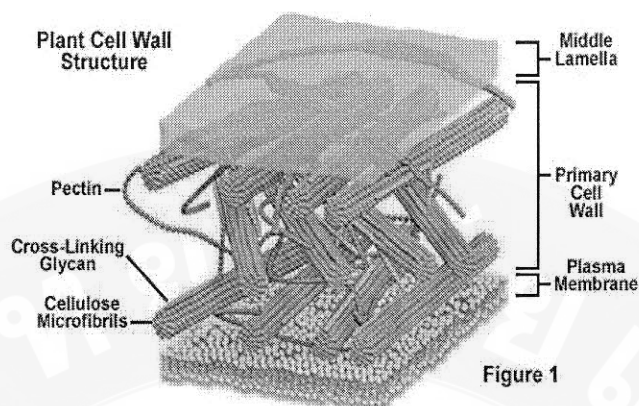
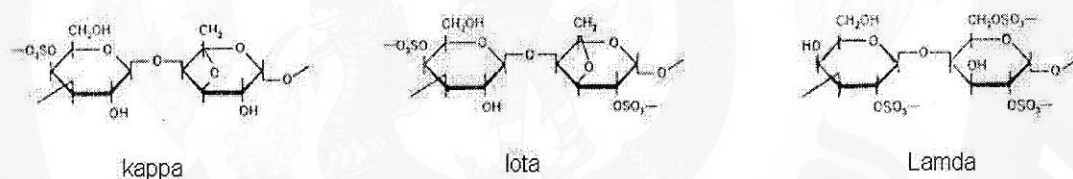


Figure 1

ภาพที่ 9 โมเลกุลของเพกทิน (เส้นสีชมพู) ในเนื้อเยื่อของบริเวณ middle lamella และ ผนังเซลล์

ที่มา : พิมพ์เพ็ญและนิธิยา (2556)



ภาพที่ 10 โครงสร้างโมเลกุลของคาราจีแนน

ที่มา : foodnetworksolution (2016)

วิธีการใช้คาราจีแนน

1. คาราจีแนนไม่เหมือนเกลือหรือน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ง่าย
2. คาราจีแนนเป็นผงแห้งละเอียดไม่มีน้ำฉะนั้นจะละลายได้ก็ต่อเมื่อมีการพองตัวก่อน
3. ผงที่แห้งที่ไม่มีส่วนประกอบอยู่นี้จะแข็งและไม่เกาะกันเลย การดูดน้ำของ

คาราจีแนนขึ้นอยู่กับ Ionic environment การเติมเกลือลงไปจะลดการพองตัวยิ่งใส่เกลือมาก การพองตัวก็จะยิ่งลด การละลายต้องใช้อุณหภูมิสูงเพื่อละลายให้หมด

ข้อควรพิจารณาในการใช้คาราจีแนน

1. คาราจีแนนจะต้องอาศัยความร้อนเพื่อการละลายได้ดี ยกเว้นกรณีคาราจีแนนที่ผสมพิเศษ ให้ละลายที่อุณหภูมิต่ำ
2. การแปรรูปเนื้อสัตว์ สารละลายคาราจีแนนที่ใช้ จะต้องมีความหนืดที่น้อยเพื่อสะดวกในการบีบคาราจีแนนจะใสในน้ำเกลือเพื่อป้องกันไม่ให้คาราจีแนนพองตัวและไม่ทำให้รู้เข็มที่ใช้ฉีดเข้าเนื้อต้น
3. ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้เป็นเจล เช่น jelly cup ในช่วงที่ปล่อยให้เย็น เพื่อให้เกิดเจล เช่น การเคลื่อนไหวนของภาชนะบรรจุ ซึ่งอาจจะทำให้เจลนั้นเกิดการแตกตัวขึ้นมาได้เพราะช่วงนี้เป็นช่วงที่เจลกำลังค่อยเกิดขึ้น
4. ผลิตภัณฑ์ประเภท suspension เช่น น้ำสลัด หรือมาร์มาเลต การคนเบาๆ ช่วงเวลาที่ปล่อยให้เย็นจะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสขึ้นและเป็นการเพิ่มปริมาตรให้กับผลิตภัณฑ์
5. ผลิตภัณฑ์ pH ต่ำๆ เช่น น้ำผลไม้ ซอสมะเขือเทศ ต้องใส่คาราจีแนนตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตและทำให้เย็นโดยเร็วเพื่อป้องกันการคืนตัว

4.3 เจลาติน

เจลาติน (gelatin) (จุฬามาตและคณะ, 2554) เป็น ไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) หรือโพลิเมอร์ที่ละลายน้ำ (water soluble polymer) ซึ่งเป็นโปรตีน (protein) ที่ได้จากย่อยคอลลาเจน (collagen) ที่มีอยู่ในกระดูก หนังสัตว์และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ของสัตว์เช่น ควาย หมู วัว โดยใช้ความร้อน และ กรด หรือ ด่าง เพื่อย่อยให้คอลลาเจนโมเลกุลเล็กลงเปลี่ยนเป็นเจลาตินลักษณะเป็นแผ่น ชื้น เกร็ด หรือ ผงสีเหลืองอ่อน หรือสีเหลืองอำพัน ละลายได้ในน้ำร้อนไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะอ่อนนุ่ม พองตัว และอุ้มน้ำได้ 5-10 เท่าของน้ำหนักเดิม ละลายได้ในกรดอะซิติก (acetic acid) ไม่ละลายในอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม และเอทานอลร้อยละ 98 ซึ่งสามารถใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล หรือแม้กระทั่งทำให้เกิดการคงตัวได้ ปัจจุบันมีการนำเจลาตินมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้เป็นสารปรับแต่งเนื้ออาหาร สารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ไอศกรีม ฯลฯ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเจลาตินมีปรากฏอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งมูลค่าในการใช้เจลาตินในแต่ละปีนั้นจะเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยเพิ่มขึ้นประมาณปีละร้อยละ 3 โดยส่วนมากจะใช้ในขนมเค้กและอาหารกลุ่มที่มีแคลอรีต่ำ

ในการผลิตเจลาตินนั้น พันธะต่างๆ ที่มีโครงสร้างของคอลลาเจนจะถูกทำลายส่งผลให้เกิดเจลาติน ซึ่งประกอบด้วยเปปไทด์ หรือโปรตีนโมเลกุลสั้นๆ หรือโมเลกุลขนาดเล็กจำนวนมากที่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้ล้วนจะมีทั้งประจุบวกและประจุลบอยู่ด้วยกันในโมเลกุล (amphoteric substance) จึงทำให้เจลาตินเป็นสารที่มี isoionic point ช่วงกว้างอยู่ระหว่าง 5-9

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการผลิตเป็นสำคัญ ในการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่มีในเจลาตินนั้น จะพบว่า มี glycine, proline, และ hydroxyproline เป็นหลัก นอกจากนั้นจะพบ glutamic acid, alanine, arginine, aspartic acid, lysine, serine, leucine, valine, phenylalanine, threonine, isoleucine, hydroxylysine, และพบ methionine และ histidine ในปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 1 และ tyrosine น้อยกว่าร้อยละ 0.5 และจะไม่พบ tryptophan และ cysteine อยู่เลย ด้วยองค์ประกอบเช่นนี้ เจลาตินที่ได้จากการสลายตัวของคอลลาเจนจึงเป็น hydrocolloids ที่ต่างจากตัวอื่น เพราะ hydrocolloids อื่นนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นโพลิเมอร์ของ แซคคาไรด์ (saccharide polymer) แต่เจลาตินนั้นเป็น โพลิเมอร์ของกรดอะมิโน

ส่วนแบ่งทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลลี่

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลลี่จัดรวมอยู่ในกลุ่มเครื่องดื่มน้ำผลไม้รูปแบบที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน คือ เครื่องดื่มเจลลี่คาราจีแนนผสมบุกพร้อมดื่มรสผลไม้ซึ่งลักษณะของผลิตภัณฑ์จะเป็นเจลที่สามารถบริโภคโดยการดูดได้อย่างต่อเนื่องโดยที่เนื้อสัมผัสยังคงความเป็นเจลที่สามารถรู้สึกได้ภายในปากขณะบริโภค (mouth feel) และมีกลุ่มเครื่องดื่มประเภทเจลลี่ (jelly) ที่เพิ่มในกลุ่มตลาดในประเทศไทย จำนวน 3 กลุ่มสินค้า ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ตราเจเล่ไลท์ เจเล่ซูเปอร์ไลท์ และเจเล่บิวตี้ จากผลการตอบรับที่ดีดังกล่าวทำให้ปัจจุบันตลาดเจลลี่พร้อมดื่มวางไว้ที่กลุ่มนักเรียน คนวัยทำงาน ที่ใส่ใจในเรื่องของสุขภาพและมีความทันสมัย โดยแบ่งสัดส่วนเป็นผู้ชายร้อยละ 30 และผู้หญิงร้อยละ 70 (โดยบริษัทศรีนานาพรมาร์เก็ตติ้งจำกัด, 2558) มีส่วนแบ่งการตลาดอยู่ที่ร้อยละ 87 ของตลาดรวมเจลลี่พร้อมดื่มมูลค่า 1,600 ล้านบาท คาดว่าจะมียอดขายเจลลี่พร้อมดื่มเติบโตอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10-15 สูงกว่าภาพรวมตลาดที่คาดว่าจะมีอัตราการเติบโตอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10 (ไทยรัฐ, 2558) สำหรับเจเล่ผู้นำในทางด้านการตลาดเจลลี่ หลังจากได้จัดกิจกรรมการแนะนำผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาด เอาใจกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายหลักที่เป็นสุภาพสตรีอายุระหว่าง 15-22 ปี ที่เริ่มดูแลรูปร่างและความงาม ผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์เจลลี่ ภายใต้แบรนด์เจเล่ภาพรวมตลาดเจลลี่มูลค่าประมาณ 2,000 ล้านบาท ในปี 2559 ซึ่งทางเจเล่เป็นผู้นำตลาด มีส่วนแบ่งสูงถึงร้อยละ 80 ด้วยความโดดเด่นและมีเอกลักษณ์ของบรรจุภัณฑ์แบบซองของ “เจเล่บิวตี้” ที่ช่วยให้เกิดมิติใหม่ๆ ในผลิตภัณฑ์ที่ถูกใจผู้บริโภควัยรุ่น จากคุณสมบัติในส่วนผสมที่เติมลงไปในการผลิตผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันบริษัทมีผลิตภัณฑ์เจลลี่ประเภทถ้วยภายใต้ตรา “เจเล่ไลท์” ที่เหมาะสำหรับเด็กหรือผู้ใหญ่ที่ชอบทานเจลลี่ที่มีรสชาติที่เข้มข้น ราคาไม่แพง เจลลี่ผู้นำตลาดเจลลี่ เจเล่บิวตี้ได้จัดกิจกรรมทางการตลาดเพื่อเจาะเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายมากขึ้นคือกลุ่มผู้หญิงช่วงอายุ 16-25 ปี และเป็นส่วนแบ่งการตลาดเป็นเจลลี่พร้อมดื่ม ร้อยละ 70 และเจลลี่ถ้วยเล็กร้อยละ 30 ซึ่งทางเจเล่เป็นผู้นำตลาดเจ้าแรกโดยบริษัทศรีนานาพรมาร์

เกิดตั้งจำกัด ซึ่งจัดกิจกรรมการตลาดตลอดทั้งปี พร้อมทั้งเปิดตัวนวัตกรรมใหม่เจลลี่พร้อมดื่มในหมวดอาหารสุขภาพ (functional food) เจลลี่ในกลุ่มเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและความงามภายใต้แบรนด์เจลลี่บีวี่ 3 สูตรใหม่ ได้แก่คอลลาเจนผสมวิตามินซีแอลกลูตาไธโอนผสมซิงค์และมัลติวิตามินจากการเปิดตัวผลิตภัณฑ์ใหม่นี้จะสามารถขยายเพิ่มขึ้นโดยจะสามารถเติบโตได้ราวร้อยละ 10-15 จากปัจจุบันที่มีส่วนแบ่งการตลาดกว่า ร้อยละ 90 จากมูลค่าตลาดรวมที่มากกว่า 500 ล้านบาท โดยยังคงเน้นไปที่การเจาะตลาดเป้าหมายกลุ่มวัยรุ่นอายุ 16-18 ปี และกลุ่มเจลลี่ถ้วยเล็ก สำหรับเจลลี่ถือเป็นผู้นำในตลาดเจลลี่โดยปีนี้ตั้งเป้ารายได้กว่า 1,400 ล้านบาทโตขึ้นราวร้อยละ 6-7 เจลลี่กับเจลลี่พร้อมดื่มแบรนด์ เจลลี่บีวี่ 500 ล้านบาท โตจากปีก่อนโดยในปีบริษัทจะมุ่งให้ความสำคัญต่อเจลลี่บีวี่เป็นหลัก โดยใช้งบการตลาดรวมกว่า 70-80 ล้านบาท ล่าสุดใช้ 50 ล้านบาทสำหรับการทำตลาดในช่วงไตรมาสสามนี้ กระแสสาวรักสุขภาพ และควบคุมน้ำหนักมั่นใจว่าจะเพิ่มฐานลูกค้าในกลุ่มแม่บ้านเข้ามาได้จากปัจจุบันเจลลี่บีวี่จะจับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้หญิงอายุ 15-29 ปี เดิมเจลลี่บีวี่จะมีความเป็นเด็กวัยรุ่นค่อนข้างสูง ดังนั้น แผนการทำตลาดจะมีทั้ง 2 ส่วน โดยกลุ่มวัยรุ่นจะเน้นออนไลน์เป็นหลักส่วนสาววัยทำงานจะเน้นไปยังพนักงานออฟฟิศมากขึ้นในส่วนของผู้บริโภคยังมีการปรับบรรจุภัณฑ์ให้ดูเพริ้วและทันสมัยมากขึ้นรวมถึงปรับสูตรรสชาติให้ตรงความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้นด้วยโดยปัจจุบันมีอยู่ 7 รสชาติ วางจำหน่ายในราคา 10 บาท ทั้งนี้ในปีหน้ายังเตรียมเปิดตัวสินค้าใหม่ในกลุ่มเจลลี่เพิ่มด้วยโดยจะต้องดูสถานการณ์ทางความต้องการของผู้บริโภค (Manager, 2558)

พฤติกรรมของผู้บริโภค

พฤติกรรมการซื้อ (buying behavior) เป็นการตัดสินใจและการปฏิบัติของบุคคลซึ่งเกี่ยวข้องกับการซื้อและการใช้ผลิตภัณฑ์ ความสำเร็จของธุรกิจขึ้นกับปฏิกิริยาของผู้ซื้อ และยังใช้ประโยชน์เพื่อกำหนดกลยุทธ์การตลาด (ศิริจันทร์, 2555)

พฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคและขององค์กร

การศึกษาถึงพฤติกรรมการซื้อเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้ธุรกิจเข้าใจถึงพฤติกรรมการซื้อ จะสามารถพยากรณ์ความต้องการของผู้ซื้อ และนำไปกำหนดกลยุทธ์การตลาดที่ตอบสนองความพึงพอใจของผู้ซื้อได้ พฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคกับขององค์กรจะมีความแตกต่างกันดังรายละเอียดดังนี้

พฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภค หมายถึง การซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อการใช้ส่วนตัวหรือในครัวเรือน ซึ่งไม่ใช่เพื่อธุรกิจ จะแตกต่างกันสำหรับการซื้อผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด สำหรับสินค้าราคาต่ำ ผู้บริโภค

จะซื้อสม่ำเสมอใช้เวลาค้นหาหรือตัดสินใจน้อย แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ราคาค่อนข้างสูงผู้บริโภคไม่คุ้นเคยจึงใช้ความพยายามและเวลาในการตัดสินใจอย่างมาก กระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค มีดังนี้ (1) การรับรู้ปัญหา (2) การค้นหาข้อมูล (3) การประเมินผลทางเลือก (4) การซื้อ (5) การประเมินผลภายหลังการซื้อ

พฤติกรรมซื้อขององค์กร เป็นการซื้อผลิตภัณฑ์โดยผู้ผลิต คนกลาง หน่วยธุรกิจ หน่วยราชการ และสถาบันต่างๆ ผู้ซื้อขององค์กรต้องพิจารณาถึงคุณภาพ ราคาการให้บริการ ซึ่งจัดหาโดยผู้ขายปัจจัยการผลิตผู้ซื้อขององค์กรจะได้รับแจ้งข่าวสาร เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ซื้อ ภายในองค์กรจะมีคณะกรรมการเพื่อพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ในการตัดสินใจซื้อ นโยบายการซื้อทรัพยากร ฯลฯ การซื้อขององค์กรจะเกิดขึ้นจากการให้รายละเอียด ตรวจสอบ และการเจรจาซื้อขาย

การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค

นักการตลาดต้องวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค เพื่อให้เข้าใจเข้าถึงผู้บริโภคได้ดียิ่งขึ้น การวิเคราะห์ทำได้ดังนี้

สาเหตุที่ผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์ เพื่อมีความหวังที่จะมีความพอใจทั้งในปัจจุบัน และอนาคต ผู้บริโภคจะซื้อสินค้าหรือบริการโดยเปรียบเทียบระหว่างคุณค่าของผลิตภัณฑ์ เหตุผลที่ผู้บริโภคจะต้องซื้อสินค้านี้มีดังนี้ 1) ต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ 2) ต้องการความสะดวกจากการใช้ผลิตภัณฑ์ 3) ผลิตภัณฑ์ทำให้มีสุขภาพดี 4) ต้องการความภาคภูมิใจจากการมีในกรรมสิทธิ์ในตัวสินค้า 5) ต้องการความปลอดภัย

ผู้บริโภคต้องการซื้ออะไร โดยพิจารณาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ เช่น คุณภาพ ประโยชน์การใช้งาน รูปลักษณ์ หรือบริการที่สะดวก เป็นต้น เพื่อกำหนดกลยุทธ์ด้านผลิตภัณฑ์

ผู้บริโภคซื้อที่ไหน โดยพิจารณาสถานที่ที่ผู้บริโภคไปซื้อผลิตภัณฑ์ เช่น ห้างสรรพสินค้า ร้านสะดวกซื้อ เป็นต้น เพื่อกำหนดกลยุทธ์การจำหน่าย

ผู้บริโภคซื้อเมื่อใด โดยพิจารณาวัน เวลา โอกาสที่ผู้บริโภคมักจะซื้อผลิตภัณฑ์ เช่น ช่วงเย็น หลังเลิกงาน วันเสาร์ วันอาทิตย์ หรือ ช่วงเทศกาล เป็นต้น การทราบถึงโอกาสในการซื้อของผู้บริโภค จะนำสู่กลยุทธ์ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านส่งเสริมการตลาด และด้านจัดจำหน่าย เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ซื้อ

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่นำมาวิจัย

สาหร่ายเตาจากชุมชนบ้านนาคูหา ตำบลสวนเขื่อน อำเภอเมือง จังหวัดแพร่

วัสดุที่ใช้ในการกระบวนการผลิตเครื่องต้มชนิดเจล

1. น้ำสะอาด
2. สาหร่ายเตา
3. น้ำตาลแอลกอฮอล์
4. ผงคาราจีแนน เจปี
5. ผงเจल्लीจีแนน
6. ผงเจल्लीคาราจีแนน
7. กลิ่นมะนาวและกลิ่นใบเตย
8. น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55)
9. ผงฟู (โซเดียมไบคาร์บอเนต)

อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องต้มชนิดเจล

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องให้ความร้อน (hot plate)
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. ผ้ากรองน้ำต้มสาหร่ายเตา
5. ถ้วยสำหรับบรรจุเครื่องต้มชนิดเจล
6. ถ้วยตวง
7. เตาแก๊ส
8. ทัพพี
9. กระชอน
10. เครื่องปั่นน้ำผลไม้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. ขวดวัดปริมาตร
2. ปิเปต
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง
4. UV-Vis spectrophotometer
5. เครื่อง vortex mix (Vortex-Gehies1)
6. $K_2S_2O_8$
7. ABTS
8. nitroblue tetrazolium (NBT)
9. nicotinamide adenine dinucleotide (NADH)
10. phenazine methosulphate (PMS)
11. phosphate buffer
12. gallic acid
13. trolox

อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

1. แผ่นทดสอบ 3M สำหรับวิเคราะห์จุลินทรีย์
2. แผ่นทดสอบ 3M สำหรับวิเคราะห์ยีสต์และเชื้อรา
3. ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ปลอดเชื้อ
4. ปีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์
6. ตู้บ่มเชื้อ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตา

การศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตาจากผู้บริโภคจำนวน 400 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 นักศึกษาในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ชาย 100 คน และ หญิง 100 คน

กลุ่มที่ 2 บุคลากรในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ชายและหญิงจำนวน 200 คน

โดยใช้แบบสอบถามในหัวข้อต่อไปนี้

1. ข้อมูลส่วนตัวของผู้บริโภค
2. พฤติกรรมการบริโภคอาหารว่าง
3. ความสนใจในการดูแลสุขภาพ
4. การบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล
5. ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตา

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วยการแจกแจงความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percent) และการทดสอบค่าไคสแควร์ (Chi-square test) เพื่อพิจารณาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตา

การคัดเลือกสารเกิดเจลสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตา

นำสารเกิดเจลในท้องตลาด 3 รายการ คือ ผงเจल्लीจีแนน (บริษัท แคลเทค จำกัด) ผงเจल्लीคาราจีแนน เจปี (บริษัท สเปเชียล ฟู้ด จำกัด) และ ผงเจल्लीคาราจีแนน (Wendt Chemie Company GmbH) มาทดลองทำให้เกิดเจลโดยใช้ความเข้มข้นในระดับต่างๆ (ผงเจल्लीจีแนน ร้อยละ 1.75-2.25 เจल्लीคาราจีแนน เจปี ร้อยละ 0.5 – 2.0 และ ผงเจल्लीคาราจีแนน ร้อยละ 0.25 – 2.0)

คัดเลือกสารเกิดเจลมาใช้สำหรับเตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล โดยใช้ความแข็งของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลที่เป็นผู้นำในตลาดเป็นเกณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มชนิดเจล

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มเจลกลั่นใบเตย

นำสารเกิดเจลจากข้อ 2 มาเตรียมผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มเจลโดยใช้ในระดับความเข้มข้นที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีความแข็งของเจลใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลที่เป็นผู้นำในตลาด โดยแปรปริมาณซอร์บิทอลและน้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) อย่างละ 2 ระดับ คือ ซอร์บิทอลร้อยละ 10 และ 15 และน้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ร้อยละ 0 และ 5 ตามลำดับ และปรุงแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นใบเตยสังเคราะห์ร้อยละ 0.1

นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้มาทดสอบการยอมรับด้วยวิธีการจัดลำดับความชอบโดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภค 60 คน แบ่งเป็นชาย 30 คน และ หญิง 30 คน เลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดไว้ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มเจลกลั่นมะนาว

นำสารเกิดเจลจากข้อ 2 มาเตรียมผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มชนิดเจลโดยใช้ในระดับความเข้มข้นที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีความแข็งของเจลใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลที่เป็นผู้นำในตลาด เติมซอร์บิทอลและน้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ในปริมาณที่เลือกได้จากข้อ 3.1 ทดลองแปรปริมาณกรดซิตริก 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 และปรุงแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นมะนาวร้อยละ 0.1

นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้มาทดสอบการยอมรับด้วยวิธีการจัดลำดับความชอบโดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภครวม 60 คน แบ่งเป็นชาย 30 คน และ หญิง 30 คน เลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดไว้ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

การศึกษาความเหมาะสมของสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตา

นำสาหร่ายเตาแห้งมาบดเป็นผงขนาดเล็ก ผสมน้ำให้มีความเข้มข้นของสาหร่ายเตาเท่ากับร้อยละ 0.5 ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองแยกส่วนที่ไม่ละลายน้ำออกด้วยผ้าขาวบาง เติมน้ำจนสารสกัดจากสาหร่ายเตามีปริมาตรเท่ากับเริ่มต้น จากนั้นนำสารสกัดมาใส่แทนน้ำเพื่อเตรียมเป็นเครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตากลิ่นใบเตยและกลิ่นมะนาวต่อไป

1. การศึกษาความเหมาะสมของสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตากลิ่นใบเตย

นำสารสกัดสาหร่ายเตาที่เตรียมโดยใช้ความเข้มข้นของสาหร่ายเตาเท่ากับร้อยละ 0.5 มาเตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลโดยใช้สารเกิดเจลที่คัดเลือกจากข้อ 2 ซอร์บิทอล และ น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ในปริมาณที่คัดเลือกจากข้อ 3.1 และปรุงแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นใบเตยสังเคราะห์ร้อยละ 0.1

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีสเกลพอดี (Just about right scale) และการยอมรับรวมด้วยมาตราความชอบ 9 จุด (9-point hedonic scale) โดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภครวม 100 คน แบ่งเป็นชาย 50 คน และ หญิง 50 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์แบบพินอลดี (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง) และการวิเคราะห์โอกาส

2. การศึกษาความเหมาะสมของสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตากลิ่นมะนาว

นำสารสกัดสาหร่ายเตาที่เตรียมโดยใช้ความเข้มข้นของสาหร่ายเตาเท่ากับร้อยละ 0.5 มาเตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลโดยใช้สารเกิดเจลที่คัดเลือกจากข้อ 2 ซอร์บิทอล และ น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ในปริมาณที่คัดเลือกจากข้อ 3.1 กรดซิตริก ในปริมาณที่คัดเลือกจากข้อ 3.2 และปรุงแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นมะนาวร้อยละ 0.1

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีสเกลพอดี้ และการยอมรับรวมด้วยมาตราความชอบ 9 จุด โดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภคม 100 คน แบ่งเป็นชาย 50 คน และ หญิง 50 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์แบบพินอลตี้ (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง) และการวิเคราะห์โอกาส

การศึกษาปริมาณสาหร่ายเตาสดที่เหมาะสมในสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสด

นำสาหร่ายไปล้างให้สะอาด พักให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปชั่งร้อยละ 2 (40 กรัม) นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ เตรียมน้ำสะอาด 200 มิลลิลิตรแล้วนำไปต้มให้เดือดในอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.1 (2 กรัม) คนให้เข้าเป็นเวลา 5 นาทีจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง กรองด้วยผ้าขาวบางพักให้สะเด็ดน้ำแล้วตักใส่ภาชนะเตรียมไว้

1. การศึกษาปริมาณสาหร่ายเตาสดที่เหมาะสมในสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลิ่นใบเตย

เตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลโดยใช้สารเกิดเจลที่คัดเลือกจากข้อ 2 ซอร์บิทอล และ น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ในปริมาณที่คัดเลือกจากข้อ 3.1 และปรุงแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นใบเตยสังเคราะห์ร้อยละ 0.1 แปรปริมาณสาหร่ายเตาสด 4 ระดับ คือ ร้อยละ 1 2 3 และ 4 (10 20 30 และ 40 กรัม)

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบการยอมรับด้วยวิธีการจัดลำดับความชอบโดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภคม 60 คน แบ่งเป็นชาย 30 คน และ หญิง 30 คน เลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดไว้ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2. การศึกษาปริมาณสาหร่ายเตาสดที่เหมาะสมในสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลิ่นมะนาว

เตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลโดยใช้สารเกิดเจลที่คัดเลือกจากข้อ 2 ซอร์บิทอล และ น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ในปริมาณที่คัดเลือกจากข้อ 3.1 กรดซิตริก ในปริมาณที่คัดเลือกจากข้อ 3.2 และปรุงแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นมะนาวร้อยละ 0.1 แปรปริมาณสาหร่ายเตาสด 4 ระดับ คือ ร้อยละ 1 2 3 และ 4 (10 20 30 และ 40 กรัม)

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบการยอมรับด้วยวิธีการจัดลำดับความชอบโดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภคม 60 คน แบ่งเป็นชาย 30 คน และ หญิง 30 คน เลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดไว้ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

การทดสอบฤทธิ์ขจัดอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตาจากข้อ 4 และผลิตภัณฑ์ชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากข้อ 5 มาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธีการดังนี้

1. การทดสอบฤทธิ์ขจัดอนุมูล ABTS (Scavenging activity of ABTS radical cation)

โดยดัดแปลงวิธีการของ Re *et al.* (1999) ดังนี้ ผสมสารละลาย 2, 2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline -6-sulfonic acid (ABTS) ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ปริมาตร 5 มิลลิลิตรกับสารละลาย $K_2S_2O_8$ ความเข้มข้น 140 มิลลิโมลาร์ปริมาตร 88 ไมโครลิตร ในขวดสีชา ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 16 ชั่วโมง จะได้ stock ABTS radical cation ก่อนการทดสอบเจือจาง stock ABTS radical cation ด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 0.700 ± 0.05 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เริ่มการทดสอบโดยเตรียมตัวอย่างสารสกัดน้ำสาหร่ายเตา ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง และใช้น้ำกลั่น เป็นชุดควบคุมต่อมาเติมสารละลาย ABTS ปริมาตร 1.8 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร หลังจากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหา % inhibition หรือการยับยั้งอนุมูลอิสระตามสมการดังนี้

$$\% \text{ Inhibition} = [(Abs.\text{control} - Abs.\text{test sample}) / Abs.\text{control}] \times 100$$

Abs.control คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

Abs.test sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างทดสอบ

เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารทดสอบหรือสารสกัดน้ำสาหร่ายเตา 1 กรัมกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานคือ trolox ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินอี ที่มีหน่วยเป็น mM หรือเรียกว่าค่า TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) ที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากัน

2. การทดสอบฤทธิ์ขจัดอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ (Superoxide radical ($O_2^{\bullet-}$) scavenging activity)

โดยอ้างอิงจากวิธีการของ Nikishimi *et al.* (1972) ดังนี้ หยด 0.5 มิลลิลิตรของ nitroblue tetrazolium (NBT) ในขนาด 2.52 มิลลิโมลาร์ 0.5 มิลลิลิตรของ nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) ในขนาด 624 ไมโครโมลาร์ และ 0.5 มิลลิลิตรของ phenazine methosulphate (PMS) ในขนาด 120 ไมโครโมลาร์ลงในหลอดทดลองที่มีสารทดสอบ 0.5 มิลลิลิตร โดยเตรียมสารทุกอย่างในการทดสอบใน phosphate buffer ขนาด 0.1 โมลาร์ที่ pH 7.4 ผสมสาร

ให้เข้ากันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 14 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร คำนวณฤทธิ์กำจัดอนุมูล $O_2^{\bullet}$ เป็นร้อยละได้ดังนี้

$$\text{ฤทธิ์กำจัดอนุมูล superoxide (\%)} = 100 \times (A560\text{control} - A560\text{sample}) / A560\text{control}$$

เมื่อ A560 control และ A560 sample เป็นค่าดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรของหลอดควบคุมและสารทดสอบ ตามลำดับ เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารทดสอบกับความเข้มข้นของ gallic acid ซึ่งใช้เป็นสารมาตรฐานที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (การทดสอบนี้ทำเฉพาะผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสำหรับวัยเตาะสเท่านั้น)

การทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ทดลองเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องที่ 29 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ติดตามผลโดย วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยใช้แผ่นทดสอบ 3M (การทดสอบนี้ทำเฉพาะผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสำหรับวัยเตาะสกลิ่นใบเตยเท่านั้น)

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสำหรับวัยเตาะ

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสำหรับวัยเตาะจากข้อ 4 และผลิตภัณฑ์ชนิดเจลผสมสำหรับวัยเตาะสที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากข้อ 5 มาทดสอบการยอมรับด้วยวิธี 9-point hedonic scale และความสนใจซื้อ โดยใช้ผู้บริโภคจำนวน 400 คน

สถานที่ทำการทดลอง

1. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรม การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสม สำหรับเตา/สารสกัดจากสำหรับเตา

ผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสำหรับเตา/สารสกัดจากสำหรับเตาจากตัวแทนผู้บริโภคในมหาวิทยาลัยแม่โจ้จำนวน 401 คน แบ่งเป็น นักศึกษา 201 คน (ชาย 100 คน หญิง 101 คน)บุคลากร 200 คน (ชาย 40 คน (21-60 ปี) หญิง 160 คน (21-30, 31-40, 41-50 และ 51-60 ปี กลุ่มละ 40 คน)ได้ผลในภาพรวมดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสำหรับเตา/สารสกัดจากสำหรับเตา

ผลการสำรวจ	จำนวน	ร้อยละ
BMI (กิโลกรัม / เมตร ²)		
<18.5(ผอมเกินไป)	5	1.2
18.5-22.9(น้ำหนักตัวเหมาะสม)	102	25.4
23-24.9(น้ำหนักเกิน / ท้วม)	93	23.2
25-29.9(อ้วนปานกลาง)	147	36.7
≥ 30 (อ้วนมาก)	54	13.5
พฤติกรรมการบริโภคอาหารว่าง		
น้อย	12	3.0
ค่อนข้างน้อย	68	17.0
ปานกลาง	206	51.4
ค่อนข้างมาก	102	25.4
มาก	13	3.2
ความสนใจในการดูแลสุขภาพของตนเอง		
มาก	7	1.7
ค่อนข้างมาก	70	17.5

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ผลการสำรวจ	จำนวน	ร้อยละ
ปานกลาง	202	50.4
ค่อนข้างน้อย	99	24.7
น้อย	23	5.7
ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล		
ทุกวันหรือเกือบทุกวัน	14	3.5
สัปดาห์ละ 2-4 ครั้ง	88	21.9
สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	63	15.7
เดือนละ 2-3 ครั้ง	79	19.7
เดือนละ 1 ครั้ง	55	13.7
น้อยกว่าเดือนละ ครั้ง	83	20.6
ไม่เคยบริโภค	19	4.7
เครื่องดื่มชนิดเจลที่เลือกรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
เจลลี่/เจลชุปเปอร์ไลท์ (ถ้วยละ 5 บาท)	262	65.3
เจลลี่วุ้น (ถ้วยละ 10 บาท)	173	43.1
เจลลี่วุ้นไลท์ (ถ้วยละ 15 บาท)	112	27.9
อื่นๆ (สินค้าจากต่างประเทศ)	1	0.2
ความสนใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตา		
ไม่สนใจเลย	18	4.5
สนใจเล็กน้อย	69	17.2
สนใจปานกลาง	215	53.6
สนใจมาก	99	24.7
เหตุผลที่สนใจเครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตา (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
สมบัติด้านอนุมูลอิสระ	226	56.4
ให้พลังงานต่ำ	118	29.4

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ผลการสำรวจ	จำนวน	ร้อยละ
ช่วยในการจับถ่าย	177	44.1
สาหร่ายเตา หรือ สารสกัดสาหร่ายเตา	98	24.4
การนำวัตถุดิบพื้นบ้านมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์	115	28.7
รสชาติของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจาก สาหร่ายเตาที่ต้องการ (มีผู้ไม่ตอบ 10 คน)		
หวานเล็กน้อย	85	21.2
หวาน	70	17.5
เปรี้ยวเล็กน้อย	59	14.7
เปรี้ยว	16	4.0
หวานนำและออกเปรี้ยวเล็กน้อย	109	27.2
เปรี้ยวนำและออกหวานเล็กน้อย	52	13.0
ท่านอยากให้มีการปรุงแต่งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/ สารสกัดจากสาหร่ายเตาด้วยกลิ่นรสผลไม้หรือสมุนไพรหรือไม่อย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ไม่ต้องปรุงแต่ง	67	16.7
ส้ม	160	39.9
องุ่น	144	35.9
สตอเบอรี่	142	35.4
ลิ้นจี่	137	34.2
มะนาว	150	37.4
มะพร้าว	61	15.2
กระเจี๊ยบ	47	11.7
ใบเตย	81	20.2
ตะไคร้	36	9.0
เก็กฮวย	51	12.7
อัญชัน	28	7.0

ตารางที่ 5 (ต่อ)

	จำนวน	ร้อยละ
ท่านต้องการให้มีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสำหรับ เตา/สารสกัดจากสำหรับเตาแบบใดอีกบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ไม่ต้องเปลี่ยนแปลง	114	28.4
ต้องการให้เป็นเยลลี่แบบหลอด (เหมือนปีโป้)	152	37.9
ต้องการให้เป็นเยลลี่แบบถ้วย (ใช้ช้อนตักรับประทาน)	209	52.1
ต้องการให้ผสมหรือเพิ่ม (ได้แก่ มุก คอลลาเจนวิตามิน และเมล็ด ธัญชาติ เป็นต้น)	47	11.7
อื่นๆ (โปรดระบุ)	1	0.2
หากมีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสำหรับเตา/สารสกัดจากสำหรับเตา ต่อไปนี้ วางจำหน่าย กรุณาจัดลำดับความสนใจในการซื้อของท่าน 1= สนใจมากที่สุด และ 2,3,4 เป็นลำดับรองลงมาตามลำดับ (คะแนนรวมการจัดลำดับต่ำ หมายถึง ได้รับความสนใจมากกว่า และมีผู้ไม่ตอบ 6 คน)		คะแนนรวม การ จัดลำดับ
บรรจุถ้วยพลาสติกมีฝาปิดสนิทพร้อมหลอด ขนาด 120 กรัม ราคา 10 บาท	730	
บรรจุถ้วยพลาสติกมีฝาปิดสนิทพร้อมหลอด ขนาด 200 กรัม ราคา 15 บาท	877	
บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบตั้งมีปากถุงเป็นหลอด ขนาด 120 กรัม ราคา 15 บาท	1038	
บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบตั้งมีปากถุงเป็นหลอด ขนาด 200 กรัม ราคา 20 บาท	1305	

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเพศ พบว่า ค่าดัชนีมวลกายของนักศึกษาชายและหญิงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ค่าดัชนีมวลกายของบุคคลากรหญิงมีแนวโน้มสูงกว่าบุคคลากรชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าดัชนีมวลกายของบุคคลากรหญิงจะมีแนวโน้มสูงมากขึ้นในกลุ่มอายุ 51-60 ปี พฤติกรรมการบริโภคอาหารว่างของเพศหญิงมีแนวโน้มสูงกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพฤติกรรมการบริโภคอาหารว่างของเพศหญิงจะมีแนวโน้มลดลงในกลุ่มอายุ 51-60 ปี เพศหญิงระบุว่ามีความสนใจในการดูแลสุขภาพของตนเองสูงกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เพศหญิงมีแนวโน้มการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลมากกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เพศหญิงในกลุ่มอายุ 51-60 ปีมีการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลน้อยที่สุด พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เจลเล่ไอท์/เจลลูปเปอร์ไอท์ (ถ้วยละ 5 บาท) ของนักศึกษาชายและหญิงไม่แตกต่างกัน แต่พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าวของบุคลากรหญิงมีมากกว่าบุคลากรชาย ยกเว้นบุคลากรหญิงในกลุ่มอายุ 51-60 ปีที่มีพฤติกรรมการบริโภคไม่แตกต่างจากบุคลากรชาย พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เจลเล่บิวตี้ (ถ้วยละ 10 บาท) ของนักศึกษาชายและหญิงไม่แตกต่างกัน แต่พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าวของบุคลากรหญิงมีมากกว่าบุคลากรชาย ยกเว้นบุคลากรหญิงในกลุ่มอายุ 51-60 ปีที่มีพฤติกรรมการบริโภคต่ำที่สุด พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เจลเล่บิวตี้ไอท์ (ถ้วยละ 15 บาท) ของเพศหญิงมีมากกว่าเพศชาย แต่พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าวของบุคลากรหญิงในกลุ่มอายุ 41-50 ปี และ 51-60 ปี ไม่แตกต่างจากเพศชาย

ความสนใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตาของเพศหญิงมีมากกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ความสนใจเกี่ยวกับสมบัติด้านอนุมูลอิสระของเพศหญิงกลุ่มอายุ 51-60 ปีมีน้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ ความสนใจเกี่ยวกับการให้พลังงานต่ำของบุคลากรชายมีน้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ ความสนใจเกี่ยวกับการช่วยในการขับถ่าย การมีสาหร่ายเตา หรือสารสกัดสาหร่ายเตา และการนำวัตถุดิบพื้นบ้านมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ของเพศชายมีน้อยกว่าเพศหญิง

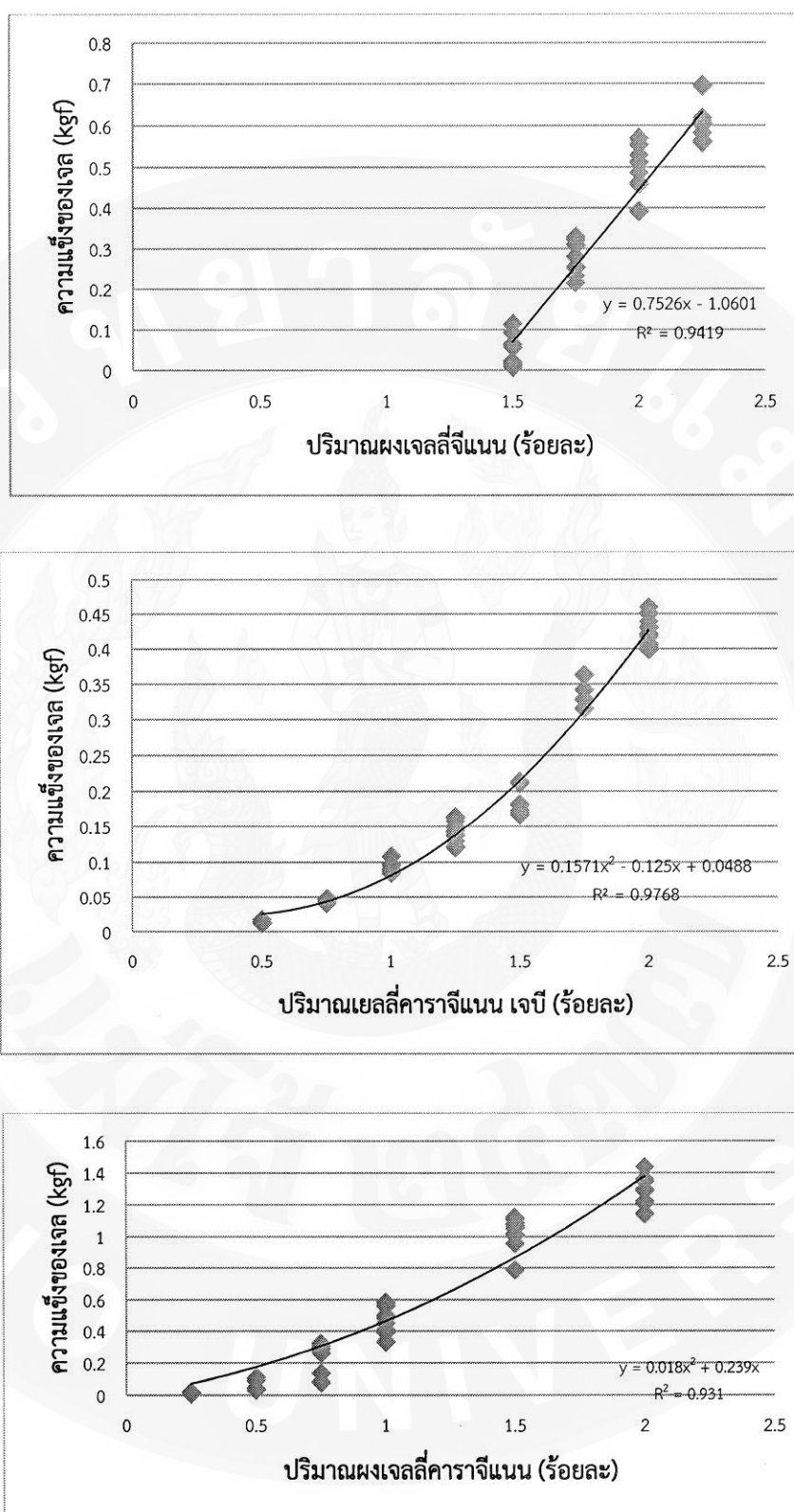
รสชาติของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตาที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการคือ หวานนำและออกเปรี้ยวเล็กน้อยและ หวานเล็กน้อยตามลำดับโดยบุคลากรหญิงกลุ่มอายุ 21-30 ปีและบุคลากรชายเป็นกลุ่มที่ต้องการผลิตภัณฑ์รสหวานเล็กน้อยมากกว่า ผลิตภัณฑ์รสหวานนำและออกเปรี้ยวเล็กน้อย โดยมีความต้องการให้ปรุงแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยกลิ่นรสส้ม มะนาวอ่อน สตรอเบอร์รี่ และ ลิ้นจี่ ตามลำดับทุกกลุ่มต้องการให้ปรุงแต่งด้วยกลิ่นรสส้มไม่แตกต่างกัน เพศชายต้องการให้ปรุงแต่งด้วยกลิ่นรสมะนาวน้อยกว่าเพศหญิงบุคลากรหญิงกลุ่มอายุ 51-60 ปีและบุคลากรชายต้องการให้ปรุงแต่งด้วยกลิ่นรสอ่อนน้อยกว่ากลุ่มอื่น นักศึกษาหญิงและบุคลากรหญิงอายุ 41-50 ปีต้องการให้ปรุงแต่งด้วยกลิ่นรสสตรอเบอร์รี่มากกว่ากลุ่มอื่น และบุคลากรชายต้องการให้ปรุงแต่งด้วยกลิ่นรสลิ้นจี่น้อยกว่ากลุ่มอื่น

ผู้กรอกแบบสอบถามสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถ้วยพลาสติกมีฝาปิดสนิทพร้อมหลอด ขนาด 120 กรัม ราคา 10 บาท มากที่สุด รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถ้วยพลาสติกมีฝาปิดสนิทพร้อมหลอด ขนาด 200 กรัม ราคา 15 บาท ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบตั้งมีปากถุงเป็นหลอด ขนาด 120 กรัม ราคา 15 บาท และ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบตั้งมีปากถุงเป็นหลอด ขนาด 200 กรัม ราคา 20 บาทตามลำดับ

จากข้อมูลแนวโน้มการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจล และความสนใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตาข้างต้นที่พบว่า เพศหญิงมีแนวโน้มการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลและความสนใจผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตามากกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลของนักศึกษาชายและหญิงไม่แตกต่างกัน พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าวของบุคลากรหญิงมีมากกว่าบุคลากรชายและแนวโน้มการบริโภคของบุคลากรหญิงจะลดลงเมื่ออายุมากกว่า 40 ปีขึ้นไปแสดงให้เห็นว่านักเรียนนักศึกษาทั้งหญิงและชาย และผู้หญิงที่มีอายุไม่เกิน 40 ปีน่าจะเป็นกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตา

ผลการคัดเลือกสารเกิดเจลสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา/ สารสกัดจากสาหร่ายเตา

การทดลองนำสารเกิดเจลในท้องตลาด 3 รายการ คือ ผงเจल्लीจีแนน (บริษัท แคลเทค จำกัด) เจल्लीคาราจีแนน เจบี (บริษัท สเปเชียล ฟู้ด จำกัด) และ ผงเจल्लीคาราจีแนน (Wendt Chemie Company GmbH) มาทดลองทำให้เกิดเจลโดยใช้ความเข้มข้นในระดับต่างๆและนำมาวัดความแข็งของเจลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของอาหารพบว่า ได้ผลดังภาพที่ 11

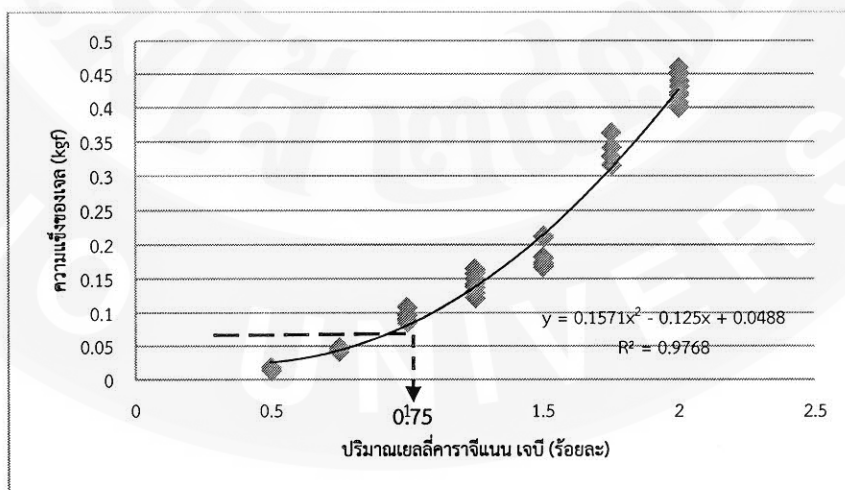


ภาพที่ 11 ความแข็งแรงของเจลที่เตรียมจากสารเกิดเจลในท้องตลาด 3 รายการ

จากภาพที่ 11 แสดงให้เห็นว่าการเกิดเจลของผงเจลลี่เจนนต้องใช้ผงเจลลี่เจนนอย่างน้อยร้อยละ 1.5 ขึ้นไป ในขณะที่การเกิดเจลของเยลลี่คาราจีแนน เจบี และ ผงเจลลี่คาราจีแนนจะใช้ปริมาณน้อยกว่า เนื่องจากผงเจลลี่เจนนมีส่วนประกอบที่ไม่ใช่สารเกิดเจลรวมอยู่ด้วยมากกว่าครึ่ง (ผงเจลลี่เจนน ประกอบด้วย คาราจีแนนร้อยละ 36.7 มอลโตเด็คซ์ทรินร้อยละ 32 ผงบุกร้อยละ 14.3 โลคัสปีนัมร้อยละ 7.5 และ ซีเอ็มซีร้อยละ 9.5)

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างการเกิดเจลของเยลลี่คาราจีแนน เจบี และผงเจลลี่คาราจีแนน พบว่า ผงเจลลี่คาราจีแนนมีความสามารถในการเกิดเจลได้ดีกว่าเยลลี่คาราจีแนน เจบี อย่างเห็นได้ชัด แต่ความแข็งแรงของเจลที่เกิดจากผงเจลลี่คาราจีแนนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มปริมาณเพียงเล็กน้อย ทำให้การควบคุมความแข็งแรงของเจลทำได้ยากกว่าในกรณีที่เกิดในปริมาณน้อยประกอบกับผงเจลลี่คาราจีแนนถูกจำหน่ายโดยร้านจำหน่ายสารเคมีและมีราคาต่อหน่วยแพงกว่าในขณะที่เยลลี่คาราจีแนน เจบี มีวางจำหน่ายในร้านค้าทั่วไปและมีราคาต่อหน่วยถูกกว่า จึงสามารถกล่าวได้ว่า หากเป็นการผลิตในระดับอุตสาหกรรม การเลือกใช้ผงเจลลี่คาราจีแนนเป็นทางเลือกที่เหมาะสมแต่ถ้าเป็นการผลิตในระดับครัวเรือนหรือผู้ประกอบการรายย่อยเยลลี่คาราจีแนน เจบี จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้ซึ่งเป็นการผลิตในระดับครัวเรือนหรือผู้ประกอบการรายย่อยจึงเลือกใช้เยลลี่คาราจีแนน เจบี เป็นสารเกิดเจลสำหรับการทดลองต่อไป

และเนื่องจากความแข็งแรงของเจลของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลที่เป็นผู้นำในตลาด มีค่าเท่ากับ 0.04 ± 0.01 kgf ดังนั้นปริมาณเยลลี่คาราจีแนน เจบี ที่เลือกใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มชนิดเจลในงานวิจัยนี้คือ ร้อยละ 0.75 ดังภาพ 12



ภาพที่ 12 ปริมาณเยลลี่คาราจีแนน เจบี ที่ทำให้ความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 0.04 kgf

ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจล

ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นใบเตย

การทดลองเตรียมผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลโดยใช้ปริมาณเยลลีคาราจีแนน เจบี ร้อยละ 0.75 แปรปริมาณซอร์บิทอลและน้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) อย่างละ 2 ระดับ คือ ซอร์บิทอลร้อยละ 10 และ 15 และน้ำเชื่อมฟรุคโตสร้อยละ 0 และ 5 ตามลำดับ ปรับแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นใบเตย สังเคราะห์ร้อยละ 0.1 แล้วนำผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้มาทดสอบการยอมรับด้วยวิธีการจัดลำดับความชอบโดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภคม 60 คน แบ่งเป็นชาย 30 คน และ หญิง 30 คน ได้ผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การจัดลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นใบเตย

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นใบเตยที่มี	ชาย	หญิง	รวม
ซอร์บิทอลร้อยละ 10 และน้ำเชื่อมฟรุคโตสร้อยละ 0	103 ^c	96 ^b	199 ^c
ซอร์บิทอลร้อยละ 10 และน้ำเชื่อมฟรุคโตสร้อยละ 5	70 ^b	62 ^a	132 ^{ab}
ซอร์บิทอลร้อยละ 15 และน้ำเชื่อมฟรุคโตสร้อยละ 0	79 ^b	77 ^a	156 ^b
ซอร์บิทอลร้อยละ 15 และน้ำเชื่อมฟรุคโตสร้อยละ 5	48 ^a	64 ^a	112 ^a

หมายเหตุ คะแนนการจัดลำดับที่ใช้

1 = ชอบเป็นลำดับที่ 1

2 = ชอบเป็นลำดับที่ 2

3 = ชอบเป็นลำดับที่ 3

4 = ชอบเป็นลำดับที่ 4

*a, b, c คะแนนรวมในแนวสทมภ์ที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 6 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นใบเตยที่มีคะแนนรวมการจัดลำดับความชอบต่ำกว่าหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าเนื่องจากถูกเลือกเป็นลำดับต้นๆ มากกว่าเมื่อพิจารณาในภาพรวมจึงสามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นใบเตยที่มีซอร์บิทอลร้อยละ 15 และน้ำเชื่อมฟรุคโตสร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับมากที่สุดรองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นใบเตยที่มีซอร์บิทอลร้อยละ 10 และน้ำเชื่อม ฟรุคโต

ร้อยละ 5 ผลลัพธ์ต้นแบบเครื่องตีชนิดเจลกลิ้งใบเตยที่มีซอร์บิทอลร้อยละ 15 และผลลัพธ์ต้นแบบเครื่องตีชนิดเจลกลิ้งใบเตยที่มีซอร์บิทอลร้อยละ 10 ตามลำดับ

แต่หากพิจารณาแยกตามเพศของผู้บริโภคจะพบว่า ผลการทดสอบของผู้บริโภคเพศชายมีแนวโน้มที่จะชอบผลลัพธ์ต้นแบบที่มีรสหวานมากกว่า เนื่องจากผลลัพธ์ต้นแบบที่มีปริมาณซอร์บิทอลและน้ำเชื่อมฟรุ๊ตโตมากกว่ามีคะแนนรวมต่ำที่สุดและแตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ผลการทดสอบของผู้บริโภคเพศหญิง พบว่า มีทั้งผู้บริโภคที่ชอบผลลัพธ์ต้นแบบที่มีรสหวานมากและรสหวานปานกลางเนื่องจากคะแนนรวมของผลลัพธ์ต้นแบบที่มีปริมาณซอร์บิทอลและน้ำเชื่อมฟรุ๊ตโตมากมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สำหรับการพิจารณาเลือกผลลัพธ์ต้นแบบเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไปนั้นในที่นี้จะพิจารณาเลือกใช้ผลการทดลองของผู้บริโภคทั้งหมดเป็นเกณฑ์จึงเลือกใช้ผลลัพธ์ต้นแบบเครื่องตีชนิดเจลกลิ้งใบเตยที่มีซอร์บิทอลร้อยละ 15 และน้ำเชื่อมฟรุ๊ตโตร้อยละ 5 ไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

ผลการพัฒนาผลลัพธ์ต้นแบบเครื่องตีชนิดเจลกลิ้งมะนาว

การทดลองเตรียมผลลัพธ์ต้นแบบเครื่องตีชนิดเจลโดยใช้ปริมาณเยลลีคาราจีแนน เจบี ร้อยละ 0.75 ซอร์บิทอลร้อยละ 15 น้ำเชื่อมฟรุ๊ตโต (ร้อยละ 55) ร้อยละ 5 แปรปริมาณกรดซิตริก 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 และปรุงแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นมะนาวร้อยละ 0.1 แล้วนำผลลัพธ์ต้นแบบที่ได้มาทดสอบการยอมรับด้วยวิธีการจัดลำดับความชอบโดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภค 60 คน แบ่งเป็นชาย 30 คน และ หญิง 30 คน ได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การจัดลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลิ่นมะนาว

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลิ่นมะนาวที่มี	ชาย	หญิง	รวม
กรดซิตริกร้อยละ 0.3	52 ^a	59 ^a	111 ^a
กรดซิตริกร้อยละ 0.4	79 ^b	72 ^a	151 ^b
กรดซิตริกร้อยละ 0.5	74 ^b	71 ^a	145 ^b
กรดซิตริกร้อยละ 0.6	92 ^b	98 ^c	190 ^c

หมายเหตุ คะแนนการจัดลำดับที่ใช้

1 = ชอบเป็นลำดับที่ 1

2 = ชอบเป็นลำดับที่ 2

3 = ชอบเป็นลำดับที่ 3

4 = ชอบเป็นลำดับที่ 4

*a, b, c คะแนนรวมในแนวสมมติที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 7 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลิ่นมะนาวที่มีคะแนนรวมการจัดลำดับความชอบต่ำกว่าหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าเนื่องจากถูกเลือกเป็นลำดับต้นๆ มากกว่าเมื่อพิจารณาในภาพรวมจึงสามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลิ่นมะนาวที่มีกรดซิตริกร้อยละ 0.3 ได้รับการยอมรับมากที่สุดรองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลิ่นมะนาวที่มีกรดซิตริกร้อยละ 0.4 และ 0.5 โดยผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลิ่นมะนาวที่มีกรดซิตริกร้อยละ 0.6 ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด

แต่หากพิจารณาแยกตามเพศของผู้บริโภคจะพบว่า ผลการทดสอบของผู้บริโภคเพศชายมีแนวโน้มที่จะชอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีรสเปรี้ยวน้อยกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีปริมาณกรดซิตริกน้อยที่สุดมีคะแนนรวมต่ำที่สุดและแตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ผลการทดสอบของผู้บริโภคเพศหญิง พบว่า มีทั้งผู้บริโภคที่ชอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีรสเปรี้ยวน้อยและรสเปรี้ยวปานกลาง เนื่องจากคะแนนรวมของผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.3, 0.4 และ 0.5 มีความแตกต่างกันอย่างไม่เป็นนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สำหรับการพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไปนั้นในที่นี้จะพิจารณาเลือกใช้ผลการทดลองของผู้บริโภคทั้งหมดเป็นเกณฑ์จึงเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มชนิดเจลกลิ่นมะนาวที่มีกรดซิตริกร้อยละ 0.3 ไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตา

สารสกัดจากสาหร่ายเตาที่ใช้ในขั้นตอนนี้เตรียมจากสาหร่ายเตาแห้งบดผง ผสมน้ำให้มีความเข้มข้นของสาหร่ายเตาเท่ากับร้อยละ 0.5 ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองแยกส่วนที่ไม่ละลายน้ำออกด้วยผ้าขาวบาง เติมน้ำจนสารสกัดมีปริมาตรเท่าเริ่มต้น

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลั่นใบเตย

เมื่อนำสารสกัดจากสาหร่ายเตาที่เตรียมได้มาใช้น้ำในการเตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล กลิ่นใบเตย โดยใช้ปริมาณเยลลี่คาราจีแนน เจบี ซอร์บิทอลน้ำเชื่อมฟรุ๊ตโตส (ร้อยละ 55) และกลั่นใบเตยสังเคราะห์เท่ากับ 0.75, 15, 5 และ 0.1 ตามลำดับ

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลั่นใบเตยด้วยวิธีสเกลพอดี้ และการยอมรับรวมด้วยมาตราความชอบ 9 จุดโดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภค 100 คน แบ่งเป็นชาย 50 คน และ หญิง 50 คน แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตา
กลื่นใบเตยในเพศชาย

ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบจาก มาตราพอดี	คะแนนเฉลี่ยจาก มาตราความชอบ 9 จุด	ค่าเฉลี่ย ที่ลดลง	ค่าพินอลดี ทั้งหมด
สีเขียว				
อ่อนไป	4	6.0 ± 0.8	-	-
พอดี	76	7.1 ± 1.2		
เข้มไป	20	6.6 ± 1.4	-0.5	0.10
กลิ่นรสสาหร่าย				
น้อยไป	40	6.7 ± 1.3	-0.4	0.16
พอดี	57	7.1 ± 1.2		
มากไป	3	5.7 ± 0.6	-	-
กลิ่นใบเตย				
น้อยไป	26	6.7 ± 1.0	-0.6	0.16
พอดี	57	7.3 ± 1.1		
มากไป	17	6.1 ± 1.7	-	-
ความหวาน				
น้อยไป	13	6.2 ± 1.1	-	-
พอดี	70	7.1 ± 1.3		
มากไป	17	6.6 ± 1.2	-	-
กลิ่นรสผิดปกติ				
ไม่มี	63	7.2 ± 1.1		
มีเล็กน้อย	36	6.4 ± 1.4	-0.8	0.29
มีมาก	1	7.0 ± 0.0	-	-
ความแข็งของ				
เจล	29	6.4 ± 1.5	-0.7	0.20
น้อยไป	71	7.1 ± 1.1		
พอดี	0	-	-	-
มากไป				

การวิเคราะห์แบบฟีนอลตีจะพิจารณาเมื่อมีผู้ระบุว่าลักษณะที่สนใจมีความไม่พอดีตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป

ค่าเฉลี่ยที่ลดลง = ค่าเฉลี่ยคะแนนมาตราความชอบของผู้ที่ระบุว่าไม่พอดีลบคะแนนของผู้ที่ระบุว่าพอดี

ค่าฟีนอลตีทั้งหมด = ค่าสัมบูรณ์ของ ผลคูณระหว่างค่าเฉลี่ยที่ลดลงและสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าไม่พอดี

การวิเคราะห์แบบฟีนอลตีจะพิจารณาเมื่อมีผู้ทดสอบระบุว่าลักษณะที่สนใจมีความไม่พอดี (อ่อน/น้อยไป หรือ เข้ม/มากไป) ตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไปเท่านั้นและพิจารณาความหมายของค่าเฉลี่ยที่ลดลงและค่าฟีนอลตีทั้งหมดตามเกณฑ์ต่อไปนี้ (ดัดแปลงจาก ASTM, 2009)

ค่าเฉลี่ยที่ลดลง

0.0 ถึง -0.99	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์กับการยอมรับร่วมน้อยมาก
-1.0 ถึง -1.49	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์กับการยอมรับร่วมน้อย
-1.5 ถึง -1.99	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับร่วมนปานกลาง
-2.0 ขึ้นไป	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับร่วมนมาก

ค่าฟีนอลตีทั้งหมด

$> 0.25 $	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีผลต่อการยอมรับร่วมน
$> 0.5 $	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีผลต่อการยอมรับร่วมนอย่างมาก

จากตารางที่ 8 พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ลดลงทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.0 ถึง -0.99 ซึ่งถือว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์กับการยอมรับร่วมน้อยมาก และมีค่าฟีนอลตีทั้งหมดเพียงค่าเดียว คือ กลิ่นรสผิดปกติที่มีค่ามากกว่า 0.25 หมายถึง การพยายามลดกลิ่นรสแปลกปลอมจะมีผลต่อการยอมรับร่วมนจึงควรนำข้อมูลกลิ่นรสผิดปกติของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลิ่นใบเตยดังตารางที่ 9 มาวิเคราะห์โอกาสต่อไป

ตารางที่ 9 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โอกาสในกรณีการสืบทอดกิจการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิด
เจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลินใบเตย

ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบจาก มาตราพอดี	คะแนนเฉลี่ยจาก มาตราความชอบ 9 จุด	จำนวนผู้ทดสอบที่ให้คะแนน มาตราความชอบ 9 จุด	
			1 - 5	6 - 9
กลิ่นรสผิดปกติ				
ไม่มี	63	7.2	6	57
มีเล็กน้อย	36	6.4	7	29
มีมาก	1	7.0	-	1

การวิเคราะห์โอกาส เป็นการพิจารณาสัดส่วนของกลุ่มเสี่ยงและกลุ่มโอกาสของผู้ทดสอบเมื่อ
กลุ่มเสี่ยง หมายถึง สัดส่วนของผู้ทดสอบที่ชอบผลิตภัณฑ์อยู่แล้ว แต่มีโอกาสเปลี่ยนไปไม่ชอบ
ผลิตภัณฑ์ได้หากมีการปรับเปลี่ยนลักษณะที่สนใจนั้น ในขณะที่กลุ่มโอกาส หมายถึง สัดส่วนของผู้
ทดสอบที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ แต่มีโอกาสเปลี่ยนมาชอบผลิตภัณฑ์ได้หากมีการปรับเปลี่ยนลักษณะที่
สนใจในระดับที่เหมาะสม โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้(Prinyawiwatkul and
Waimaleongora-Ek, 2010)

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [B / (A+B)] \times 100$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [D / (C+D)] \times 100$$

เมื่อ

A = ผู้ทดสอบที่ชอบผลิตภัณฑ์ แต่ไม่ชอบลักษณะที่สนใจซึ่งในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 29

B = ผู้ทดสอบที่ชอบทั้งผลิตภัณฑ์และลักษณะที่สนใจ ซึ่งในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 57

C = ผู้ทดสอบที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ แต่ชอบลักษณะที่สนใจซึ่งในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 6

D = ผู้ทดสอบที่ไม่ชอบทั้งผลิตภัณฑ์และลักษณะที่สนใจซึ่งในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 7

ดังนั้นในกรณีนี้

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [57 / (29+57)] \times 100 = 66.3$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [7 / (6+7)] \times 100 = 53.8$$

จากสัดส่วนของกลุ่มเสี่ยงและกลุ่มโอกาสที่คำนวณได้พบว่ามีค่าแตกต่างกันไม่มากนักโดยกลุ่มเสี่ยง ซึ่งหมายถึง ผู้ทดสอบที่ชอบผลิตภัณฑ์อยู่แล้ว แต่มีโอกาสเปลี่ยนไปไม่ชอบผลิตภัณฑ์ได้หากมีการปรับเปลี่ยนลักษณะที่สนใจนั้นมีค่ามากกว่า กลุ่มโอกาส ซึ่งหมายถึงผู้ทดสอบที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ แต่มีโอกาสเปลี่ยนมาชอบผลิตภัณฑ์ได้หากมีการปรับเปลี่ยนลักษณะที่สนใจในระดับที่เหมาะสม ประกอบกับในกรณีนี้มีผู้ทดสอบที่ชอบผลิตภัณฑ์อยู่แล้ว ในจำนวนที่มากกว่าผู้ทดสอบที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์อย่างมาก (87 และ 13 คน ตามลำดับ) การปรับเปลี่ยนสูตรผลิตภัณฑ์ซึ่งในที่นี้สามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณกลีนิไบเตยสังเคราะห์เข้าไปเพื่อลดกลิ่นผิดปกติจึงไม่ใช่ทางเลือกที่ควรทำ เนื่องจากกลิ่นผิดปกติดังกล่าวในที่นี้อาจจะเกิดจากสารสกัดจากสาหร่ายเตาหรือกลีนิไบเตยสังเคราะห์ ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกใช้สูตรต่อไปนี้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลีนิไบเตย

1. สารสกัดจากสาหร่ายเตาที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5
2. เยลลีคาราจีแนน เจบี ร้อยละ 0.75
3. ซอร์บิทอล ร้อยละ 15
4. น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ร้อยละ 5
5. กลีนิไบเตยสังเคราะห์ร้อยละ 0.1

โดยผลการทดสอบการยอมรับรวมโดยมาตราความชอบ 9 จุด จากผู้บริโภคนจำนวน 100 คนมีค่าเท่ากับ 6.9 ± 1.3 และมีผู้ที่ยังไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เพียง 13 คน (ผู้บริโภคที่ให้คะแนนน้อยกว่า 6)

แต่หากพิจารณาความแตกต่างระหว่างเพศชายและหญิงร่วมด้วยจะได้ผลดังตารางที่ 10 ซึ่งพบว่า ในกรณีของผู้บริโภคเพศชายมีค่าพินอลดีทั้งหมดมากกว่า 0.25 อยู่สี่ลักษณะ คือ กลิ่นรสสาหร่ายกลีนิไบเตย กลิ่นรสผิดปกติและความแข็งของเจลในขณะที่ผู้บริโภคเพศหญิงไม่พบค่าพินอลดีทั้งหมดที่มีค่ามากกว่า 0.25 เลย แสดงให้เห็นว่า ไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนลักษณะใดๆ ของผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภคเพศหญิงแล้ว แต่สำหรับผู้บริโภคเพศชายควรพิจารณานำข้อมูลกลิ่นรสสาหร่ายกลีนิไบเตยกลิ่นรสผิดปกติ และความแข็งของเจลดังภาพที่ 11 มาวิเคราะห์โอกาสต่อไป

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่าย
เตากลั่นใบเตยในเพศหญิง

ลักษณะที่ สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบจาก มาตราพอดี	คะแนนเฉลี่ยจาก มาตราความชอบ 9 จุด	ค่าเฉลี่ย ที่ลดลง	ค่าพินอลดี ทั้งหมด
สีเขียว				
อ่อนไป	3 / 1	6.3 / 5.0	- / -	- / -
พอดี	38 / 38	7.1 / 7.1		
เข้มไป	9 / 11	6.0 / 7.1	- / 0.0	- / 0.0
กลิ่นรส				
สาหร่าย	13 / 27	5.9 / 7.1	-1.3 / 0.1	0.34 / 0.05
น้อยไป	36 / 21	7.2 / 7.0		
พอดี	1 / 2	5.0 / 6.0	- / -	- / -
มากไป				
กลั่นใบเตย				
น้อยไป	13 / 13	6.7 / 6.7	-0.6 / -0.6	0.16 / 0.16
พอดี	26 / 31	7.3 / 7.3		
มากไป	11 / 6	5.8 / 6.5	-1.5 / -	0.33 / -
ความหวาน				
น้อยไป	8 / 5	5.9 / 6.6	- / -	- / -
พอดี	37 / 33	7.1 / 7.2		
มากไป	5 / 12	6.4 / 6.8	- / -0.4	- / 0.10
กลิ่นรส				
ผิดปกติ	29 / 34	7.3 / 7.1		
ไม่มี	20 / 16	6.2 / 6.8	-0.9 / -0.3	0.36 / 0.10
มีเล็กน้อย	1 / 0	7.0 / -	- / -	- / -
มีมาก				
ความแข็งของ				
เจล	11 / 18	5.8 / 6.8	-1.3 / -0.3	0.29 / 0.11
น้อยไป	39 / 32	7.1 / 7.1		
พอดี	0 / 0	- / -	- / -	- / -
มากไป				

การวิเคราะห์แบบฟีนอลิติจะพิจารณาเมื่อมีผู้ระบุว่าลักษณะที่สนใจมีความไม่พอดีตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป

ค่าเฉลี่ยที่ลดลง = ค่าเฉลี่ยคะแนนมาตราความชอบของผู้ที่ระบุว่าไม่พอดีลบคะแนนของผู้ที่ระบุว่าพอดี

ค่าฟีนอลิติทั้งหมด = ค่าสัมบูรณ์ของ ผลคูณระหว่างค่าเฉลี่ยที่ลดลงและสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าไม่พอดี

ตารางที่ 11 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โอกาสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลิ่นใบเตยในเพศชาย

ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบจาก มาตราพอดี	คะแนนเฉลี่ยจาก มาตราความชอบ 9 จุด	จำนวนผู้ทดสอบที่ให้คะแนน	
			มาตราความชอบ 9 จุด 1 - 5	6 - 9
กลิ่นรสสาหร่าย				
น้อยไป	13	5.9	3	10
พอดี	36	7.2	4	32
มากไป	1	5.0	1	-
กลิ่นใบเตย				
น้อยไป	13	6.7	1	12
พอดี	26	7.3	2	24
มากไป	11	5.8	5	6
กลิ่นรสผิดปกติ				
ไม่มี	29	7.3	3	26
มีเล็กน้อย	20	6.2	5	15
มีมาก	1	7.0	-	1
ความแข็งของ				
เจล			5	6
น้อยไป	11	5.8	3	36
พอดี	39	7.1	-	-
มากไป	0	-	-	-

ผลการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลิ่นรสสาหร่าย พบว่า

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [32 / (10+32)] \times 100 = 76.2$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [3 / (3+4)] \times 100 = 42.9$$

ผลการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลิ่นใบเตย (กรณีน้อยไป) พบว่า

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [24 / (12+24)] \times 100 = 66.7$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [1 / (1+2)] \times 100 = 33.3$$

ผลการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลิ่นใบเตย (กรณีมากไป) พบว่า

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [24 / (24+6)] \times 100 = 80.0$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [5 / (2+5)] \times 100 = 71.4$$

ผลการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลิ่นรสผิดปกติ พบว่า

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [26 / (15+26)] \times 100 = 63.4$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [3 / (3+5)] \times 100 = 37.5$$

ผลการวิเคราะห์โอกาสในกรณีความแข็งของเจล พบว่า

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [36 / (6+36)] \times 100 = 85.7$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [5 / (5+3)] \times 100 = 62.5$$

ผลการวิเคราะห์โอกาสข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ในทุกลักษณะมีสัดส่วนของกลุ่มเสี่ยงสูงกว่า สัดส่วนของโอกาสจึงไม่ควรพิจารณาปรับเปลี่ยนลักษณะใดๆ สำหรับผู้บริโภคเพศชายเช่นกัน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลิ่นมะนาว

เมื่อนำสารสกัดจากสาหร่ายเตาที่เตรียมได้ มาใช้แทนน้ำในการเตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลกลิ่นมะนาวโดยใช้ปริมาณเยลลี่คาราจีแนน เจบี ซอร์บิทอลน้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) กรดซิตริก และกลิ่นมะนาวเท่ากับ 0.75, 15, 5, 0.3 และ 0.1 ตามลำดับ

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลิ่นมะนาวด้วยวิธีสเกลพอดี้ และการยอมรับรวมด้วยมาตราความชอบ 9 จุด โดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภค 100 คน แบ่งเป็นชาย 50 คน และ หญิง 50 คน แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่าย
เตากลินมะนาวในเพศหญิง

ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบจาก มาตราพอดี	คะแนนเฉลี่ยจาก มาตราความชอบ 9 จุด	ค่าเฉลี่ย ที่ลดลง	ค่าพินอลดี ทั้งหมด
สีเขียว				
อ่อนไป	22	6.6 ± 1.1	-0.3	0.07
พอดี	71	6.9 ± 1.1		
เข้มไป	7	7.1 ± 1.1	-	-
กลิ่นรส				
สาหร่าย	49	6.6 ± 1.2	-0.5	0.25
น้อยไป	50	7.1 ± 1.0		
พอดี	1	6.0 ± 0.0	-	-
มากไป				
กลิ่นมะนาว				
น้อยไป	10	6.4 ± 1.3	-	-
พอดี	65	7.0 ± 1.1		
มากไป	25	7.0 ± 1.4	0.0	0.0
ความหวาน				
น้อยไป	39	6.5 ± 1.1	-0.6	0.23
พอดี	59	7.1 ± 1.1		
มากไป	2	7.0 ± 1.4	-	-
ความเปรี้ยว				
น้อยไป	7	6.3 ± 0.8	-	-
พอดี	62	7.0 ± 1.1		
มากไป	31	6.6 ± 1.2	-0.4	0.12

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบจาก มาตราพอดี	คะแนนเฉลี่ยจาก มาตราความชอบ 9 จุด	ค่าเฉลี่ย ที่ลดลง	ค่าพิโนลตี ทั้งหมด
กลิ่นรสผิดปกติ				
ไม่มี	51	7.0 ± 1.0		
มีเล็กน้อย	46	6.6 ± 1.1	-0.4	0.18
มีมาก	3	6.3 ± 2.1	-	-
ความแข็งของ				
เจล	29	6.7 ± 1.1	-0.2	0.06
น้อยไป	70	6.9 ± 1.1		
พอดี	1	6.0 ± 0.0	-	-
มากไป				

การวิเคราะห์แบบพิโนลตีจะพิจารณาเมื่อมีผู้ระบุว่าลักษณะที่สนใจมีความไม่พอดีตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป

ค่าเฉลี่ยที่ลดลง = ค่าเฉลี่ยคะแนนมาตราความชอบของผู้ที่ระบุว่าไม่พอดิลบคะแนนของผู้ที่ระบุว่าพอดี

ค่าพิโนลตีทั้งหมด = ค่าสัมบูรณ์ของ ผลคูณระหว่างค่าเฉลี่ยที่ลดลงและสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าไม่พอดี

จากตารางที่ 12 พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ลดลงทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.0 ถึง -0.99 ซึ่งถือว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์กับการยอมรับร่วนน้อยมาก และไม่มีค่าพิโนลตีทั้งหมดค่าใดเลยที่มีค่ามากกว่า 0.25 แต่มีค่าพิโนลตีทั้งหมดสองค่าที่มีค่าใกล้เคียงกับ 0.25 คือ กลิ่นรสห่วยและความหวาน จึงพิจารณานำข้อมูลดังกล่าวของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายกลื่นมะนาวดังตารางที่ 13 มาวิเคราะห์โอกาสต่อไป

ตารางที่ 13 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลิ่นรสสาหร่ายและความหวานของผลิตภัณฑ์
เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลิ่นมะนาว

ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ยจาก	จำนวนผู้ทดสอบที่ให้คะแนน		
	จาก	มาตราความชอบ 9	มาตราความชอบ 9 จุด		
	มาตราพอดี	จุด	1 - 5	6 - 9	
กลิ่นรสสาหร่าย					
น้อยไป	49	6.6	8	41	
พอดี	50	7.1	3	47	
มากไป	1	6.0	-	1	
ความหวาน					
น้อยไป	39	6.5	6	33	
พอดี	59	7.1	5	54	
มากไป	2	7.0	-	2	

ผลการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลิ่นรสสาหร่าย พบว่า

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [47 / (41+47)] \times 100 = 53.4$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [8 / (8+3)] \times 100 = 72.7$$

ผลการวิเคราะห์โอกาสในกรณีความหวาน พบว่า

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [54 / (33+54)] \times 100 = 62.1$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [6 / (6+5)] \times 100 = 54.5$$

จากสัดส่วนของกลุ่มเสี่ยงและกลุ่มโอกาสที่คำนวณได้พบว่ามีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ประกอบกับในกรณีนี้มีผู้ทดสอบที่ชอบผลิตภัณฑ์อยู่แล้วในจำนวนที่มากกว่าผู้ทดสอบที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์อย่างมาก (89 และ 11 คน ตามลำดับ) การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ในกรณีของกลิ่นรสสาหร่ายซึ่งในที่นี้สามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณกลิ่นรสสาหร่ายได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากสาหร่ายเตานั้นแม้จะมีสัดส่วนของกลุ่มโอกาสมากกว่าสัดส่วนของกลุ่มเสี่ยงจึงไม่ใช่ทางเลือกที่ควรทำเนื่องจากกลิ่นรสสาหร่ายที่มากเกินไปอาจทำให้ผู้ทดสอบที่ชอบผลิตภัณฑ์อยู่แล้วบางส่วนไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสสาหร่ายมากขึ้นได้สำหรับการปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ในกรณีของความหวานยังไม่ใช่ทางเลือกที่ควรทำ เนื่องจากสัดส่วนของกลุ่มความเสี่ยงสูงกว่าสัดส่วนของกลุ่มโอกาส

ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกใช้สูตรต่อไปนี้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลิ่นมะนาว

1. สารสกัดจากสาหร่ายเตาที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5
2. เยลลี่คาราจีแนน เจบี ร้อยละ 0.75
3. ซอร์บิทอล ร้อยละ 15
4. น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ร้อยละ 5
5. กรดซิตริก ร้อยละ 0.3
6. กลิ่นมะนาวร้อยละ 0.1

โดยผลการทดสอบการยอมรับรวมโดยมาตราความชอบ 9 จุด จากผู้บริโภคนจำนวน 100 คนมีค่าเท่ากับ 6.8 ± 1.1 และมีผู้ที่ยังไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เพียง 11 คน (ผู้บริโภคที่ให้คะแนนน้อยกว่า 6)

แต่หากพิจารณาความแตกต่างระหว่างเพศชายและหญิงร่วมด้วยจะได้ผลดังตารางที่ 14 ซึ่งพบว่า ในกรณีของผู้บริโภคเพศชายมีค่าพินอลดีทั้งหมดมากกว่า 0.25 อยู่เพียงลักษณะเดียว คือ ความหวาน ในขณะที่ผู้บริโภคเพศหญิงก็พบค่าพินอลดีทั้งหมดที่มีค่ามากกว่า 0.25 เพียงลักษณะเดียวเช่นกัน คือ กลิ่นรสสาหร่ายดังนั้นจึงควรพิจารณานำข้อมูลความหวานของผู้บริโภคเพศชายและกลิ่นรสผิดปกติของผู้บริโภคเพศหญิงดังตารางที่ 15 มาวิเคราะห์โอกาสต่อไป

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่าย
เตากลื่นมะนาว

ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบจาก มาตราพอดี	คะแนนเฉลี่ยจาก มาตราความชอบ 9 จุด	ค่าเฉลี่ย ที่ลดลง	ค่าพินอลดี ทั้งหมด
สีเขียว				
อ่อนไป	13 / 9	6.4 / 6.9	-0.4 / -	0.10 / -
พอดี	34 / 37	6.8 / 6.9		
เข้มไป	3 / 4	7.3 / 7.0	- / -	- / -
กลิ่นรส				
สาหร่าย	23 / 26	6.5 / 6.6	-0.5 / -0.6	0.23 / 0.31
น้อยไป	26 / 24	7.0 / 7.2		
พอดี	1 / 0	6.0 / -	- / -	- / -
มากไป				
กลิ่นมะนาว				
น้อยไป	3 / 7	7.0 / 6.1	- / -	- / -
พอดี	30 / 35	6.9 / 7.1		
มากไป	17 / 8	6.7 / 6.9	-0.2 / -	0.07 / -
ความหวาน				
น้อยไป	29 / 10	6.4 / 6.6	-0.8 / -0.4	0.46 / 0.08
พอดี	21 / 38	7.2 / 7.0		
มากไป	0 / 2	- / 7.0	- / -	- / -
ความเปรี้ยว				
น้อยไป	3 / 4	6.7 / 6.0	- / -	- / -
พอดี	27 / 35	7.0 / 7.0		
มากไป	20 / 11	6.5 / 6.9	-0.5 / -0.1	0.20 / 0.02

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบจาก มาตราพอดี	คะแนนเฉลี่ยจาก มาตราความชอบ 9 จุด	ค่าเฉลี่ย ที่ลดลง	ค่าพินอลติ ทั้งหมด
กลิ่นรสผิดปกติ				
ไม่มี	23 / 28	7.0 / 7.1		
มีเล็กน้อย	25 / 21	6.6 / 6.6	-0.4 / -0.5	0.18 / 0.28
มีมาก	2 / 1	5.5 / 8.0	- / -	- / -
ความแข็งของ				
เจล	12 / 17	6.5 / 6.8	-0.3 / -0.1	0.07 / 0.03
น้อยไป	37 / 33	6.8 / 6.9		
พอดี	1 / -	6.0 / -	- / -	- / -
มากไป				

การวิเคราะห์แบบพินอลติจะพิจารณาเมื่อมีผู้ระบุว่าลักษณะที่สนใจมีความไม่พอดีตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป

ค่าเฉลี่ยที่ลดลง = ค่าเฉลี่ยคะแนนมาตราความชอบของผู้ที่ระบุว่าไม่พอดิลบคะแนนของผู้ที่ระบุว่าพอดี

ค่าพินอลติทั้งหมด = ค่าสัมบูรณ์ของ ผลคูณระหว่างค่าเฉลี่ยที่ลดลงและสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าไม่พอดี

ตารางที่ 15 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลิ่นรสสาหร่ายของผู้บริโภคเพศหญิงและความหวานของผู้บริโภคเพศชาย ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลิ่นมะนาว

ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ยจาก	จำนวนผู้ทดสอบที่ให้คะแนน	
	จาก	มาตราความชอบ	มาตราความชอบ 9 จุด	
	มาตราพอดี	9 จุด	1 - 5	6 - 9
กลิ่นรสสาหร่าย				
น้อยไป	26	6.6	4	22
พอดี	24	7.1	2	22
มากไป	0	-	-	-
ความหวาน				
น้อยไป	29	6.5	5	24
พอดี	21	7.1	0	21
มากไป	0	-	-	-

ผลการวิเคราะห์โอกาสในกรณีกลิ่นรสสาหร่ายของผู้บริโภคเพศหญิง พบว่า

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [22 / (22+22)] \times 100 = 50.0$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [4 / (4+2)] \times 100 = 66.7$$

ผลการวิเคราะห์โอกาสในกรณีความหวานของผู้บริโภคเพศชาย พบว่า

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk; \%)} = [21 / (24+21)] \times 100 = 46.7$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity; \%)} = [5 / (5+0)] \times 100 = 100.0$$

ผลการวิเคราะห์โอกาสข้างต้น แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของกลุ่มเสี่ยงและสัดส่วนของโอกาสในการปรับเปลี่ยนกลิ่นรสสาหร่ายมีค่าใกล้เคียงกัน จึงไม่ควรพิจารณาปรับเปลี่ยนลักษณะดังกล่าวในขณะที่สัดส่วนของกลุ่มเสี่ยงของการปรับเปลี่ยนความหวานให้มากขึ้นสำหรับผู้บริโภคเพศชายมีค่าน้อยกว่าสัดส่วนของโอกาสอย่างมากแต่เนื่องจากจำนวนผู้บริโภคที่ไม่ยอมรับประทานผลิตภัณฑ์มีน้อยกว่าผู้บริโภคที่ยอมรับประทานอยู่แล้วอย่างมาก (45 และ 5 คน ตามลำดับ)จึงไม่ควรพิจารณาปรับเปลี่ยนลักษณะดังกล่าวเช่นกัน

การศึกษาปริมาณสาหร่ายเตาสดที่เหมาะสมในสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล
ผสมสาหร่ายเตาสด

การศึกษาปริมาณสาหร่ายเตาสดที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสด
กลั่นใบเตย

การทดลองเตรียมผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มชนิดเจลโดยใช้ปริมาณเยลลีคาราจีแนน เจบี
ร้อยละ 0.75 แปรปริมาณซอร์บิทอลและน้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) อย่างละ 2 ระดับ คือ ซอร์บิ
ทอลร้อยละ 10 และ 15 และน้ำเชื่อมฟรุคโตสร้อยละ 0 และ 5 ตามลำดับแปรปริมาณสาหร่ายเตาสด 4
ระดับคือ ร้อยละ 1, 2, 3 และ 4 และปรุงแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นใบเตยสังเคราะห์ร้อยละ 0.1 แล้วนำ
ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้มาทดสอบการยอมรับด้วยวิธีการจัดลำดับความชอบโดยใช้ตัวอย่างผู้บริโภคน 60
คน แบ่งเป็นชาย 30 คน และ หญิง 30 คน ได้ผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 คะแนนรวมการจัดลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มชนิดเจลกลั่นใบเตยผสม
สาหร่ายเตาสดโดยผู้บริโภคนเพศชายและเพศหญิง

ปริมาณสาหร่ายเตาสดในผลิตภัณฑ์ต้นแบบ(ร้อยละ)	ชาย	หญิง	รวม
1	65 ^b	71 ^b	136 ^b
2	67 ^b	61 ^b	128 ^b
3	77 ^{ab}	73 ^b	150 ^b
4	89 ^a	93 ^a	182 ^a

หมายเหตุ คะแนนการจัดลำดับที่ใช้

1 = ชอบเป็นลำดับที่ 1

2 = ชอบเป็นลำดับที่ 2

3 = ชอบเป็นลำดับที่ 3

4 = ชอบเป็นลำดับที่ 4

*a, b, c คะแนนรวมในแนวสมมติที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าวิกฤตของคริสเตนเซนกรณี 4 ตัวอย่าง ผู้ทดสอบ 30 และ 60 คือ 19 และ 28 ตามลำดับ

จากตารางที่ 16 ผลลัพธ์อันดับแบบเครื่องตีชนิดเจลกลิ้งใบเตยผสมสาหร่ายเตาสดที่มีคะแนนการจัดลำดับความชอบต่ำกว่าหมายถึง ผลลัพธ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า เนื่องจากถูกเลือกเป็นลำดับต้นๆมากกว่าเมื่อพิจารณาในภาพรวมจึงสรุปได้ว่า ผลลัพธ์อันดับแบบเครื่องตีชนิดเจลกลิ้งใบเตยที่มีการเติมสาหร่ายเตาร้อยละ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุด รองลงมา คือ ผลลัพธ์อันดับแบบเครื่องตีชนิดเจลกลิ้งใบเตยที่มีสาหร่ายเตาสดร้อยละ 1 และ 3 โดยผลลัพธ์อันดับแบบเครื่องตีชนิดเจลกลิ้งใบเตยที่มีสาหร่ายเตาสดร้อยละ 4 ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด

สำหรับการพิจารณาเลือกผลลัพธ์อันดับเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไปนั้น ในที่นี้จะพิจารณาเลือกใช้ผลการทดลองของผู้บริโภคทั้งหมดเป็นเกณฑ์จึงเลือกใช้ผลลัพธ์อันดับแบบเครื่องตีชนิดเจลกลิ้งใบเตยที่มีสาหร่ายเตาที่ร้อยละ 2 ไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

การศึกษาปริมาณสาหร่ายเตาสดที่เหมาะสมในผลลัพธ์เครื่องตีชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลิ้งมะนาว

ตารางที่ 17 คะแนนรวมการจัดลำดับความชอบผลลัพธ์อันดับแบบเครื่องตีชนิดเจลกลิ้งมะนาวผสมสาหร่ายเตาสดโดยผู้บริโภคเพศชายและเพศหญิง

ปริมาณสาหร่ายเตาสดในผลลัพธ์อันดับแบบ (ร้อยละ)	ชาย	หญิง	รวม
1	78 ^{ab}	79 ^{ab}	157 ^a
2	62 ^b	63 ^b	125 ^b
3	86 ^a	75 ^{ab}	161 ^a
4	76 ^{ab}	84 ^a	168 ^a

หมายเหตุ คะแนนการจัดลำดับที่ใช้

1 = ชอบเป็นลำดับที่ 1

2 = ชอบเป็นลำดับที่ 2

3 = ชอบเป็นลำดับที่ 3

4 = ชอบเป็นลำดับที่ 4

*a, b, c คะแนนรวมในแนวสทมภ์ที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าวิกฤตของคริสเตนเซนกรณี 4 ตัวอย่าง ผู้ทดสอบ 30 และ 60 คือ 19 และ 28 ตามลำดับ

จากตารางที่ 17 ผลลัพธ์ที่ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นมะนาวผสมสาหร่ายเตาสดที่มีคะแนนการจัดลำดับความชอบต่ำกว่าหมายถึง ผลลัพธ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า เนื่องจากถูกเลือกเป็นลำดับต้นๆมากกว่าเมื่อพิจารณาในภาพรวมจึงสรุปได้ว่า ผลลัพธ์ที่ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นมะนาวที่มีการเติมสาหร่ายเตาร้อยละ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุด รองลงมาคือผลลัพธ์ที่ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นมะนาวที่มีสาหร่ายเตาสดร้อยละ 1 และ 3 โดยผลลัพธ์ที่ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นมะนาวที่มีสาหร่ายเตาสดร้อยละ 4 ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด

สำหรับการพิจารณาเลือกผลลัพธ์ที่ต้นแบบเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไปนั้น ในที่นี้จะพิจารณาเลือกใช้ผลการทดลองของผู้บริโภคทั้งหมดเป็นเกณฑ์จึงเลือกใช้ผลลัพธ์ที่ต้นแบบเครื่องต้มชนิดเจลกลั่นใบเตยที่มีสาหร่ายเตาที่ร้อยละ 2 ไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

การศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของผลลัพธ์

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS

โดยดัดแปลงวิธีการของ Re *et al.* (1999) เปรียบเทียบผลลัพธ์ 100 กรัมกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานคือ trolox ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินอี ที่มีหน่วยเป็น mM หรือเรียกว่าค่า TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) ที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากัน พบว่า ผลลัพธ์ที่เครื่องต้มชนิดเจล จากสารสกัดสาหร่ายเตาและผสมสาหร่ายเตาสดกลั่นมะนาวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากลั่นใบเตย ดังตารางที่ 18 และ 19

ตารางที่ 18 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ในผลลัพธ์เครื่องต้มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตา

ผลลัพธ์เครื่องต้มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตา	mM TEAC /100 g of product
กลั่นใบเตย	8.06 ± 0.80
กลั่นมะนาว	25.98± 1.28

หมายเหตุ ค่าที่แสดงคือ ค่าเฉลี่ย ±ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน n=3

ตารางที่ 19 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสำหรับ
เตาสด

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสำหรับเตาสด	mM TEAC /100 g of product
กลั่นใบเตย	0.97 ± 0.16
กลั่นมะนาว	1.82± 0.23

หมายเหตุ ค่าที่แสดงคือ ค่าเฉลี่ย ±ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน n=3

การทดสอบฤทธิ์ขจัดอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์

ผลการทดสอบฤทธิ์ขจัดอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสำหรับ
เตากลั่นใบเตยและกลั่นมะนาว เปรียบเทียบกับ Gallic acid ซึ่งใช้เป็นสารมาตรฐานที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูล
อิสระ พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสำหรับเตากลั่นมะนาวมีฤทธิ์ขจัดอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์
สูงกว่ากลั่นใบเตย ในส่วนของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผสมสารสกัดสำหรับเตากลั่นมะนาวและ
กลั่นใบเตยไม่ได้ทำการทดสอบ ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ฤทธิ์ขจัดอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสำหรับเตาสด

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสำหรับเตาสด	mgGAE /100 g of product
กลั่นใบเตย	9.40 ± 0.20
กลั่นมะนาว	26.69 ± 0.25

หมายเหตุ ค่าที่แสดงคือ ค่าเฉลี่ย ±ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน n=3

การทดสอบอายุการเก็บ

ผลการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์รา ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสม สำหรับเตาสดกลั่นใบเตยที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องที่ 29 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเริ่มพบการเจริญของเชื้อแบคทีเรียมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยที่ค่ามาตรฐานคือ 100 CFU/ml (มผช.518) ปี 2557 และผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาในตู้เย็นระยะเวลาได้อย่างน้อย 15 วันจึงพบการเจริญของจุลินทรีย์ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การทดสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

สภาวะการเก็บรักษา	ระยะเก็บที่เริ่มพบ เชื้อจุลินทรีย์	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ CFU/ml
อุณหภูมิห้อง 29 องศาเซลเซียส	วันที่ 5	32
อุณหภูมิในตู้บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส	วันที่ 6	28
อุณหภูมิในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส	วันที่ 15	17

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดสาหร่ายเตา

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 416 คน จาก 4 กลุ่มอายุ คือ อายุ 15-22 ปี จำนวน 216 คน แบ่งเป็น ชาย 106 คน หญิง 110 คน อายุ 23-35 ปีจำนวน 100 คน แบ่งเป็น ชาย 38คนหญิง62 คนอายุ 36-50 ปี จำนวน 50 คนแบ่งเป็น ชาย 9 คน หญิง 41 คน และ อายุมากกว่า 50 ปี จำนวน 50 คน แบ่งเป็น ชาย 19 คน หญิง 31 คนได้ผลดังตารางที่ 22 คือ คะแนนเฉลี่ยการยอมรับผลิตภัณฑ์ในทุกด้านอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6) ถึงชอบปานกลาง (7)

ตารางที่ 22 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจาก
สาหร่ายเตา

	ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตา	
	กลิ่นใบเตย	กลิ่นมะนาว
ลักษณะปรากฏ	6.5 ± 1.4 ^a	6.4 ± 1.5 ^b
กลิ่นรส	6.6 ± 1.6 ^a	6.5 ± 1.7 ^b
เนื้อสัมผัส	6.7 ± 1.5 ^a	6.4 ± 1.7 ^b
ความชอบรวม	6.8 ± 1.4 ^a	6.6 ± 1.6 ^b

หมายเหตุ a. b ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวแถวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($p < 0.05$)

เมื่อนำข้อมูลความสนใจในการทดลองซื้อหากมีผลิตภัณฑ์วางจำหน่าย โดยการทดสอบไคส
แควร์ (Best, 1995) พบว่า กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์และเพศของผู้บริโภคมีผลต่อการตัดสินใจทดลองซื้อ
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.10$) ดังตารางที่ 23-24 ซึ่งพบว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาร
สกัดจากสาหร่ายเตากลิ่นใบเตยได้รับความสนใจซื้อ มากกว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัด
จากสาหร่ายเตากลิ่นมะนาว และผู้บริโภคเพศหญิงมีความสนใจทดลองซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจ
ลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตามากกว่าผู้บริโภคเพศชาย

ตารางที่ 23 ผลการสอบถามความสนใจในการทดลองซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจาก
สาหร่ายเตา

	ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตา	
	กลิ่นใบเตย	กลิ่นมะนาว
ซื้อ	307 (74.0%)	283 (68.4%)
ไม่ซื้อ	108 (26.0%)	131 (31.6%)

หมายเหตุ ค่าไคสแควร์ (Pearson chi-square) = 3.19 ($p = 0.07$)

ตารางที่ 24 ผลการสอบถามความสนใจในการทดลองซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสารสกัดจาก
สาหร่ายเตาแบ่งตามเพศ

	เพศชาย	เพศหญิง
ซื้อ	232 (68.0%)	358 (73.4%)
ไม่ซื้อ	129 (32.0%)	130 (26.6%)

หมายเหตุ ค่าไคสแควร์ (Pearson chi-square) = 2.78 ($p = 0.09$)

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตาสดกลั่น
ใบเตย

การศึกษการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 350 คน เป็นนักศึกษาชายและหญิง พบว่าทุก
ลักษณะที่ทำการประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตาสดกลั่นใบเตย
อาสาสมัครส่วนใหญ่มีความชอบระดับปานกลาง (7) โดยลักษณะที่ปรากฏถูกคิดเป็นร้อยละ 35.71 กลิ่น
สีร้อยละ 26.57 เนื้อสัมผัสร้อยละ 30 และความชอบโดยรวมร้อยละ 29.71 และเมื่อพิจารณาการซื้อ
ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลั่นใบเตยพบว่าอาสาสมัครเลือกซื้อร้อยละ
77.73 ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลั่นใบเตย

คะแนน	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นสี	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม	ซื้อ	ไม่ซื้อ
ชอบมากอย่างยิ่ง	7.71	6.29	8.00	7.71	77.43	22.57
ชอบมาก	20.57	20.86	24.00	25.71		
ชอบปานกลาง	35.71	26.57	30.00	29.71		
ชอบเล็กน้อย	18.00	19.71	17.14	13.14		
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่	11.71	15.14	11.14	13.14		
ไม่ชอบ	3.43	7.14	5.71	7.14		
ไม่ชอบเล็กน้อย	2.00	2.86	2.00	2.29		
ไม่ชอบปานกลาง	0.57	1.14	1.71	0.29		
ไม่ชอบมากอย่างยิ่ง	0.29	0.29	0.29	0.86		

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลจากสาหร่ายเตาสดกลั่นมะนาว

การศึกษการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 350 คน เป็นนักศึกษาชายและหญิงพบว่าทุกลักษณะที่ทำการประเมินความชอบในด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์อาสาสมัครส่วนใหญ่มีความชอบระดับปานกลาง (7)เช่นเดียวกับกลั่นใบเตย โดยลักษณะที่ปรากฏคิดเป็นร้อยละ 41.43 กลิ่นสีร้อยละ 28.29 เนื้อสัมผัสร้อยละ 26 และความชอบรวมร้อยละ 35.43 และการซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลั่นใบเตยพบว่าอาสาสมัครเลือกซื้อร้อยละ 81.14ดังตารางที่ 26 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลั่นใบเตยและกลั่นมะนาวพบว่าอาสาสมัครมีความชอบโดยรวมและการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลั่นมะนาวสูงกว่ากลั่นใบเตย

ตารางที่ 26 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสำหรับวัยเตาะสดกลืน
มะนาว

คะแนน	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นสี	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม	ซื้อ	ไม่ซื้อ
ชอบมากอย่างยิ่ง	6.00	8.57	7.43	10.29	81.14	18.86
ชอบมาก	19.71	26.57	30.00	26.57		
ชอบปานกลาง	41.43	28.29	26.00	35.43		
ชอบเล็กน้อย	10.29	18.57	15.43	11.14		
บอกไม่ได้ว่าชอบ หรือไม่	13.71	11.14	14.29	12.57		
ไม่ชอบ	7.14	5.71	4.86	3.43		
ไม่ชอบเล็กน้อย	1.14	0.86	1.43	0.00		
ไม่ชอบปานกลาง	0.57	0.29	0.57	0.57		
ไม่ชอบมากอย่างยิ่ง	0.00	0.00	0.00	0.00		

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

1. การศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตา พบว่าเพศหญิงมีแนวโน้มการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตามากกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลผสมสาหร่ายเตาของนักศึกษาชายและหญิงไม่แตกต่างกัน พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าวของบุคลากรหญิงมีมากกว่าบุคลากรชาย และแนวโน้มการบริโภคของบุคลากรหญิงจะลดลงเมื่ออายุมากกว่า 40 ปีขึ้นไป แสดงให้เห็นว่า กลุ่มนักเรียนนักศึกษาทั้งชายและหญิง และสตรีที่มีอายุไม่เกิน 40 ปี เป็นกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลผสมสาหร่ายเตา/สารสกัดจากสาหร่ายเตา

2. สูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลผสมจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลิ่นใบเตย สามารถเตรียมได้จากสารสกัดจากสาหร่ายเตาที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เยลลี่คาราจีแนน เจบี ร้อยละ 0.75 ซอร์บิทอล ร้อยละ 15 น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ร้อยละ 5 และ กลิ่นใบเตยสังเคราะห์ร้อยละ 0.1 ซึ่งผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เท่ากับ 8.06 ± 0.80 mgGAE /100 g of product ส่วนอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ไม่ได้ทำการทดสอบ ได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 6.8 ± 1.4 และมีสัดส่วนผู้ทดสอบที่มีความสนใจซื้อเท่ากับร้อยละ 74

3. ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลผสมจากสารสกัดจากสาหร่ายเตากลิ่นมะนาว สามารถเตรียมได้จากสารสกัดจากสาหร่ายเตาที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เยลลี่คาราจีแนน เจบี ร้อยละ 0.75 ซอร์บิทอล ร้อยละ 15 น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ร้อยละ 5 กรดซิตริกร้อยละ 0.3 และ กลิ่นมะนาวร้อยละ 0.1 ซึ่งผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เท่ากับ 25.98 ± 1.28 mgGAE /100 g of product ส่วนอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ไม่ได้ทำการทดสอบ ได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 6.6 ± 1.6 และมีสัดส่วนผู้ทดสอบที่มีความสนใจซื้อเท่ากับร้อยละ 68.4

4. สูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลิ่นใบเตย สามารถเตรียมได้จากสาหร่ายเตาสดร้อยละ 2 เยลลี่คาราจีแนน เจบี ร้อยละ 0.75 ซอร์บิทอล ร้อยละ 15 น้ำเชื่อม

ฟรุคโตส (ร้อยละ 55) ร้อยละ 5 และ กลิ่นใบเตยสังเคราะห์ร้อยละ 0.1 ซึ่งผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS และ อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 0.97 ± 0.16 mgGAE /100 g of product และ 9.40 ± 0.20 mgGAE /100 g of product ตามลำดับ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ (ร้อยละ

29.7) ให้คะแนนการยอมรับในระดับปานกลาง และมีสัดส่วนผู้ทดสอบที่มีความสนใจซื้อเท่ากับร้อยละ 77.43

5. สูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลั่นมะนาว สามารถเตรียมได้จากสาหร่ายเตาสดร้อยละ 2 เยลลี่คาราจีแนน เจปี ร้อยละ 0.75 ซอร์บิทอล ร้อยละ 15 น้ำเชื่อม

ฟรุทโตส (ร้อยละ 55) ร้อยละ 5 และ กลิ่นใบเตยสังเคราะห์ร้อยละ 0.1 ซึ่งผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS และ อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1.82 ± 0.23 mgGAE /100 g of product และ 26.69 ± 0.25 mgGAE /100 g of product ตามลำดับ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ (ร้อยละ 35.43) ให้คะแนนการยอมรับในระดับปานกลาง และมีสัดส่วนผู้ทดสอบที่มีความสนใจซื้อเท่ากับร้อยละ 81.14

6. การทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล พบว่า ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาในตู้เย็นได้นานถึง 15 วัน

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตา ทั้งในกลุ่มผู้บริโภคนักศึกษาและบุคลากรซึ่งเป็นวัยทำงาน ผลิตภัณฑ์เป็นที่ต้องการและได้รับการยอมรับทั้งกลิ่นใบเตยและกลิ่นมะนาว นอกจากนี้ยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้อีกด้วย ดังนั้นหากมีการนำเอาผลิตภัณฑ์มาต่อยอดเชิงพาณิชย์ ก็จะสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงและเพิ่มรูปแบบการบริโภคสาหร่ายเตาให้เพิ่มขึ้นได้อีกด้วย โดยสรุปผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 สรุปการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ช่วยลดรอยเหี่ยวย่น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงแบบสอบถามในส่วนของการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสารสกัดสาหร่ายเตาที่ต้องการให้มีวางจำหน่ายโดยใช้คำถามให้แคบลงและง่ายต่อการเข้าใจ เนื่องจากผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่สับสนกับคำถาม
2. ควรปรับปรุงรูปลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลให้มีลักษณะที่น่ารับประทานให้ดึงดูดผู้บริโภค รวมไปถึงรสชาติของผลิตภัณฑ์ และมีการปรับปรุงแบบบรรจุภัณฑ์ให้ง่ายต่อการบริโภค
3. ควรถ่ายทอดความรู้หรือจัดอบรมให้เกษตรกรและผู้ที่สนใจนำผลิตภัณฑ์ไปต่อยอดทำธุรกิจต่อไปเพื่อสร้างรายได้ให้แก่ครอบครัวและชุมชน
4. ควรเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ประโยชน์ของสาหร่ายเตาต่อร่างกายให้แพร่หลายในแวดวงวิชาการ เช่นงานประชุมวิชาการและการตีพิมพ์บทความวิจัย

บรรณานุกรม

- จุฑามาศ พีรพัชระ ชนิตา ประจักษ์จิตร ทิยาภักษ์ สุชาเจริญสุข และ ผุสดี สุชาเจริญสุข. 2554. ความรู้เรื่องเยลลี่. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.clinictech.most.go.th/online/techlist/attachFile/20122141354261.pdf> (29 พฤษภาคม 2559).
- ดวงพร อมรเลิศพิศาล กฤษณา ดวงจันทร์ ดวงตา กาญจนโพธิ์ ธวัช แต่โสติถกุล และ ยุวดี พีรพรพิศาล. 2555. ฤทธิ์ปกป้องผลกระทบของอาหารของสาหร่ายเตา. วารสารวิทยาศาสตร์ มข., 40 (1), 236-241.
- ธีระวัฒน์ รัตนพนธ์ รัตนภรณ์ จันทร์ทิพย์ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและผลการเสริมสาหร่ายเตาต่อการเจริญเติบโตของปลานิลในกระชัง. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง, 6 (2), 22-34.
- นวลลักษณ์ เจริญ นิสากร แซ่วัน และกฤษฎา กิตติโกวิทธนา. 2556. คุณสมบัติการป้องกันแสงแดดของสารสกัดสาหร่าย [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.mfu.ac.th/school/cosmeticscience/research13/25.pdf> (29 พฤษภาคม 2559).
- นิธิยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- บุญมี ปิยะจันทร์. 2530. การวิเคราะห์สารอาหารพื้นฐานเส้นใยและเถ้าใน *Spirogyra* sp. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นธิยา รัตนานนท์ .ม.ป.ป. Pectin/เพคติน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0430/pectin>. (29 พฤษภาคม 2559).
- _____. ม.ป.ป. Gelatin/เจลาติน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1008/gelatin> (29 พฤษภาคม 2559).
- ยุวดี พีรพรพิศาล ฐิติกานต์ ปัญโญใหญ่ และ ดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและด้านการอักเสบของสาหร่ายเตา. วารสารวิทยาศาสตร์ มข., 40 (1), 228-235.
- ยุวดี พีรพรพิศาล สนิท มกรแก้วเกยูร อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล ดวงพร อมรเลิศพิศาล จีรพร เพกเกาะ และสุดาพร ตงศิริ. 2549. ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- ศิริจันทร์ เชื้อสุวรรณ. 2555. ความรู้เบื้องต้นในการประกอบธุรกิจ. เชียงใหม่: เอส.ที.ฟิล์มแอนด์เพลท.
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์ 2541. หลักการตลาด. กรุงเทพฯ: ซีรฟิล์มและไซเท็กซ์.
- ศรีสุวรรณ อุทอนผล. 2531. การใช้กัมชนิดต่างๆในการทำผลิตภัณฑ์เยลลี่. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ วรคามิน. 2547. สหราชอาณาจักรของอนาคต (Food of the future). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สามเจริญพาณิชย์.
- สถาบันวิจัยโภชนาการ. 2534. ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ (Update on nutrition for health). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สื่ออักษร.
- สมาคมเพื่อการวิจัยอนุมูลอิสระไทย. 2555. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: นวัตกรรมสุขภาพ.
- สำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่เหลว. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps518_47.pdf (29 พฤษภาคม 2559).
- สุวรรณ สุติมารส. 2543. กรรมวิธีการผลิต เทคนิคและอุปกรณ์ในการผลิตภัณฑ์จากโกโก้และช็อกโกแลต. ในเทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อบเชย วงศ์ทอง. 2541. โภชนศาสตร์ครอบครัว. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อารัตน์ มหาพันธ์. 2553. กว่าจะเป็นวัน. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://wunkhunsai.getweb.com/index.php?mo=3&art=405997> (29 พฤษภาคม 2559).
- โอภา วัชรคุปต์ ปรีชา บุญจง จันทนา บุญรัตน์ และมาลีรัตน์ อัดตสินทอง. 2550. สารต้านอนุมูลอิสระ. กรุงเทพฯ: นิเวศการพิมพ์.
- ASTM. 2009. Just-about-right (JAR) scales: design, usage, benefits and risks. pp. 325-347 In Rothman, L. and Parker, M. J. (eds.). ASTM international manual series; West Conshohocken, PA: ASTM international.
- Baker, D. 1988. Critical values of differences among ranked sums for multiple comparisons Food Technology, 42, 79-84.
- Baskin, S.I., Salem, H. Oxidant, 1997. Antioxidant and free radicals. Washington DC: Taylor and Francis.

- Bayer, R. E. 1992. An analysis of the role of coenzyme Q in free radical generation and as an antioxidant. *Biochemistry and Cell Biology*, 70 (6), 390-403.
- Best, D. J. 1995. Consumer data-statistical tests for differences in dispersion. *Food Quality and Preference* (6), 221-225.
- Bondarev, S.L. 1997. Photophysics β -carotene and related compounds. *Journal of Applied Spectroscopy*, 64, 1-5.
- Cornell, J.A. 2000. *Experiments with Mixture: Designs, Models, and Analysis of Mixture data*. 3rd ed. New York: John Wiley and Son.
- Cruess, W. V. 1958. *Commercial Fruit and Vegetable Products*. India: Agrobios India.
- Halliwel, B. 1999. Antioxidant defense mechanism: from the beginning to the end. *Society for Free Radical Biology and Medicine*, 31, 261-272.
- _____. 2009. The wanderings of a free radical. *Free Radical Biology and Medicine*, 46: 531-542.
- Halliwel, B., Gutteridge, J.M.C. and Aruoma, L. 1987. The deoxyribose method: a simple test-tube assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. *Journal of Analytical Biochemistry*, 165(1), 215-219.
- HumanCure.com. 2010. **Breathing Causes Cancer**. [Online]. Available <http://humancure.com/breathing-causes-cancer-new-research/> (1 June 2016).
- King, S. and Heylmun J. 1997. Relationships between consumer acceptance and consumer/market factors. pp. 78-91 In Munoz, A.M. (ed.) **Relating consumers, descriptive, and laboratory data to better understand consumer responses**. West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- Michiels, C., M. Raes, Toussaint, O. and Remacle, J. 1994. Importance of Se-glutathione peroxidase, catalase, and Cu/Zn-SOD for cell survival against oxidative stress. *Free Radical Biology and Medicine*, 17, 235-248.
- Michiels, Carine, Raes, Martine, Toussaint, Olivier, Remacle, José. 1993. Importance of Se-glutathione peroxidase, catalase, and Cu/Zn-SOD for cell survival against oxidative stress. *Free radical Biology and medicine* 17(3), 235-248.

- Nikishimi, M., Rao, N. and Yagi, K. 1972. The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulphate and molecular oxygen. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 46, 849-854.
- Ontawong, A. 2012. *Effect of Spirogyra neglecta extract on renal organic anion transporter 1 and 3 function in type 2 diabetic rats*. MS Thesis. Chiang Mai University, Thailand.
- Prinyawiwatkul, W. and Waimaleongora-Ek, P. 2010. *A 3-days workshop: sensory characterization of salt substitutes and its food applications*. Bangkok: Ministry of Science and Technology.
- Re, R., Pellegrini, N., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evan, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Resurreccion, A.V.A. 1998. *Consumer Sensory Testing for Product Development*. Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- Sies, H., and Stahl, W. 1995. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. *The American journal of clinical nutrition*, 62(6), 1315-1321.
- Tomas-Barberan, F. A. and Robins, R. J. 1997. *Phytochemistry of fruits and vegetables*. New York: Oxford University Press Inc.
- US Food and Drug Administration. 2001. *Bacteriological Analytical Manual (BAM)* [Online]. Available <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006949.htm> (1 June 2016).



ภาคผนวก

The logo of Mahachulalongkornrajavidyalaya University is a circular emblem. It features a central figure of a deity or royal figure standing on a lotus, holding a sword and a mace. The figure is surrounded by flames. The outer ring of the logo contains the text "มหาวิทยาลัยแม่โจ้" in Thai script at the top and "MAHACHULALONGKORAJAVIDYALAYA UNIVERSITY" in English at the bottom, separated by two star-like symbols.

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เครื่องตีมันชนิดเจล
ผสมสาหร่ายเตา

แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับ

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล (Jelly drink) ผสมสาหร่ายเตา* / ส่วนสกัดจากสาหร่ายเตา

กรุณาอ่านรายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ ก่อนตอบคำถามด้านล่าง

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล (Jelly drink) ผสม สาหร่ายเตา* / ส่วนสกัดจากสาหร่ายเตาเป็นผลิตภัณฑ์เจลลี่ชนิดอ่อนที่สามารถดูดรับประทานได้ มีสาหร่ายเตาหรือสารสกัดจากสาหร่ายเตา ซึ่งมีสมบัติด้านอนุมูลอิสระเป็นส่วนผสม ให้พลังงานต่ำและช่วยในการขับถ่ายเนื่องจากใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์ทดแทนน้ำตาล ควรแช่เย็นก่อนบริโภค

*สาหร่ายเตา หรือ เทา น้ำ เป็นสาหร่ายสีเขียวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีลักษณะเป็นเส้นยาว เมื่อจับดูจะรู้สึกลื่นมือ ชาวบ้านในภาคเหนือ นิยมนำมาปรุงเป็นอาหารพื้นบ้าน เช่น ยำเตาสด หรือนำแปรรูปเป็นข้าวเกรียบเตา

1. ข้อมูลส่วนตัว

เพศ: ☐ หญิง ☐ ชาย

อายุ..... ปี น้ำหนัก ก.ก. ส่วนสูง..... ซม.

พฤติกรรมการบริโภคอาหารว่าง :

☐ น้อย ☐ ค่อนข้างน้อย ☐ ปานกลาง ☐ ค่อนข้างมาก ☐ มาก

ความสนใจในการดูแลสุขภาพของตนเอง :

☐ น้อย ☐ ค่อนข้างน้อย ☐ ปานกลาง ☐ ค่อนข้างมาก ☐ มาก

2. ท่านบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล(Jellydrink) บ่อยเพียงใด

☐ ทุกวันหรือเกือบทุกวัน ☐ สัปดาห์ละ 2 - 4 ครั้ง ☐ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

☐ เดือนละ 2 -3 ครั้ง ☐ เดือนละ 1 ครั้ง ☐ น้อยกว่าเดือนละครั้ง

☐ ไม่เคยบริโภค (หากท่านไม่เคยบริโภค กรุณาข้ามไปตอบข้อ 4)

3. ปกติท่านเลือกรับประทานเครื่องดื่มชนิดเจล (Jellydrink) ยี่ห้อใด(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ เจลลี่ไลท์/ เจลลี่ซูเปอร์ไลท์/ เจลลี่เฟรชชีไลท์ (ถ้วยละ 5 บาท)

☐ เจลลี่บีวตี้ (ถ้วยละ 10 บาท) ☐ เจลลี่บีวตี้ไลท์ (ถ้วยละ 15 บาท)

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

4. ท่านสนใจผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล (Jellydrink) ผสม (ส่วนสกัดจาก) สาหร่ายเตาเพียงใด

☐ สนใจ ☐ สนใจปานกลาง ☐ สนใจเล็กน้อย ☐ ไม่สนใจเลย

(หากท่านไม่สนใจเลย กรุณาข้ามไปตอบข้อ 9)

5. ท่านสนใจผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล (Jellydrink) ผสม (ส่วนสกัดจาก) สาหร่ายเตาเพราะเหตุใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ สมบัติด้านอนุมูล ☐ ให้พลังงานต่ำ ☐ ช่วยในการขับถ่าย
☐ สาหร่ายเตา หรือ ส่วนสกัดจากสาหร่ายเตา ☐ การนำวัตถุดิบพื้นบ้านมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

6. ท่านอยากได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล (Jellydrink) ผสม (ส่วนสกัดจาก) สาหร่ายเตารสชาติแบบใด

- ☐ หวานเล็กน้อย ☐ หวาน ☐เปรี้ยวเล็กน้อย ☐เปรี้ยว
☐ หวานนำและออกเปรี้ยวเล็กน้อย ☐เปรี้ยวนำและออกหวานเล็กน้อย
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

7. ท่านอยากให้มีการปรุงแต่งเครื่องดื่มชนิดเจล (Jellydrink) ผสม (ส่วนสกัดจาก) สาหร่ายเตาด้วยกลิ่นรสผลไม้หรือสมุนไพรหรือไม่ อย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ ไม่ต้องปรุงแต่ง ☐ ส้ม ☐ ฝรั่ง ☐ สตรอเบอร์รี่
☐ ลิ้นจี่ ☐ มะนาว ☐ มะพร้าว ☐ กระเจี๊ยบ
☐ ใบเตย ☐ ตะไคร้ ☐ แก้วฮวย ☐ อัญชัน
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

8. หากมีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล (Jellydrink) ผสม (ส่วนสกัดจาก) สาหร่ายเตาต่อไปนี้วางจำหน่าย

กรุณาจัดลำดับความสนใจในการซื้อของท่าน (1 = สนใจมากที่สุด และ 2, 3, 4 เป็นลำดับรองลงมาตามลำดับ)

	บรรจุถ้วยพลาสติกมีฝาปิดสนิทพร้อมหลอดขนาด 120 กรัม ราคา 10 บาท
	บรรจุถ้วยพลาสติกมีฝาปิดสนิทพร้อมหลอดขนาด 200 กรัม ราคา 15 บาท
	บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบตั้งมีปากถุงเป็นหลอด ขนาด 120 กรัม ราคา 15 บาท
	บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบตั้งมีปากถุงเป็นหลอด ขนาด 200 กรัม ราคา 20 บาท

9. ท่านต้องการให้มีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจล (Jellydrink) ผสม (ส่วนสกัดจาก) สาหร่ายเตาแบบใดอีกบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ ไม่ต้องเปลี่ยนแปลง ☐ ต้องการให้เป็นเยลลี่แบบหลอด (เหมือนปีโป้)
☐ ต้องการเป็นเยลลี่แบบถ้วย (ใช้ช้อนตักรับประทาน)
☐ ต้องการให้ผสมหรือเพิ่ม (โปรดระบุ).....
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....



ภาคผนวก ข

แบบทดสอบความต้องการของผู้บริโภค

แบบสอบถามความต้องการของผู้บริโภค

รหัสแบบสอบถาม.....

แบบสอบถามการจัดลำดับความชอบ (Rank preference test)

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ โดยล้างปากด้วยการจิบน้ำที่เตรียมไว้ก่อนทดสอบตัวอย่าง
ทุกตัวอย่างและเริ่มทดสอบตัวอย่างเรียงลำดับจากซ้ายไปขวา เมื่อทดสอบตัวอย่างครบแล้ว กรุณา
ระบุว่าท่านมีความชอบตัวอย่างแต่ละตัวอย่างมากกว่าหรือน้อยกว่าตัวอย่างอื่นอย่างไรโดยวิธีการ
จัดลำดับให้ตัวอย่างที่ท่านชอบมากที่สุดเป็นลำดับที่ 1 และตัวอย่างที่ท่านชอบรองลงมาเป็นลำดับที่ 2
และเรียงลำดับความชอบที่ลดลงมาเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงลำดับสุดท้ายซึ่งเป็นตัวอย่างที่ชอบน้อยที่สุด

รหัสตัวอย่าง

ลำดับความชอบ (โปรดระบุ 1-4)

ข้อเสนอแนะ(ถ้ามี)

.....

.....ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

รหัสแบบสอบถาม.....

แบบสอบถามการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสเกลพอดี (Just about right scale)

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสารสกัดสำหรับรายเตา

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ โดยเริ่มพิจารณารสชาติและความเข้มข้นของสีเขียวจากลักษณะปรากฏจากนั้นจิบน้ำก่อนชิมตัวอย่าง เพื่อพิจารณากลิ่น รส และเนื้อสัมผัสประเมินลักษณะต่างๆตามความรู้สึกของท่าน (อ่อนหรือน้อยไป / พอดี / เข้มหรือมากเกินไป) และพิจารณาความชอบร่วมของท่านที่มีต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์

รหัสตัวอย่าง 335

ลักษณะปรากฏ			
ความเข้มของสีเขียว	☐	☐	☐
กลิ่นรส	อ่อนไป	พอดี	เข้มไป
ความเข้มของกลิ่นรสสำหรับรายเตา	☐	☐	☐
	น้อยไป	พอดี	มากเกินไป
ความเข้มของกลิ่นใบเตย	☐	☐	☐
	น้อยไป	พอดี	มากเกินไป
ความเข้มของรสหวาน	☐	☐	☐
	น้อยไป	พอดี	มากเกินไป
ความเข้มของกลิ่นผัดปกติ	☐	☐	☐
	ไม่มี	พอดี	มากเกินไป
เนื้อสัมผัส	☐	☐	☐
ความแข็งของเจล	น้อยไป	พอดี	มากเกินไป

ความชอบรวม	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	บอกไม่ได้ว่า	ชอบ	ชอบ	ชอบมาก
	อย่างยิ่ง		ปานกลาง	เล็กน้อย	ชอบหรือไม่	เล็กน้อย	ปานกลาง	อย่างยิ่ง

ข้อเสนอแนะ(ถ้ามี)ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

แบบสอบถาม.....

แบบสอบถามการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชนิดเจลจากสารสกัดจากสาหร่ายเตา

คำแนะนำ: กรุณาจับน้ำก่อนการทดสอบตัวอย่าง และประเมินความชอบของท่านในด้านต่างๆ โดยทำเครื่องหมาย ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน พร้อมระบุความสนใจลงชื่อ หากผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่าย

รหัสตัวอย่าง 759

ลักษณะปรากฏ	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	บอกไม่ได้ว่า	ชอบ	ชอบ	ชอบมาก	ชอบมาก
	อย่างยิ่ง	ปานกลาง	เล็กน้อย		ชอบหรือไม่	เล็กน้อย	ปานกลาง		อย่างยิ่ง
กลิ่นรส	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	บอกไม่ได้ว่า	ชอบ	ชอบ	ชอบมาก	ชอบมาก
	อย่างยิ่ง	ปานกลาง	เล็กน้อย		ชอบหรือไม่	เล็กน้อย	ปานกลาง		อย่างยิ่ง
เนื้อสัมผัส	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	บอกไม่ได้ว่า	ชอบ	ชอบ	ชอบมาก	ชอบมาก
	อย่างยิ่ง	ปานกลาง	เล็กน้อย		ชอบหรือไม่	เล็กน้อย	ปานกลาง		อย่างยิ่ง
ความชอบรวม	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	บอกไม่ได้ว่า	ชอบ	ชอบ	ชอบมาก	ชอบมาก
	อย่างยิ่ง	ปานกลาง	เล็กน้อย		ชอบหรือไม่	เล็กน้อย	ปานกลาง		อย่างยิ่ง
หากมีผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่าย ท่านสนใจลองซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้หรือไม่ ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่									



ภาคผนวก ค

รูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสำหรับรายเตา



(A)

(B)

ภาพผนวกที่ 1 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสารสกัดสาหร่ายเตา

หมายเหตุ (A) กลิ่นมะนาว

(B) กลิ่นใบเตย



ภาพผนวกที่ 2 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเจลผสมสาหร่ายเตาสดกลิ่นใบเตย



ภาพผนวกที่ 3 ผลลัพธ์เครื่องพิมพ์ชนิดเจลผสมสำหรับถ่ายทอดกลีนมะนาว



ภาคผนวก ง

ประวัติผู้วิจัย

